

DONACION

Num. Reg. FHIT-9796Catalogador RKCFecha 07-12-09



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS POSGRADO

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS
PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN HIDROSISTEMAS

OPCIÓN AMBIENTAL

PRESENTA:

ING. AGROIND. TERESITA DE JESÚS VALADEZ LEYVA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALFREDO ÁVILA GALARZA

COMITÉ TUTELAR:

DR. HILARIO CHARCAS SALAZAR

DR. ISRAEL RAZO SOTO



17 de julio de 2008.

A LA ING. TERESITA DE JESÚS VALADEZ LEYVA
P R E S E N T E. –

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el Dr. Alfredo Ávila Galarza, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de *Maestría en Hidrosistemas con Opción de Especialidad en Ambiental*. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 17 de julio del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ"

Introducción.

1. Generalidades de los Residuos Peligrosos-Biológico Infecciosos (RPBI's).
 2. Métodos de tratamiento de los RPBI's.
 3. Caracterización de los RPBI's en la ciudad de San Luis Potosí.
 4. Requisitos administrativos para el manejo adecuado de RPBI's.
- Conclusiones.

Anexos.

Bibliografía.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"



ING. ARMANDO VIRAMONTES ALDANA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria • CP 76290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 a339
fax (444) 826 2336
www.uaolp.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

FORMA SOTL08

FECHA 28 / AGO. / 2008
04 / ME. / AGO

SECRETARÍA GENERAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
PRESENTE.-

Nos permitimos informar a esa Secretaría que el (la) Sr (ita).

VALADEZ

APELLIDO PATERNO

LEYVA

APELLIDO MATERNO

TERESITA DE JESÚS

NOMBRE (S)

Ha efectuado a satisfacción las correcciones que se le indicaron durante la revisión conjunta a su Trabajo de investigación y/o Tesis, correspondiente a la MAESTRÍA EN HIDROSISTEMAS, por lo cual estamos autorizando con esta forma la impresión del mismo.

Sin otro particular por el momento, protestamos las seguridades de nuestra atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE

Alfredo Avila Guarez

NOMBRE

HILARIO CHARLES SANCHEZ

NOMBRE

Israel Pozo Soto

NOMBRE

[Firma]
FIRMA

[Firma]
FIRMA

[Firma]
FIRMA

NOTA: A la aprobación del Examen Previo de Grado, cuenta usted con seis meses a partir de la presente fecha, para sustentar su Examen Final, al vencimiento del mismo deberá presentar examen previo de nueva cuenta, haciendo los trámites requeridos para tal propósito.



FACULTAD
DE INGENIERÍA

Av. Manuel Nava 5
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (464) 826 2330 a/33
fax (464) 826 2336
www.uslp.mx

ENTREGAR 7 EJEMPLARES IMPRESOS

LA TESIS TITULADA:

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS
PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ**

FUE REALIZADA EN LA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

CIEP CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN HIDROSISTEMAS CON OPCIÓN AMBIENTAL

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que hicieron posible la realización de esta Tesis doy mi más profundo agradecimiento.

A mi Director de tesis Dr. Alfredo Ávila Galarza por su orientación y asesoría; por su constancia y paciencia depositada en este trabajo y en mi persona; además del apoyo para la realización del mismo.

A mi hijo por su amor y paciencia al cederme su tiempo para este proyecto.

A mis hermanas que siempre me apoyaron en todos los sentidos, brindándome su apoyo incondicional en todo momento; especialmente a Aurora quien me dio tiempo, esfuerzo y trabajo y cuidó de mi hijo el tiempo que yo estuve ausente para realizar esta investigación.

Como todo tiene un porqué, agradezco a la energía creadora del universo porque me dio la oportunidad de continuar con mi tesis y nos iluminó a todos los involucrados para concluirla, poniendo a nuestro alcance las herramientas, personas, fuerza e información necesarias.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	I
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	5
1.1 DEFINICIONES Y TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS EN UN CENTRO DE ATENCIÓN A LA SALUD	5
1.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RPBI'S.....	6
1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE RPBI'S.....	9
1.2 ANTECEDENTES SOBRE EL MANEJO DE LOS RPBI'S	10
1.3 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES POR LOS RPBI'S Y VÍAS DE CONTAGIO	12
1.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CON RPBI'S	13
1.4.1 TIPOS DE ACCIDENTES CAUSADOS POR EL MANEJO INADECUADO DE LOS RPBI'S.....	14
1.4.2 MEDIDAS QUE SE DEBEN DE TOMAR CUANDO OCURRE UN ACCIDENTE CON RPBI'S.....	14
1.5 NORMATIVIDAD DE LOS RPBI'S	15
1.5.1 LAS NOM-052 Y NOM-087 DE LA SEMARNAT.....	15
1.5.2 DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS RELACIONADAS CON LOS RPBI'S.....	18
1.5.3 DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE SALUD RELACIONADAS CON LOS RPBI'S.....	19
1.6 DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS EN EL MANEJO DE LOS RPBI'S	24
1.6.1 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).....	24
1.6.2 DIRECCIÓN GENERAL DE MANEJO INTEGRAL DE CONTAMINANTES.....	25
1.6.3 SECRETARÍA DE SALUD (SSA).....	26
1.6.4 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT).....	26
1.6.5 PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA).....	27
CAPÍTULO 2: MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS	28
2.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO	28
2.2 INCINERACIÓN	29
2.2.1 INCINERADORES TERMALES TIPO REGENERATIVO U OXIDADORES TERMALES REGENERATIVOS (OTR).....	30
2.2.2 INCINERADORES CATALÍTICOS U OXIDADOR CATALÍTICO REGENERATIVO (OCR).....	31
2.2.3 TEORÍA DE OPERACIÓN.....	31
2.2.4 LÍMITES DE EMISIONES ALCANZABLES POR REDUCCIONES.....	32
2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE DE EMISIÓN.....	33

2.2.7	COSTOS DE LOS INCINERADORES.....	35
2.2.8	APLICACIONES INDUSTRIALES TÍPICAS.....	36
2.2.9	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS INCINERADORES OTR Y OCR.....	37
2.2.10	PROBLEMAS AMBIENTALES DEBIDOS A LA INCINERACIÓN DE LOS RPBI'S.....	37
2.2.11	MATERIALES ALTERNATIVOS AL PVC.....	39
2.3	TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL MANEJO DE LOS RPBI'S.....	41
2.4	ESTERILIZACIÓN POR MEDIO DE VAPOR.....	42
2.4.1	FACTORES A CONSIDERAR EN EL TRATAMIENTO DE RPBI'S POR ESTERILIZACIÓN.....	43
2.4.2	TIPOS DE RESIDUOS.....	43
2.4.3	EMPAQUES Y RECIPIENTE.....	44
2.4.4	CARGA.....	44
2.4.5	MÉTODOS FÍSICOS DE ESTERILIZACIÓN.....	44
2.4.6	AUTOCLAVE.....	45
2.4.7	TIPOS DE AUTOCLAVES.....	46
2.4.8	PROCEDIMIENTO PARA TRATAR LOS RPBI'S EN AUTOCLAVE.....	46
2.4.9	INDICADORES BIOLÓGICOS COMO TESTIGOS DE ESTERILIZACIÓN.....	47
2.5	TRATAMIENTO POR MICROONDAS.....	49
2.6	DESINFECCIÓN POR IRRADIACIÓN.....	50
2.7	TRATAMIENTO POR PLASMA.....	51
2.7.1	OBSERVACIONES DEL MÉTODO.....	52
2.8	TRATAMIENTO DE RPBI'S SEGÚN SU TIPO.....	53
2.8.1	TRATAMIENTO PARA SANGRE Y PRODUCTOS SANGUÍNEOS.....	54
2.8.2	TRATAMIENTO PARA CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS.....	54
2.8.3	TRATAMIENTO PARA RESIDUOS PATOLÓGICOS.....	54
2.8.4	TRATAMIENTO PARA ELEMENTOS PUNZOCORTANTES.....	54
2.8.5	TRATAMIENTO DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS DESECHADOS.....	55
2.8.6	TRATAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS.....	56
2.9	DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.....	56
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN SAN LUIS POTOSÍ.....		60
3.1	GENERACIÓN DE RPBI'S EN MÉXICO.....	60
3.2	GENERADORES Y GENERACIÓN DE RPBI'S SEGÚN SEMARNAT.....	61
3.2.1	GENERADORES DE RPBI'S EN EL ESTADO INSCRITOS EN SEMARNAT.....	61
3.2.2	DATOS REPORTADOS A LA SEMARNAT POR LA EMPRESA QUE RECOLECTA LOS RPBI'S EN EL ESTADO.....	63
3.3	CARACTERIZACIÓN DE RPBI'S SEGÚN SEMARNAT.....	63
3.4	CÁLCULO DE GENERACIÓN DE RPBI'S, A PARTIR DE DATOS DE LA SSA Y DE INEGI.....	66

3.5	DATOS DE QUE DISPONE LA PROFEPA.....	68
3.6	OBTENCIÓN DE DATOS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RPBI'S EN SAN LUIS POTOSÍ.....	68
3.6.1	APLICACIÓN DE UNA ENCUESTA A GENERADORES DE RPBI'S.....	69
3.6.2	ANÁLISIS DE DATOS DE LA ENCUESTA.....	70
3.6.3	GENERACIÓN DE RPBI'S EN LOS RASTROS.....	72
3.7	PROPUESTA DE UNA "PLANTA TRATADORA DE RPBI'S EN SAN LUIS POTOSÍ"	74
3.7.1	COMUNICAR EL PROYECTO A LA COMUNIDAD.....	74
3.7.2	LA PARTICIPACIÓN DE LAS AUTORIDADES.....	75
3.7.3	EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	76
3.7.4	EQUIPO DE QUE CONSTARÁ LA PLANTA TRATADORA DE RPBI'S.....	76
3.7.5	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RPBI'S A LA PLANTA TRATADORA.....	77
3.7.6	INCINERACIÓN DE RESIDUOS PATOLÓGICOS.....	78
3.7.7	ESTERILIZACIÓN DE RESIDUOS NO ANATÓMICOS Y PUNZOCORTANTES.....	79
3.7.8	ALCANCE DEL SERVICIO DE LA PLANTA TRATADORA DE RPBI'S.....	80
3.8	COSTO POR DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.....	80
CAPÍTULO 4: REQUISITOS ADMINISTRATIVOS PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS RPBI'S.....		82
4.1	MANEJO DE RPBI'S SEGÚN LA NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.....	82
4.1.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS RPBI'S.....	83
4.1.2	ENVASADO DE LOS RPBI'S GENERADOS.....	83
4.1.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS BOLSAS PARA ENVASE DE RESIDUOS NO ANATÓMICOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS Y PATOLÓGICOS.....	84
4.1.4	RECIPIENTES DE LOS RPBI'S PUNZOCORTANTES.....	85
4.1.5	RECIPIENTES DE LOS RPBI'S LÍQUIDOS.....	86
4.1.6	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LOS RPBI'S.....	87
4.1.7	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RPBI'S.....	89
4.1.8	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.....	91
4.2	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA LOS RPBI'S.....	92
4.2.1	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	93
4.2.2	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	94
4.2.3	LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA. (LAU).....	94
4.2.4	CÉDULA DE OPERACIÓN ANUAL (COA) E INVENTARIO DE EMISIONES.....	95
4.2.5	MANIFIESTO DE ENTREGA, RECEPCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	96
4.3	RECURSOS HUMANOS.....	100
4.3.1	SELECCIÓN DE PERSONAL.....	100
4.3.2	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	101
4.4	SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL.....	102
4.5	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS.....	103

CONCLUSIONES	105
ANEXOS.....	109
ANEXO I: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE INCINERACIÓN.....	109
ANEXO II. INFORMACIÓN SOBRE LA CONSIDERACIÓN DEL TEMA DEL MANEJO DE RPBI'S EN LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LAS CARRERAS DE MEDICINA, ESTOMATOLOGÍA Y ENFERMERÍA IMPARTIDAS EN LA UASLP.	1111
ANEXO III. VIGILANCIA DE LA NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.	1122
ANEXO IV: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LOS RPBI'S DESDE EL GENERADOR HASTA LA DISPOSICIÓN FINAL.....	116
ANEXO V: ENCUESTA PARA SERVICIOS DE SALUD.....	1233
ANEXO VI: TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA PRESENTACIÓN DE PROTOCOLOS DE PRUEBA.	124
Introducción.....	124
VI.1 Protocolo de Prueba para Equipos de esterilización y desinfección química.....	1244
VI.2 Protocolos de Prueba para Equipos de Incineración.	1266
VI.3 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental.....	129
VI.4 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Ruido.	131
VI.5 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Radiactividad.....	1322
VI.6 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Partículas suspendidas totales (PST).....	133
VI.7 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Partículas viables biológicas.....	1355
VI.8 Protocolo de Prueba para el Monitoreo de Lixiviados y aguas residuales.	136
VI.9 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de la Explosividad.	1377
VI.10 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental del Biogás.....	1388
VI.11 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Indicadores biológicos.	1399
VI.12 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Fuentes fijas.....	140
VI.13 Protocolo de Prueba para el Análisis de los Residuos Peligrosos.	142
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	143

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el problema de la contaminación ambiental figura entre las preocupaciones principales de la población mundial, debido a los efectos que ésta genera en la salud. Los residuos cuando no se manejan apropiadamente constituyen una de las causas más comunes causas de la contaminación.

Los centros de salud y de investigación (centro médico, posta médica, clínica, hospital, veterinaria, consultorio, laboratorio, etc.) generan Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI's), derivados de la atención a pacientes o de acciones relacionadas con la investigación. La cantidad de los RPBI's que generan depende de la complejidad y la frecuencia de los servicios que presten, de la tecnología empleada y de la eficiencia que alcancen en sus tareas los responsables que brindan dichos servicios.

El manejo inadecuado de los RPBI's tiene impactos ambientales negativos que se evidencian en los procesos de segregación, almacenamiento, tratamiento, recolección, transporte y disposición final. Las consecuencias de estos impactos no sólo afectan a la salud humana sino también a la atmósfera, al suelo y al agua superficial y subterránea; a lo cual se suma el deterioro estético del paisaje natural y de los centros urbanos (Monges, 1997).

Actualmente, México no cuenta con registros confiables de la generación de los RPBI's pero se considera que sólo un 20% de los éstos son dispuestos adecuadamente, y el resto se encuentra en tiraderos municipales y clandestinos (Guerra, 1999).

Para el manejo apropiado de los RPBI's es necesario caracterizar éstos en el sitio de generación, separarlos, identificarlos y almacenarlos correctamente con el fin de controlar los riesgos. Debido al manejo incorrecto de los RPBI's, la OMS estimó que en el año 2000, las inyecciones con jeringas contaminadas causaron 20 millones de infecciones por el virus de hepatitis B (VHB) y 260,000 infecciones del VIH (OPS, 2005).

El tratamiento de los RPBI's en el sitio donde se generan no es común; sin embargo, algunos centros de salud o de investigación emplean la esterilización para el tratamiento *in situ*. Si no se cuenta con tratamiento de origen, estos residuos se deben acondicionar para controlar los riesgos a la salud y facilitar las operaciones de recolección, almacenamiento y transporte.

El trabajo de investigación desarrollado en esta tesis tiene como **objetivo general** caracterizar la generación de los residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI's) y realizar una propuesta de manejo integral de éstos, mediante la instalación de una planta tratadora en el Estado de San Luis Potosí.

Los **objetivos particulares** son:

- a) Compilar y analizar información de las actividades que generan RPBI's en el Estado de San Luis Potosí, para caracterizar el manejo, el tratamiento y la disposición final que actualmente se les da a estos residuos.
- b) Determinar el nivel de conocimiento y de cumplimiento de la normativa ambiental por parte de los generadores de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí.
- c) Identificar los equipos que se requieren para realizar un tratamiento adecuado de los RPBI's, y señalar los controles y monitoreos ambientales que deberá cumplir una Planta de Tratamiento de RPBI's en San Luis Potosí.

Para llevar a cabo la caracterización de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí y realizar una propuesta de manejo integral de éstos se desarrolló una **metodología** basada en investigaciones de campo en las que se obtuvieron datos de los centros de atención a la salud y de todas aquellas instituciones que generan o manejan RPBI's en el Estado de San Luis Potosí (hospitales, clínicas, sanatorios, laboratorio de análisis clínicos, veterinarias, instituciones educativas, empresas de la zona industrial, dentistas, clínicas de tatuajes, acupuntura, médicos generales y especialistas).

Se aplicó una encuesta a los centros de atención a la salud y a las instituciones que generan RPBI's en el municipio de San Luis Potosí a fin de identificar su generación, el manejo que dan a estos residuos, su conocimiento y nivel de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.

Se compiló y analizó la información obtenida de las Autoridades Ambientales y de Salud (Secretaría de Salud, SEMARNAT, PROFEPA, INEGI, SISI, IFAI¹), así como de los prestadores de servicio, relacionada con la generación y el manejo de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí.

Se describieron los métodos de tratamiento a que se pueden someter los RPBI's y se identificaron los equipos más apropiados para tratarlos, de acuerdo con la generación de estos residuos en el Estado de San Luis Potosí.

Finalmente, se compiló y se analizó la normativa ambiental que deberá cumplir una planta tratadora de RPBI's en San Luis Potosí para dar el manejo adecuado a estos residuos, desde su recolección hasta su disposición final.

El documento de tesis consta de cuatro capítulos principales. En el **Capítulo 1** se presentan los conceptos básicos del tema en estudio; se definen los términos: residuos, residuos peligrosos, y residuos peligrosos biológico infecciosos; se indican las clasificaciones de los RPBI's y de los generadores de éstos. Se presentan además algunos antecedentes sobre el manejo de los RPBI's; se citan las enfermedades transmisibles por los RPBI's y se analiza la normativa aplicable al manejo y disposición adecuada de los RPBI's.

En el **Capítulo 2** se señalan las características de los diferentes métodos de tratamiento de los RPBI's y se citan algunos criterios de selección; se mencionan las ventajas y desventajas de cada metodología.

En el **Capítulo 3** se presenta el análisis de diferentes fuentes de información sobre la generación y el manejo de RPBI's en San Luis Potosí; se describen también los datos obtenidos a partir de la aplicación de una encuesta a generadores de RPBI's. Finalmente, se presenta la propuesta del equipo con que debería contar una Planta Tratadora de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí.

El reporte de tesis concluye con el **Capítulo 4** en el que se citan los requisitos planteados en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 para el manejo adecuado de los RPBI's; se

¹ Nota: IFAI: Instituto Federal de Acceso a la Información, SISI Sistema de Solicitudes de Información. Ambos conforman el Sistema de Solicitudes de Información a la Administración Pública Federal.

describen los elementos de gestión seguridad e higiene y programa de contingencias que debería cumplir una Planta Tratadora de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí. Finalmente en el apartado de Anexos, se incluyen los Términos de Referencia para la Presentación de Protocolos de Pruebas de una Planta Tratadora de RPBI's para evitar emisiones contaminantes al suelo, agua o aire, derivadas del tratamiento de los RPBI's.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 DEFINICIONES Y TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS EN UN CENTRO DE ATENCIÓN A LA SALUD.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en el Capítulo I (Disposiciones Generales), Artículo 3° da las definiciones siguientes:

Residuo. Un residuo se define como cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (fracción XXXI).

Residuo peligroso. 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 (fracción XXXII).

Residuo peligroso biológico infeccioso (RPBI's). Son aquellos materiales generados durante el servicio de atención médica que contengan agentes biológicos infecciosos y que pueden causar efectos nocivos a la salud y al medio ambiente (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

Tomando como criterio el riesgo para la salud y considerando los puntos de generación y los tipos de tratamiento o disposición final que se les debe dar a los residuos, éstos se clasifican en comunes, residuos peligrosos y residuos peligrosos biológico-infecciosos. Tabla 1.1 (Claire, 1996).

- a) **Residuos comunes.** Son los residuos generados por las actividades administrativas, auxiliares y generales de los centros de atención a la salud que no representan

peligro para la salud, y sus características son similares a las de los residuos sólidos urbanos.

- b) **Residuos peligrosos.** Son los residuos peligrosos generados durante las actividades auxiliares de los centros de atención de salud que constituyen un peligro para la salud por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infeccioso.
- c) **Residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI's).** Son aquellos residuos peligrosos generados durante las diferentes etapas de la atención de la salud (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones, etc.) que contienen organismos patógenos. Estos residuos representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo al grado de exposición con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades.

La separación de los RPBI's es muy importante ya que se centra en las cantidades relativamente pequeñas que se generan. La separación inadecuada de los RPBI's puede no sólo exponer a riesgos al personal y al público, sino que también eleva considerablemente los costos del manejo de estos residuos.

Los residuos especiales y comunes de los servicios directos complementarios y generales son los únicos que pueden ser reciclados. En la tabla 1.1 se indican los tipos de residuos que se generan por área en un centro de atención a la salud.

1.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RPBI'S.

La clasificación siguiente de los RPBI's considera a los residuos generados durante diferentes etapas de la atención a la salud (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones, etc.), que contienen patógenos en cantidad o concentración suficiente para contaminar a la persona que se exponga a ellos. Estos residuos pueden ser, entre otros: materiales provenientes de salas de aislamiento de pacientes, materiales biológicos, sangre humana y productos derivados, residuos anatómicos, patológicos y quirúrgicos; residuos punzocortantes y residuos de animales (CEPIS, 1996).

Tabla 1.1 Centros de atención a la salud y tipos de residuos que pueden generar (CEPIS, 1996).

Servicios de un hospital	Tipo de residuos
Servicios de hospitalización:	Residuos peligrosos biológico-infecciosos
1.-Salas de hospitalización	
2.-Salas de operación	
3.-Salas de partos	
4.-Central de equipos	
5.-Admisión	
6.-Servicio de emergencia	
7.-Otros	
Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento:	Residuos peligrosos y peligrosos biológico-infecciosos
1.-Anatomía patológica	
2.-Laboratorio	
3.-Radiodiagnóstico	
4.-Gabinetes	
5.-Audiometría	
6.-Isótopos radiactivos	
7.-Endoscopia	
8.-Cistoscopia	
9.-Radioterapia	
10.-Banco de sangre	
11.-Medicina física	
12.-Otros	
Servicios de consulta externa:	Residuos comunes
1.-Consulta externa	
2.-Otros	Residuos comunes y peligrosos biológico-infecciosos
Servicios directos complementarios:	
1.-Enfermería	
2.-Relaciones públicas y trabajo social	
3.-Archivo clínico	
4.-Dietética	
5.-Farmacia	
6.-Otros	Residuos comunes, residuos peligrosos generados del mantenimiento de las instalaciones y residuos biológico-infecciosos
Servicios generales:	
1.-Servicios indirectos	
2.-Cocina	
3.-Lavandería	
4.-Programa docente	
5.-Programa de investigación	
6.-Otros	

- 1) **La sangre** como RPBI comprende a la sangre y a los componentes de ésta (sólo en su forma líquida), así como los derivados no comerciales, incluyendo las células progenitoras, hematopoyéticas y las fracciones celulares o acelulares de la sangre resultante (hemoderivados).

- 2) **Los cultivos y cepas de agentes biológico-infecciosos.** Como RPBI's comprenden a los cultivos puros de microorganismos procedentes de un aislamiento como son:
 - a) Los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación.
 - b) Los generados en la producción de agentes biológicos.
 - c) Los instrumentos y aparatos utilizados para transferir, inocular o mezclar cultivos.

- 3) **Los residuos patológicos.** Los RPBI's patológicos son los siguientes:
 - a) Los tejidos, órganos, fluidos corporales y partes que se extirpan o remueven durante las cirugías, biopsias, autopsias y que no se encuentren en formol.
 - b) Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico, excluyendo orina y excremento.
 - c) Los cadáveres y partes de animales que fueron inoculados con agentes enteropatógenos en centros de investigación y bioterios.

- 4) **Los residuos no anatómicos.** Son residuos no anatómicos los siguientes:
 - a) Los recipientes desechables que contengan sangre líquida.
 - b) Los materiales de curación empapados, saturados, goteando sangre o cualquiera de los fluidos corporales siguientes: líquido sinovial, líquido pericárdico, líquido pleural, líquido céfalo-raquídeo o líquido peritoneal.
 - c) Los materiales desechables que contengan esputo, secreciones pulmonares y cualquier material usado para contener éstos, de pacientes con sospecha o diagnóstico de tuberculosis o de otra enfermedad infecciosa, según sea determinado por la Secretaría de Salud (SSA), mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.
 - d) Los materiales desechables que estén empapados, saturados o goteando sangre, o secreciones de pacientes con sospecha o diagnóstico de fiebres hemorrágicas, así como otras enfermedades infecciosas emergentes, según sea determinado por la Secretaría de Salud (SSA), mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.

- e) **Materiales absorbentes** utilizados en las jaulas de animales que hayan sido expuestos a agentes entero patógenos.
- 5) Los objetos punzocortantes.** Son los objetos que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, únicamente: tubos capilares, navajas, lancetas, agujas (de jeringas desechables, hipodérmicas, de sutura, de acupuntura y para tatuaje), pipetas desechables, bisturíes y estiletes de catéter, placas porta-objetos de microscopios, cubre placas, vidrios rotos, excepto todo material de vidrio roto utilizado en el laboratorio, el cual se deberá desinfectar o esterilizar antes de ser dispuesto como residuo municipal.

Cada uno de los tipos de residuos considerados en la clasificación adoptada por el establecimiento de salud debe contar con recipientes apropiados y claramente identificados. El almacenamiento temporal de los RPBI's se realiza tanto en bolsas plásticas de color, como en recipientes resistentes especiales para los objetos punzo cortantes. El personal que maneja estos residuos debe ser adiestrado para que asocie los colores de las bolsas y los recipientes con el tipo de residuo que debe ser dispuesto en ellos.

1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE RPBI'S.

Los criterios para clasificar a los generadores de RPIB's por nivel de atención a la salud varían según las instituciones. La tabla 1.2 muestra la clasificación indicada en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

La NOM-087-SERMANAT-SSA1-2002 es de observancia obligatoria para todos aquellos que por sus actividades generen RPBI's, sin importar el volumen de su generación. Cabe aclarar que aquéllos cuya generación sea menor a 25 kg al mes, podrán ubicarse como generadores de Nivel I, para el tiempo de almacenamiento de sus RPBI's.

Tabla 1.2 Clasificación de los generadores de RPBI's (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

Nivel I	Nivel II	Nivel III
<ul style="list-style-type: none"> • Unidades hospitalarias de 1 a 5 camas e instituciones de investigación con excepción de los señalados en el Nivel III. • Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 1 a 50 muestras al día. • Unidades hospitalarias psiquiátricas, o • Centros de toma de muestras para análisis clínicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades hospitalarias de 6 hasta 60 camas. • Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 51 a 200 muestras al día. • Bioterios que se dediquen a la investigación con agentes biológico-infecciosos, o • Establecimientos que generen de 25 a 100 kilogramos de RPBI's al mes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades hospitalarias de más de 60 camas. • Centros de producción e investigación experimental en enfermedades infecciosas. • Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis a más de 200 muestras al día, o • Establecimientos que generen más de 100 kilogramos de RPBI's al mes.

1.2 ANTECEDENTES SOBRE EL MANEJO DE LOS RPBI'S.

Tradicionalmente la prioridad de los centros de salud ha sido la atención al paciente; sin embargo, se ha restado importancia a los problemas ambientales y de salud que éstos pueden causar, derivados del mal manejo de los residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI's).

En los siglos XI al XIII se desarrollaron grandes epidemias como la peste bubónica, la lepra y otras enfermedades que terminaron con la vida de millares de personas a causa del desconocimiento de medidas sanitarias básicas. De estos hechos surgió la necesidad de una ciencia médica positivista de higiene y salubridad.

Ante la muerte de 54,000 personas por cólera en el año de 1848, los higienistas ingleses iniciaron las reformas sanitarias basadas en la recolección de datos demográficos y de salud; establecieron causas, prevención y control de enfermedades y promulgaron políticas sanitarias, naciendo así en Inglaterra la Ley de Salud Pública y la Junta General de Salud (Álvarez, 2002).

El descubrimiento del nuevo mundo en el año de 1492 permitió conocer que los pueblos conquistados eran extraordinariamente limpios y que habían realizado grandes avances en salud pública. Según Bernal Díaz, tenían un sistema de drenaje que permitía una

disposición adecuada de excretas, la basura se recolectaba y se quemaba fuera de los límites de la ciudad, también contaban con letrinas públicas en cada calle, que permitía cierta privacidad.

En relación al tratamiento de enfermedades, los aztecas empleaban plantas medicinales como narcóticos, compuestos para inducir abortos, purgantes, antidiarreicos, etc. Por su parte, los Incas usaban la chinchona para la fiebre palúdica y la coca como calmante y estimulante (González, 1982).

En los años 70's, el gobierno federal de los Estados Unidos de Norte América tomó bajo su gestión la responsabilidad de los residuos hospitalarios de ese país, reconociendo el riesgo del personal que labora en los hospitales y de todo el personal que tenga contacto con este tipo de residuos (OSHA, 1992).

Después de la década de los 80's, al hacer la aparición el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida SIDA (primero de forma aislada y después como epidemia), los países del mundo plantearon su preocupación por los controles sanitarios que se deben de tomar para evitar riesgos a la población.

En México, en el año de 1988 se publican la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos. En el año de 1995 se publicó la normatividad en materia de residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI's); en octubre de 2003, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), y en noviembre de 2006, el Reglamento de ésta.

Los residuos peligrosos generados en los establecimientos de salud representan un problema grave que incide en la alta tasa de enfermedades infecciosas que se registran en los países de América Latina. El potencial patogénico de los RPBI's y la ineficiencia de su manejo, incluida la generación, segregación inadecuada, y la falta de tecnología para su tratamiento y disposición final, constituyen un riesgo para la salud de la comunidad hospitalaria y de la población en general. El riesgo se acentúa debido a la heterogeneidad de la composición de los RPBI's, la presencia frecuente de objetos punzocortantes y de cantidades menores de sustancias tóxicas, inflamables y radiactivas de baja intensidad.

No obstante, la mayor parte de los residuos que produce un hospital no ofrece peligros mayores si éstos se manejan adecuadamente. En primer término, los riesgos involucran al personal que debe manejar los residuos sólidos tanto dentro como fuera del establecimiento. El personal debe contar con capacitación y entrenamiento suficientes, así como con equipo y herramientas de trabajo o elementos de protección personal adecuados, con el objeto de evitar su exposición a gérmenes patógenos, o a la acción de objetos punzo cortantes, tales como agujas de jeringas, trozos de vidrio o bisturys.

La caracterización cuantitativa y cualitativa de los RPBI's generados es de importancia primordial para definir las actividades posteriores del manejo adecuado de éstos, ya que permite dimensionar los espacios físicos necesarios para manejar los diferentes tipos de residuos, decidir acertadamente sobre las técnicas a utilizar para el tratamiento de cada una de las fracciones componentes, y seleccionar los equipos y dispositivos más convenientes para tal propósito.

Lamentablemente, en la mayoría de los casos, la información disponible al respecto es aún insuficiente y en ocasiones, poco confiable o limitada en su aplicación a situaciones particulares. Lo anterior ha conducido a la adopción de soluciones que la experiencia ha demostrado posteriormente que eran inadecuadas y, como consecuencia de ello, la agudización de situaciones de riesgo (Díaz, 1996).

1.3 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES POR LOS RPBI'S Y VÍAS DE CONTAGIO.

El manejo adecuado de los RPBI's es el aspecto más importante para evitar contagios de enfermedades como: VIH, hepatitis B, C y D, infección por citomegalovirus, sífilis, brucelosis, leptospirosis, fiebre recurrente (*bocelio sp.*), malaria, babesiosis, fiebre viral hemorrágica (ej. Fiebre de Lassa), etc. Los accidentes con objetos infectados suceden con las frecuencias siguientes: el 29% ocurren durante el uso del objeto, el 50.9% antes de desecharlo, el 12.6% en las maneras de desechar el residuo y el 7.6% después de desecharlo.

Cuando un trabajador de la salud sufre una punción con aguja retirada de un paciente con VIH, las posibilidades de ser infectado son de 1 en 333. Las posibilidades de contraer hepatitis B después de sufrir una punción accidental con una aguja contaminada con el

virus de la hepatitis B (VHB) van de un 6% a un 30%. De acuerdo con esto, son las enfermeras, los médicos, el personal sanitario y el de limpieza, los más propensos a sufrir accidentes y contagios por objetos punzocortantes.

Las vías de contagio más comunes por desconocimiento del manejo de los residuos y por no tomar las precauciones debidas son (CEPIS, 1996).

1. Mucosas. A través de las membranas mucosas, vía salpicadura sobre las mucosas de ojos, nariz o boca.
2. Nariz. Por inhalación de aerosoles o polvos que contienen microbios.
3. Boca. Por ingestión, cuando por desconocimiento se fuma o se come con las manos contaminadas por contacto con estos residuos.
4. Oídos. Por contacto con las manos contaminadas con microorganismos patógenos.
5. A través de la piel por heridas, cortes, raspaduras o lesiones punzantes.

1.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CON RPBI'S.

La sangre y los líquidos corporales de todos los pacientes deben considerarse como potencialmente infecciosos, ya que pueden estar infectados con VIH, VHB y otros patógenos.

La generación de residuos representa fundamentalmente un problema de seguridad e higiene en el trabajo, especialmente en el interior de los hospitales. El riesgo de infección para la comunidad es mínimo o irrelevante, y prácticamente limitado a ciertas infecciones no endémicas. El riesgo relativo mayor proviene de la incineración inadecuada de los residuos (Germed, 1996).

Algunas medidas para prevenir contagios por el manejo de los RPBI's en el trabajo son las siguientes:

- a) Capacitar al personal en el manejo y disposición final de los RPBI's.
- b) Lavarse las manos antes y después de tener contacto con cualquier paciente.
- c) Restringir comer, beber, fumar, aplicar maquillajes o cremas en el área de trabajo.
- d) No almacenar alimentos y bebidas en refrigeradores donde se encuentren sangre u otros materiales.
- e) Considerar a todos los residuos como RPBI's y potencialmente infecciosos.

- f) Usar guantes siempre que exista la posibilidad de tener contacto con líquidos de alto riesgo.
- g) Usar bata, delantales y ropa impermeable cuando exista la posibilidad de contaminar la ropa con líquidos de alto riesgo.
- h) Usar mascarillas y lentes de protección.
- i) Desechar agujas y otros objetos punzocortantes en contenedores rígidos para este fin.
- j) Nunca reencapuchar las agujas.
- k) Todos los contenedores deben de estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico.

1.4.1 TIPOS DE ACCIDENTES CAUSADOS POR EL MANEJO INADECUADO DE LOS RPBI'S.

Las experiencias nacionales e internacionales demuestran claramente que la inmensa mayoría de los accidentes sanitarios que comportan un riesgo de infección se produce en el desarrollo de la actividad sanitaria propiamente dicha, y no por causa de los residuos (Germed, 1996).

El riesgo de contraer enfermedades contagiosas representa fundamentalmente un riesgo por exposición directa. Los accidentes más comunes, ocasionados por el manejo inadecuado de los RPBI's son los siguientes:

- a) Punciones y cortaduras.
- b) Salpicaduras con residuos líquidos.
- c) Irritación por contacto.
- d) Inhalación de gases producidos por los escurrimientos.
- e) Derrames, caídas y roturas o fracturas de bolsas y contenedores.

1.4.2 MEDIDAS QUE SE DEBEN DE TOMAR CUANDO OCURRE UN ACCIDENTE CON RPBI'S.

La capacitación que se brinda al personal encargado del manejo de los RPBI's es de primera importancia ya que le permitirá dar un manejo seguro a éstos, protegiendo su salud y al medio ambiente. En caso de que ocurra un accidente se deberán tomar las medidas siguientes:

1. Practicar una evaluación médica posterior a la exposición.
2. Documentar cómo ocurrió el accidente.
3. Identificar y documentar la fuente de sangre o muestra contaminada que causó el accidente.
4. Obtener el consentimiento del paciente para que se realice las pruebas del VIH y VHB tan pronto como sea posible. Documentar los resultados de los análisis.
5. Realizar las pruebas de VIH y VHB al empleado para obtener su estado serológico.
6. Si el empleado no da su consentimiento para que se realicen los análisis de sangre para la detección de enfermedades por transmisión sexual, conservar la muestra de sangre y convencerlo de la necesidad de realizarse las pruebas.
7. Notificar al empleado los resultados de las pruebas y hacer las recomendaciones pertinentes.
8. Proporcionar al médico que atienda al empleado toda la información necesaria y darle seguimiento al estado de salud del afectado.

1.5 NORMATIVIDAD DE LOS RPBI'S.

En 1988, año en que se publican la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y siete Normas Oficiales Mexicanas NOM's (Tabla 1.3), se crea la obligación, por parte de los generadores de residuos peligrosos, de manifestar dicha generación a la autoridad ambiental, así como de darles un manejo adecuado a estos residuos a través de empresas de servicio autorizadas (REMEXMAR, 1997).

1.5.1 LAS NOM-052 Y NOM-087 DE LA SEMARNAT.

Hasta el año 1995, México no contaba con una regulación ambiental para los RPBI's por lo que a éstos no se les daba ningún tratamiento previo para su disposición. Sin restricción alguna, los residuos líquidos se vertían directamente al drenaje y los sólidos se depositaban en el tiradero municipal, constituyendo importantes medios transmisores de enfermedades. Dadas estas características, las autoridades ambientales no tenían datos de los volúmenes de generación y de disposición final de estos residuos.

Tabla 1.3 Normas oficiales mexicanas relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos.

NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005.
NOM-055-SEMARNAT-1993	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos.
NOM-056-SEMARNAT-1993	Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
NOM-058-SEMARNAT-1993	Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de los residuos peligrosos.
NOM-087-SEMARNAT-1995	Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Nota: Estas normas cambiaron las siglas ECOL por las siglas SEMARNAT mediante acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) con fecha del 23 de abril de 2003, por medio del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Medio Ambiente y Recursos Naturales señalado en su acuerdo único: "se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales identificadas con las siglas "ECOL" y "RECENAT", identificándose en lo sucesivo bajo las siglas "SEMARNAT"; conservando las primeras su número de identificación y año de expedición. Por lo que respecta a las normas oficiales mexicanas identificadas con las siglas RECENAT, en algunos casos se modifica en el número de identificación, y se conserva de igual forma el año de expedición, identificándose con un asterisco las que se ratifican previa a su revisión quincenal".

Las bases para el control de los residuos peligrosos biológico infecciosos en nuestro país surgen con la publicación de la norma oficial mexicana NOM-087-SEMARNAT-1995, en el D.O.F., el 7 noviembre de 1995. Esta norma "Establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica". Al publicarse esta norma, en nuestro país se crearon 20 empresas tratadoras de estos residuos, las cuales dan servicio a hospitales públicos y privados, laboratorios y consultorios para cubrir las necesidades de disposición de RPBI's que tan

sólo en la ciudad de México generan 150 ton/día, de las cuales el 90 % provienen del sector público.

Según la NOM-087-SEMARNAT-1995, todos aquellos que generen un kilogramo diario de RPBI's o más deben darse de alta como generadores de estos residuos ante la SEMARNAT. Actualmente, sólo hospitales, clínicas y laboratorios de gran tamaño están registrados como generadores de RPBI's; mientras que las clínicas dentales, veterinarias, consultorios generales y clínicas de especialidades, no lo están y por lo regular dan una disposición inadecuada a este tipo de residuos.

A partir de la consideración de las experiencias y competencias de los sectores involucrados en el cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-1995, y con el fin de que sus disposiciones sean operativas y adecuadas para proteger el medio ambiente y la salud de la población en general, esta norma fue modificada y publicada en el D. O. F., el 17 de febrero de 2003.

La norma en Materia de Residuos Peligrosos (NOM-052-SEMARNAT-2005), publicada en el Diario Oficial de la Federación (D. O. F.) el 22 de octubre de 1993 (y modificada actualmente a NOM-052-SEMARNAT-2005), "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". Esta norma señala también que los residuos que hayan sido clasificados como peligrosos y los que tengan características de peligrosidad deberán ser manejados de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y las normas oficiales mexicanas correspondientes (Normas 053, 054, 055, 056, 058, 087 y demás normas aplicables). Éste es el inicio de la caracterización de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

En el apartado 5.4 de la NOM-052-SEMARNAT-2005 se define que para fines de reporte de los residuos peligrosos ante la SEMARNAT, éstos se identifican como se señala en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Identificación de los residuos peligrosos para fines de reporte a la SEMARNAT.

Características	No. SEDESOL
Corrosividad (C)	P 01
Reactividad (R)	P 02
Explosividad (E)	P 03
Toxicidad al ambiente (T) (Te) ambiental (Th) aguda (Tt) crónica	Según la Tabla 1 de la NOM-052-SEMARNAT-2005
Inflamabilidad (I)	P 04
Biológico infecciosas (B)	P 05

1.5.2 DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS RELACIONADAS CON LOS RPBI's.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (D.O.F., Oct., 2003) señala en su Capítulo II, artículo 31, incisos VII, VIII, XII, XIII, XIV, XV la necesidad de establecer Planes de Manejo de los residuos peligrosos, conjuntamente con la autoridad correspondiente y las partes interesadas. Por otra parte, el artículo 44 de esta Ley clasifica a los generadores de residuos peligrosos en tres categorías: I) Grandes generadores, II) Pequeños generadores y III) Microgeneradores.

El artículo 45 de la LGPGIR establece que los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la SEMARNAT.

En cualquier caso, cuando las empresas o las instalaciones se cierren o dejen de realizarse en ellas actividades generadoras de residuos peligrosos, los generadores deberán dejar el sitio libre de residuos peligrosos y de contaminación que puedan representar un riesgo a la salud y al ambiente.

El artículo 46 de la LGPGIR indica además que los grandes generadores de residuos peligrosos están obligados a registrarse ante la SEMARNAT y a someter a su consideración el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, así como a llevar una bitácora y presentar un informe anual de la generación y las modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos, de acuerdo con los lineamientos que para tal fin se establezcan en el Reglamento de esta Ley.

Por otra parte, en este mismo artículo señala que los generadores de residuos peligrosos deberán contar con un seguro ambiental, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Según se indica en el artículo 47 de la LGPGIR, los pequeños generadores de residuos peligrosos deberán de registrarse ante la SEMARNAT y contar con una bitácora en la que llevarán el reporte del volumen anual de residuos peligrosos que generan y las modalidades de manejo. Los pequeños generadores deberán, además, sujetar sus residuos a planes de manejo, cuando sea el caso, así como cumplir con los demás requisitos que establezcan el Reglamento y demás disposiciones aplicables.

Por su parte, el artículo 48 de la LGPGIR establece que las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar los residuos peligrosos que generen a los planes de manejo que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

El control de los microgeneradores de residuos peligrosos corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales.

Por lo anterior, los pequeños generadores y los microgeneradores están obligados a dar disposición final adecuada a sus residuos peligrosos, conforme a planes de manejo según lo marca la normatividad, incluyendo los RPBI's.

1.5.3 DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE SALUD RELACIONADAS CON LOS RPBI'S.

Conforme a la Ley General de Salud, se entiende por manejo de RPBI's al "conjunto de actividades relativas a la obtención, análisis, conservación, utilización, preparación, suministro y destino final de órganos, tejidos y sus componentes, células y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, incluyendo los de preembriones, embriones y

fetos, con fines terapéuticos, de docencia o de investigación". Así, se establece que cualquier órgano o tejido que haya sido desprendido o seccionado por intervención quirúrgica, accidente o hecho ilícito, deberá ser manejado en condiciones higiénicas y su destino final podrá ser la incineración, salvo que se requiera para fines terapéuticos, de docencia o de investigación, en cuyo caso los establecimientos de salud podrán disponer de ellos o remitirlos a instituciones docentes autorizadas por la Secretaría de Salud, en los términos de la Ley General de Salud y demás disposiciones generales aplicables (Ley General de Salud, D.O.F., 1984).

La Ley General de Salud en el Título Octavo, Prevención y Control de Enfermedades y Accidentes, Capítulo II Enfermedades Transmisibles, pone de manifiesto los controles para evitar epidemias y transmisión de enfermedades por animales o humanos de acuerdo con los artículos siguientes:

Artículo 134.- La Secretaría de Salud y los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia, realizarán actividades de vigilancia epidemiológica, de prevención y control de las enfermedades transmisibles siguientes:

Artículo 134.- La Secretaría de Salud y los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia, realizarán actividades de vigilancia epidemiológica, de prevención y control de las enfermedades transmisibles siguientes:

- I. Cólera, fiebre tifoidea, paratifoidea, shigelosis, amibiasis, hepatitis virales y otras enfermedades infecciosas del aparato digestivo.
- II. Influenza epidémica, otras infecciones agudas del aparato respiratorio, infecciones meningocócicas² y enfermedades causadas por estreptococos.
- III. Tuberculosis.
- IV. Difteria, tosferina, tétanos, sarampión, poliomielititis, rubéola y parotiditis infecciosa.
- V. Rabia, peste, brucelosis y otras zoonosis. En estos casos, la Secretaría de Salud coordinará sus actividades con la de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- VI. Fiebre amarilla, dengue y otras enfermedades virales transmitidas por artrópodos.

FNI T-9796

² Son infecciones de distinta localización y gravedad, causadas por cocos Gram negativos, cuya importancia deriva del curso fulminante y a menudo fatal que pueden adoptar algunas de ellas, de la posibilidad del contagio interhumano (meningitis) y de las medidas preventivas terapéuticas necesarias para su control. Por todo ello, el médico debe conocer los aspectos básicos que hacen al diagnóstico y al manejo primario de estas infecciones. La clasificación se realiza de acuerdo a localizaciones y modalidad evolutiva: Faringitis meningocócica, Meningococcemia; sepsis meningocócica común, Sepsis fulminante o hiperaguda, Meningitis meningocócica.

- VII. Paludismo, tifo, fiebre recurrente transmitida por piojo, otras rickettsiosis, leishmaniasis, tripanosomiasis, y oncocercosis.
- VIII. Sífilis, infecciones gonocócicas y otras enfermedades de transmisión sexual.
- IX. Lepra y mal del pinto.
- X. Micosis profundas.
- XI. Helminthiasis intestinales y extraintestinales.
- XII. Toxoplasmosis.
- XIII. Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), y
- XIV. Las demás que determinen el Consejo de Salubridad General y los tratados y convenciones internacionales en los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte, y que se hubieren celebrado con arreglo a las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 136.- Es obligatoria la notificación a la Secretaría de Salud o a la autoridad sanitaria más cercana de las enfermedades siguientes y en los términos que a continuación se especifican:

- I. Inmediatamente, en los casos individuales de enfermedades objeto del Reglamento Sanitario Internacional: fiebre amarilla, peste y cólera.
- II. Inmediatamente, en los casos de cualquier enfermedad que se presente en forma de brote o epidemia.
- III. En un plazo no mayor de veinticuatro horas en los casos individuales de enfermedades objeto de vigilancia internacional: poliomielitis, meningitis meningocócica, tifo epidémico, fiebre recurrente transmitida por piojo, influenza viral, paludismo, sarampión, tosferina, así como los de difteria y los casos humanos de encefalitis equina venezolana, y
- IV. En un plazo no mayor de veinticuatro horas, de los primeros casos individuales de las demás enfermedades transmisibles que se presenten en un área no infectada. Asimismo, será obligatoria la notificación inmediata a la autoridad sanitaria más cercana, de los casos en que se detecte la presencia del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) o de anticuerpos a dicho virus, en alguna persona.

Artículo 138.- Están obligados a dar aviso, en los términos del Artículo 136 de esta Ley, los jefes o encargados de laboratorios, los directores de unidades médicas, escuelas, fábricas, talleres, asilos, los jefes de oficinas, establecimientos comerciales o de cualquier

otra indole y, en general, toda persona que por circunstancias ordinarias o accidentales tenga conocimiento de alguno de los casos de enfermedades a que se refiere esta Ley.

Artículo 139.- Las medidas que se requieran para la prevención y el control de las enfermedades que enumera el Artículo 134 de esta Ley, deberán ser observadas por los particulares. El ejercicio de esta acción comprenderá una o más de las siguientes medidas, según el caso de que se trate:

- I. La confirmación de la enfermedad por los medios clínicos disponibles.
- II. El aislamiento, por el tiempo estrictamente necesario, de los enfermos, de los sospechosos de padecer la enfermedad y de los portadores de gérmenes de la misma, así como la limitación de sus actividades cuando así se amerite por razones epidemiológicas.
- III. La observación, en el grado que se requiera, de los contactos humanos y animales.
- IV. La aplicación de sueros, vacunas y otros recursos preventivos y terapéuticos.
- V. La descontaminación microbiana o parasitaria, desinfección y desinsectación de zonas, habitaciones, ropas, utensilios y otros objetos expuestos a la contaminación.
- VI. La destrucción o control de vectores y reservorios y de fuentes de infección natural o artificial, cuando representen peligro para la salud.
- VII. La inspección de pasajeros y de equipajes que puedan ser portadores de gérmenes, medios de transporte, mercancías y otros objetos que puedan ser fuentes o vehículos de agentes patógenos.
- VIII. Las demás que determine esta Ley, sus reglamentos y la Secretaría de Salud.

Artículo 145.- La Secretaría de Salud establecerá las normas oficiales mexicanas para el control de las personas que se dediquen a trabajos o actividades, mediante los cuales se pueda propagar alguna de las enfermedades transmisibles a que se refiere esta Ley.

Artículo 146.- Los laboratorios que manejen agentes patógenos estarán sujetos a control por parte de las autoridades sanitarias competentes, de conformidad con las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría de Salud, en lo relativo a las precauciones higiénicas que deban observar, para evitar la propagación de las enfermedades transmisibles al hombre. Cuando esto represente peligro para la salud animal, se oirá la opinión de las autoridades competentes en la materia.

Artículo 155.- La Secretaría de Salud determinará la forma de disponer de los productos, subproductos, desechos y cadáveres de animales, cuando constituyan un riesgo de transmisión de enfermedades al hombre o produzcan contaminación del ambiente con riesgo para la salud.

Artículo 156.- Se considera peligroso para la salubridad general de la República, la tenencia, uso o aprovechamiento de animales de cualquier tipo, cuando sean:

- I. Fuente de infección, en el caso zoonosis.
- II. Huésped intermediario de vehículos que puedan contribuir a la diseminación de enfermedades transmisibles al hombre.
- III. Vehículo de enfermedades transmisibles al hombre, a través de sus productos.

Artículo 157.- Se prohíbe la introducción o el transporte por el territorio nacional de animales que padezcan una enfermedad transmisible al hombre, de cadáveres de aquéllos, así como el comercio con sus productos. Asimismo, se prohíbe la introducción o el transporte de animales que provengan de áreas que la autoridad sanitaria considere infectadas.

Artículo 357.- La Secretaría de Salud podrá restringir la salida de todo tipo de vehículos, personas, animales, objetos o sustancias que representen un riesgo para la salud de la población del lugar de su destino, de acuerdo con lo previsto en las disposiciones que regulen los servicios de sanidad internacional.

Artículo 463.- Al que introduzca al territorio nacional, transporte o comercie con animales vivos o sus cadáveres, que padezcan o hayan padecido una enfermedad transmisible al hombre en los términos del Artículo 157 de esta Ley, teniendo conocimiento de este hecho, se le sancionará con prisión de uno a ocho años y multa equivalente de cien a mil días de salario mínimo general vigente en la zona económica de que se trate (Ley General de Salud, última reforma 30 de mayo de 2008).

Lo anterior, como medida de acciones preventivas, las instalaciones prestadoras de servicio de salud, con el fin de proteger la salud de sus empleados, necesitan invertir en capacitación y educación laboral; adquirir ropas y equipo protector para empleados que pudiesen entrar en contacto con los materiales potencialmente infecciosos o de peligro, y

finalmente, asegurarse de que sus empleados reciban al menos las vacunas básicas contra el tétanos y la hepatitis.

Una vez que los residuos han sido generados y colectados, éstos se llevan a tratamiento y/o a disposición final. Para esto, se requiere de contenedores móviles de mayor capacidad y de transporte seguro, de equipo de seguridad y de capacitación para los trabajadores. Los residuos deben mantenerse a salvo y aislados desde su generación hasta su disposición final, a fin de minimizar el contacto con los trabajadores y con cualquier otra persona (Manahan, 1990).

1.6 DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS EN EL MANEJO DE LOS RPBI'S.

La vigilancia del cumplimiento de la normativa para la regulación del manejo de los RPBI's se realiza por instancias de gobierno diferentes.

1.6.1 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).

La SEMARNAT es la dependencia del gobierno federal que tiene como propósito fundamental, constituir una política de estado de protección ambiental, que revierta las tendencias del deterioro ecológico y sienta las bases para un desarrollo sustentable en el país, garantizando el estricto cumplimiento y aplicación de la normatividad en material ambiental.

La SEMARNAT cuenta con políticas nacionales de protección ambiental orientadas a responder a la creciente expectativa nacional de proteger los recursos naturales, e incidir en las causas que originan la contaminación, y la pérdida de los ecosistemas y de la biodiversidad (SEMARNAT, 2003).

Ante la SEMARNAT se realizan los trámites siguientes relacionados con el manejo de los RPBI's:

1. Aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos.

2. Cédula de Operación Anual de las descargas contaminantes como son: generación de residuos peligrosos, aguas descargadas a cuerpos receptores propiedad de la nación, emisiones a la atmósfera y sustancias sujetas a reporte.
3. Autorización a empresas prestadoras de servicio para la recolección y transporte de residuos peligrosos.
4. Autorización para el almacenamiento (acopio) de residuos peligrosos en empresas de servicio.
5. Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).
6. Autorización para el tratamiento de los residuos peligrosos.

1.6.2 DIRECCIÓN GENERAL DE MANEJO INTEGRAL DE CONTAMINANTES.

La Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes perteneciente a la SEMARNAT, tiene como misión impulsar el desarrollo sustentable del país, mediante el ejercicio correcto de una gestión pública basada en la eficiencia, eficacia, transparencia y honestidad para prevenir y controlar la contaminación atmosférica, del suelo y del agua, originada por las emisiones, los materiales y los residuos peligrosos, así como la ocurrencia de accidentes de actividades altamente riesgosas (SEMARNAT, 2003).

En la Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes se llevan a cabo las actividades siguientes:

1. Autorización a empresas prestadoras de servicio para el reciclaje de residuos peligrosos.
2. Autorización a empresas prestadoras de servicio para el reuso de residuos peligrosos.
3. Autorización a empresas prestadoras de servicio para el tratamiento de residuos peligrosos.
4. Autorización a empresas prestadoras de servicio para la incineración de los residuos peligrosos.
5. Autorización para empresas prestadoras de servicio para la construcción y operación de confinamientos de residuos peligrosos.
6. Autorización para la importación de materiales y residuos peligrosos.
7. Autorización para la exportación de materiales y residuos peligrosos.
8. Constancia de no peligrosidad de los residuos.

9. Presentación de la Cédula de Operación Anual (COA).

1.6.3 SECRETARÍA DE SALUD (SSA).

La Secretaría de Salud tiene como misión contribuir a un desarrollo humano justo, incluyente y sustentable, mediante la promoción de la salud como objetivo social compartido, y el acceso universal a servicios integrales y de alta calidad, que satisfagan las necesidades y respondan a las expectativas de la población (SSA, 2002).

La Secretaría de Salud tiene las funciones siguientes en materia de RPBI's.

1. Verificar la normatividad en materia de RPBI's.
2. Participar de manera conjunta con la SEMARNAT en la emisión de la normatividad correspondiente al manejo y disposición final de los RPBI's.
3. Contar con registros actualizados de los generadores de RPBI's y su volumen generado.

1.6.4 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT).

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la dependencia del Poder Ejecutivo Federal encargada del desarrollo y de la administración de la red carretera, así como de la regulación del transporte y de las comunicaciones de jurisdicción federal.

En el caso del transporte de RPBI's, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes regula:

1. La normatividad a cumplir para los vehículos que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos.
2. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
3. Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias.
4. Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

5. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
6. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
7. Documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
8. Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división de agentes infecciosos.
9. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

1.6.5 PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA).

La PROFEPA es la dependencia de gobierno que se encarga de procurar la justicia ambiental a través del estricto cumplimiento de la Ley, haciendo partícipes de esta lucha a todos los sectores de la sociedad y a los tres órdenes de gobierno. Su función es la de llevar a cabo la inspección y vigilancia del cumplimiento de la normatividad ambiental, aplicable a las actividades industriales y de servicios; entre ellos, los centros que prestan servicios de atención a la salud (PROFEPA, 2002).

Entre las acciones de la PROFEPA se encuentran:

1. Visitas de inspección a hospitales, clínicas, laboratorios, veterinarias, etc., y todo centro que preste servicio de atención a la salud y que genere RPBI's.
2. Visitas de vigilancia a los tiraderos municipales para evitar la disposición inadecuada de los RPBI's.
3. Coordinación con los tres órdenes de gobierno para controlar el manejo de los RPBI's en el Estado.
4. Visitas de inspección a empresas prestadoras de servicio de transporte, recolección y tratamiento de los RPBI's.
5. Dictaminar, conforme al marco legal, en caso de delitos ambientales de giro federal por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos.

CAPÍTULO 2: MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS.

2.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI's) antes de su disposición final, deben de recibir un tratamiento físico o químico que elimine a los microorganismos patógenos; dichos tratamientos deben ser autorizados por la Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. Los RPBI's, una vez tratados e irreconocibles, se eliminan como residuos no peligrosos.

La clasificación adecuada de los residuos que se generan en un centro de atención de salud permite la segregación apropiada de los residuos, y reduce riesgos sanitarios y los costos en el manejo de los mismos. Los sistemas de tratamiento seguros y costosos se deben destinar sólo para la fracción de residuos que así lo requiera.

Para la selección adecuada del tipo de tratamiento de RPBI's es conveniente evaluar los factores siguientes:

1. Impacto ambiental.
2. Tipo de residuos a dar tratamiento.
3. Costos de la instalación del equipo de tratamiento.
4. Costos de gestión y mantenimiento.
5. Factores de seguridad.
6. Número de horas diarias de utilización del sistema (en función del volumen de los residuos que serán tratados).

La evaluación de estos factores incluye:

1. La investigación de los sitios e instalaciones disponibles para el tratamiento o eliminación de los RPBI's.
2. La comparación de los costos de todas las opciones viables.
3. La revisión de los requisitos normativos y los permisos exigidos para la opción viable.

4. La determinación de costos o dificultades adicionales, relacionados con la opción seleccionada.

A partir de estos datos se puede desarrollar una matriz de alternativas que incorpore las evaluaciones técnicas, los planes y los análisis económicos que conduzcan a un grupo de opciones apropiadas. En las opciones posibles deberá considerarse, si el tratamiento en el interior de las mismas instalaciones es factible y oportuno.

Al estimar los costos de tratamiento, se debe determinar la inversión en bienes de capital y también los costos anuales de mantenimiento, operación, instalación y amortización del equipo.

Además de la conveniencia económica, al seleccionar una opción de manejo de residuos, se deben considerar los aspectos siguientes:

1. Condiciones específicas locales o referentes a la composición de los residuos a tratar, que puedan causar suspensiones accidentales de operación o de bajo rendimiento de la misma.
2. Condiciones futuras y cambios potenciales, tales como los relacionados con regulaciones y estándares.
3. Actitudes contrarias y la eventual oposición pública a una o más opciones de tratamiento o eliminación.

Los métodos más usuales de tratamiento de los RPBI's son: la incineración, la esterilización o desinfección química, la esterilización con autoclave o microondas, la desinfección por irradiación y el tratamiento por plasma. La aplicación de estos métodos requiere de personal capacitado y empresas especializadas, los cuales deberán contar con los permisos correspondientes por parte de las autoridades en la materia.

2.2 INCINERACIÓN.

La incineración es el proceso de conversión de materiales combustibles en cenizas y gases de combustión. Los residuos son colocados en la cámara de prealimentación mediante un sistema automático o semiautomático. Posteriormente, mediante un pistón, los residuos pasan a una cámara primaria donde se queman a una temperatura de 600°C

a 800°C, reduciendo su volumen inicial entre un 80% y un 90%. Los gases generados son captados en una cámara secundaria, donde se lleva a cabo la combustión completa de éstos, a temperaturas de 900°C a 1,200°C, antes de ser emitidos a la atmósfera a través de una chimenea.

Existe una relación estrecha entre el tiempo de retención de los gases y la temperatura de combustión en la cámara de combustión secundaria, observándose que a mayor tiempo de retención de los gases, la temperatura necesaria para la destrucción de los residuos disminuye (Brunner, 1993). En la práctica se recomienda que el tiempo de retención de los gases en la segunda cámara de combustión sea de uno a tres segundos, estableciendo un mínimo de dos segundos (NOM-098-SEMARNAT-2000).

El método de incineración es utilizado con éxito para el tratamiento de la mayoría de los residuos sólidos peligrosos, incluyendo los biológico-infecciosos, farmacéuticos y químicos-orgánicos.

Los incineradores operan con máxima eficiencia cuando los residuos que se queman tienen un poder calorífico suficientemente alto; es decir, cuando la combustión produce una cantidad de calor suficiente para evaporar la humedad contenida en los residuos y mantiene la temperatura de combustión sin añadir más combustibles (Santoleri, 2000).

2.2.1 INCINERADORES TERMALES TIPO REGENERATIVO U OXIDADORES TERMALES REGENERATIVOS (OTR).

Los incineradores termales se usan frecuentemente para controlar la emisión continua de compuestos orgánicos volátiles combustibles (COV's). En general, la incineración destruye gases y residuos sólidos mediante la quema controlada a altas temperaturas. Cuando los incineradores termales operan correctamente pueden destruir más del 99% de los contaminantes gaseosos (EPA, 2001).

Para la incineración termal es importante que el flujo de vapor del incinerador termal tenga una tasa de flujo y concentración constantes del gas combustible. Estos dispositivos no son adecuados para flujos fluctuantes de vapor porque la eficiencia del proceso de

combustión depende de la mezcla apropiada de vapores y de un tiempo específico de permanencia en la cámara de combustión.

El tiempo de permanencia es el período en el que la mezcla de combustible se encuentra en la cámara de combustión. A menudo se agrega un combustible suplementario al incinerador termal para complementar la cantidad de gases contaminantes que se queman en el incinerador.

El calor producido por el incinerador de los residuos se puede recuperar y su energía ser aprovechada en numerosas aplicaciones.

2.2.2 INCINERADORES CATALÍTICOS U OXIDADOR CATALÍTICO REGENERATIVO (OCR).

Los incineradores catalíticos son similares a los termales e incluyen un catalizador para acelerar el proceso de combustión. Un catalizador es una sustancia que acelera una reacción química sin que la reacción cambie o consuma dicha sustancia. Los catalizadores permiten que el proceso de combustión ocurra con temperaturas más bajas, lo que reduce el costo del combustible. Cuando se usa un incinerador catalítico se obtiene una eficiencia de destrucción mayor del 95% (EPA, 2001).

- Si se emplea un volumen mayor de catalizadores o temperaturas más altas es posible alcanzar una mayor eficiencia. Los incineradores catalíticos son más convenientes para las emisiones con bajo contenido de COV's.

2.2.3 TEORÍA DE OPERACIÓN.

Los incineradores termales u oxidadores termales regenerativos (OTR) utilizan un medio de alta densidad tal como un lecho empacado de cerámica, todavía caliente de un ciclo previo, para precalentar una corriente de gas de desecho cargada de COV's. Los gases precalentados y parcialmente oxidados entran entonces en una cámara de combustión en donde son calentados por la combustión de un combustible auxiliar (gas natural), a una temperatura de oxidación final que va de los 760°C a los 820°C (1,400°F a 1,500°F), y son mantenidos a esta temperatura para alcanzar una destrucción máxima de los COV's.

Si fuera necesario, se pueden alcanzar temperaturas hasta de 1,100°C (2,000°F), para lograr eficiencias de control muy altas de ciertos COV's tóxicos (EPA-452/F-03-021, 2001).

Los gases limpios y calientes salen de esta cámara y son dirigidos hacia uno o más lechos empacados en cerámica, enfriados por un ciclo anterior. El calor proveniente de los gases limpios es absorbido por estos lechos antes de que los gases sean ventilados al ambiente. El lecho empacado y recalentado empieza entonces un nuevo ciclo, calentando una corriente entrante nueva de gas de desecho.

Un incinerador catalítico (OCR) opera de la misma manera que un incinerador termal (OTR); sin embargo, el primero utiliza un material catalítico en vez de material de cerámica en el lecho de empacado, lo que permite la destrucción de los COV's a una temperatura de oxidación más baja. Un incinerador catalítico u OCR utiliza un catalizador de metal precioso en el lecho empacado, permitiendo que la oxidación ocurra a aproximadamente 400°C (800°F). El requisito de una temperatura más baja reduce la cantidad de gas natural necesario para alimentar el sistema de reducción de COV's y el tamaño total del incinerador. Los catalizadores utilizados típicamente para la incineración de COV's incluyen el platino y el paladio.

2.2.4 LÍMITES DE EMISIONES ALCANZABLES POR REDUCCIONES.

La eficiencia de reducción de COV's de la corriente gaseosa en el incinerador depende de los criterios de diseño; esto es, de la temperatura de la cámara de combustión, el tiempo de residencia, la concentración de COV's a la entrada, el tipo de compuesto, y el grado de mezclado (EPA, 1995). Las eficiencias típicas para incineradores catalíticos (sistemas de oxidación catalítica regenerativa) varían del 95% al 99%, dependiendo de los requisitos del sistema y de las características de la corriente contaminada. Las eficiencias de control más bajas son las asociadas generalmente a flujos con concentraciones pequeñas (Power, 1996).

Los incineradores catalíticos (OCR) que utilizan los catalizadores basados en metales preciosos pueden destruir más del 98% del monóxido de carbono (CO) en la corriente de

aire que está cargada de COV's. Los incineradores termales (OTR) no reducen los niveles de monóxido de carbono (CO).

2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE DE EMISIÓN.

Para lograr una eficiencia alta en el incinerador se consideran las características siguientes de la corriente de emisión (EPA-452/F-03-021, 2001).

- a) **Flujo de aire.** Las velocidades típicas de flujo de aire para los incineradores regenerativos son de 2.4 m³/s a 240 m³/s (5,000 a 500,000 scfm "Standard Cubic Feet per Minute").
- b) **Temperatura.** Las temperaturas típicas de flujo de aire para un incinerador termal (OTR) son de 760°C a 820°C (1400°F a 1500°F); sin embargo, el incinerador es capaz de operar hasta los 1,100°C (2,000°F) para aquellos casos en los que una destrucción máxima es necesaria. Los incineradores catalíticos (OCR) usan un catalizador de metal precioso, el cual permite que la oxidación ocurra aproximadamente a 400°C (800°F).
- c) **Carga de contaminantes.** Los incineradores catalíticos (OCR) pueden utilizarse con cargas de entrada bajas (100 ppmv -partes por millón por volumen- o menores) como en el caso de los incineradores termales y regenerativos. Por consideraciones de seguridad, la concentración de compuestos orgánicos (COV's) en el gas de desecho debe ser sustancialmente menor del límite inflamable inferior (Límite explosivo inferior, o LEI) del compuesto específico que está siendo controlado. Como regla, un factor de seguridad de 4 (esto es, 25% del LEI) es usado. El gas de desecho puede ser diluido con aire del ambiente, si fuera necesario para reducir la concentración.
- d) **Otras consideraciones.** Se deben evaluar detalladamente las características de la corriente del gas de entrada, dada la sensibilidad de los sistemas de incineración catalítica (OCR) a las cargas de entrada de materia particulada y de COV's, las cuales podrían causar la desactivación del catalizador (EPA, 2001).

2.2.6 REQUISITOS PARA EL PRETRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE EMISIÓN.

Si las condiciones de diseño del incinerador son satisfechas no se requiere pretratamiento de la corriente de gas. Sin embargo, en algunos casos, la remoción de material particulado antes de que el gas de desecho entre al incinerador puede ser necesaria; esta situación es más crítica para los incineradores catalíticos (OCR) que para los incineradores termales (OTR), ya que estos últimos toleran las partículas.

Se han establecido límites para la temperatura de salida de los gases, principalmente para minimizar la formación de dioxinas por medio de las reacciones de Novo. De acuerdo con esta teoría, la formación de dioxinas y furanos es mínima cuando la temperatura es menor a 250°C, por lo que la NOM-098-SEMARNAT-2000 establece ese valor como máximo para los gases emitidos a la atmósfera (Anabell, 2004).

La pérdida de materia volátil es una aproximación de la calidad de combustión de los residuos, debido a que las cenizas generalmente se exponen a temperaturas iguales o mayores a los 550°C, que se especifican en la prueba estandarizada para su determinación. No obstante, en el caso de las cenizas volátiles, éste no es un parámetro representativo debido a que los equipos de control de emisiones operan a temperaturas considerablemente más bajas; además de que si se adicionan reactivos que a esa temperatura pueden representar una pérdida de peso adicional. La pérdida de materia volátil permitida en el PROY-NOM-098-SEMARNAT-2000 es de 10%, mientras que en las regulaciones europeas y japonesa debe ser menor a 5%.

Las partículas se generan por la presencia de materiales no combustibles que alimentan al incinerador, por productos de la combustión incompleta de los residuos o por la condensación de compuestos volatilizados. La concentración de partículas en los gases emitidos a la atmósfera depende de la turbulencia, así como de la velocidad de los gases en la cámara secundaria. Los equipos que se emplean con mayor frecuencia en la remoción de partículas son los lavadores de gases, ciclones, precipitadores, electrostáticos y filtros de bolsas.

Por otra parte, los gases ácidos que comúnmente se generan son: ácido clorhídrico (HCl), óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x). En el caso de los dos primeros, no se requieren condiciones especiales de operación para inducir o evitar su formación, pero se pueden remover con relativa facilidad al neutralizar el flujo de los gases con reactivos alcalinos como el hidróxido de sodio o de calcio (NaOH y CaOH).

La generación de NO_x depende de la temperatura de combustión, encontrándose que a partir de 1,000°C, su concentración en los gases de combustión se incrementa sustancialmente (Brunner, 1993). Entre las medidas empleadas para la remoción de NO_x se encuentra la recirculación de los gases de la cámara de combustible secundaria y/o la adición de amoníaco en la zona de combustión (IASWG, 1997). Por lo tanto, el tratamiento completo de los gases de combustión implica la combinación de varios procesos específicos.

Las cenizas de fondo (o escorias generadas en la cámara de combustión primaria) se componen principalmente de materiales inertes, mientras que las cenizas volantes que se atrapan en los equipos de control de emisiones, presentan mayor concentración de materia orgánica y de metales en forma de compuestos relativamente solubles, algunos de los cuales como el Cd, Ni o Pb están regulados como constituyentes peligrosos en la NOM-052-SEMARNAT-2005. En México y los Estados Unidos de América, las cenizas deben disponerse como residuos peligrosos cuando al realizar una prueba de extracción se encuentran compuestos en concentraciones mayores a las permitidas (NOM-098-SEMARNAT-2000).

El "cegado" es el recubrimiento del catalizador de manera que los sitios activos de éste se incapaciten para ayudar en la oxidación de los contaminantes en el flujo de gas. Los sistemas catalíticos pueden incorporar filtros internos que procesen la corriente de aire antes de que ésta alcance el catalizador. Algunos fabricantes fluidizan los lechos del catalizador para facilitar el paso de las partículas a través del sistema (EPA, 2001).

2.2.7 COSTOS DE LOS INCINERADORES.

En la tabla 2.1 se presentan los rangos de costos para incineradores termales y con catalizador, bajo condiciones típicas de operación, y referidos a la velocidad del flujo

volumétrico de la corriente de residuos tratada; no incluyen un sistema de tratamiento de gases ácidos de post-oxidación.

La estimación de costos estuvo basada en los formatos de la EPA (EPA, 1994). Los costos del límite superior de los rangos mostrados se aplican cuando el dispositivo de control se utiliza para corrientes con concentraciones muy bajas de COV's (menores de 100 ppmv), a velocidades de flujo muy pequeñas (alrededor de 2.4 m³/s, ó 5,000 scfm "Standard Cubic Feet per Minute", pies cúbicos estándar por minuto).

Como regla, los dispositivos de control más pequeños para el control de corrientes de desecho con concentraciones bajas serán mucho más costosos (por unidad de flujo volumétrico), que un dispositivo de control grande limpiando un flujo con una carga alta de contaminantes.

Tabla 2.1 Costos de los incineradores.

Tipo de incinerador	Costo (en pesos por m ³ /s)	Costo de operación y mantenimiento (en pesos por m ³ /s/año)	Efectividad de costos (en pesos por ton/año de contaminante controlado)
Incinerador Termal Regenerativo (OTR)	85,000 a 320,000 (40 a 140 scfm)	8,500 a 21,000 (4 a 10 por scfm)	115 a 21,000 ton-métrica (100 a 17,000 por tonelada corta)
Incinerador Catalítico Regenerativo (OCR)	74,000 a 297,000 (35 a 140 por scfm)	13,000 a 42,000 (6 a 20 por scfm)	137 a 23,000 ton-métrica (124 a 21,000 por tonelada corta).

Scfm "Standard Cubic Feet per Minute", pies cúbicos estándar por minuto.

La tonelada corta para el Sistema Inglés es igual a 2,000 libras. La tonelada métrica para el Sistema Internacional es igual a 1,000 kilogramos.

2.2.8 APLICACIONES INDUSTRIALES TÍPICAS.

Los incineradores OTR y OCR pueden ser utilizados para reducir las emisiones provenientes de una variedad de fuentes fijas. Por lo general, las emisiones con flujo alto, mayor de 2.4 m³/s (ó 5,000 scf) y con concentraciones bajas de COV's (menores de 1,000 ppmv -partes por millón por volumen-) son aptas para controlarse por sistemas de incineración regenerativas.

Este tipo de incineradores es aplicable para controlar COV's provenientes de operaciones de manejo de metales, recubrimientos de automóviles y manufactura de productos forestales de madera.

El uso de catalizadores de metales preciosos como platino y paladio ha permitido que las corrientes de desecho de COV's que contengan cloruros, bromuros u otros halógenos sean controladas con incineradores catalíticos (OCR). Sin embargo, el potencial de envenenamiento del catalizador continúa existiendo si la corriente de COV's contiene silicio, fósforo, arsénico u otros metales pesados (EPA, 2001).

2.2.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS INCINERADORES OTR Y OCR.

Los incineradores regenerativos ofrecen muchas ventajas si se les da una aplicación apropiada. Las corrientes de emisión de flujo alto y concentración baja, que son consistentes a través de periodos de tiempo largos, pueden ser tratadas por un incinerador termal (OTR) o catalítico (OCR) a costos económicos, dependiendo de la composición de la corriente de desecho. Para cualquier incinerador, el pre-tratamiento para remover las partículas puede ser necesario, a fin de prevenir que el lecho empacado se obstruya y/o el catalizador sea envenenado.

En los incineradores catalíticos, los catalizadores basados en metales preciosos, por lo general, tienen una vida de servicio más larga y son mucho más resistentes al envenenamiento y obstrucción que los catalizadores de metales básicos menos costosos (Power, 1996).

2.2.10 PROBLEMAS AMBIENTALES DEBIDOS A LA INCINERACIÓN DE LOS RPBI'S.

Hasta hace poco tiempo, el método de tratamiento más utilizado en el mundo entero para la destrucción de los RPBI's fue la incineración, ya que ésta reduce el volumen de los residuos en un 99%. Cabe hacer notar que en ese entonces no se conocía que las malas técnicas de incineración de estos residuos pueden ocasionar efectos dañinos para la salud humana y para el medio ambiente.

Desde fines de la década de los 80's, muchos incineradores de RPBI's han sido clausurados debido al grado de contaminación que generaban, especialmente al quemar gran cantidad de plásticos clorados. El plástico PVC (Policloruro de vinilo) constituye la fuente de cloro más importante en los incineradores de RPBI's. El policloruro de vinilo es

utilizado ampliamente para la elaboración de tubos, bolsas intravenosas y embalajes. Aproximadamente, el 9.4% de los RPBI's contiene PVC (Greenpeace, 2001).

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de los incineradores.

Tipo de incinerador	Ventajas	Desventajas
Incinerador Termal Regenerativo (OTR).	<ul style="list-style-type: none"> a) Bajos requisitos de combustible. b) Alta recuperación de energía (85% a 95 %). c) Capacidad de temperatura alta hasta los 1,100°C (2,000 °F) que proporciona mejor eficiencia de destrucción. d) Menos susceptibles a problemas con compuestos clorados. e) Emisiones de NO_x generalmente más bajas que en la oxidación térmica, excepto cuando las temperaturas de operación están por encima de 760°C (1,400°F). 	<ul style="list-style-type: none"> a) Alto costo inicial. b) Gran peso y tamaño. c) Instalaciones difíciles y costosas. d) Alta demanda de mantenimiento por las partes en movimiento.
Incinerador Catalítico Regenerativo (OCR).	<ul style="list-style-type: none"> a) Requisitos de combustible más bajos que los incineradores termales OTR debido a menos temperatura. b) El catalizador también destruye el CO en la corriente de desecho. c) Emisiones de NO_x menores que la de los incineradores termales (OTR). 	<ul style="list-style-type: none"> a) Alto costo inicial. b) Instalación difícil y costosa. c) Gran peso y tamaño. d) Alta demanda de mantenimiento por las partes en movimiento y el monitoreo del catalizador. e) El envenenamiento del catalizador es posible; sin embargo, los catalizadores de metales preciosos son más resistentes. f) Las partículas deben ser removidas primeramente. g) El catalizador gastado que no puede ser regenerado debe ser desechado.

Los incineradores de RPBI's representan una fuente importante de dioxinas y furanos por la cantidad de plástico de PVC que contienen estos residuos. Estas sustancias producen efectos negativos graves en el hombre, entre los que se pueden citar la alteración de algunas funciones biológicas que provocan disfunciones en la tiroides, disminución de fertilidad, anormalidades metabólicas, deformaciones natales, feminización del sexo masculino y viceversa, tumores y cánceres, entre otras. De acuerdo a lo anterior, algunos países están aplicando medidas restrictivas a los incineradores de RPBI's; muchos hospitales han cerrado sus propios incineradores y hoy envían sus residuos a incineradores con mejores dispositivos de control de emisiones. En Alemania, por ejemplo, se han cerrado más del 50% de los incineradores instalados (Greenpeace, 2001).

Actualmente, existen tratamientos de eliminación para el 99.7% de los RPBI's que no generan dioxinas, y cada vez son más los hospitales de Austria, Alemania y Dinamarca que deciden reducir la cantidad y la naturaleza de sus residuos, empleando productos hospitalarios reutilizables que se pueden esterilizar. La sustitución de productos de PVC está ligada a los programas de minimización de residuos y a la separación de éstos para su reciclaje.

La eliminación progresiva de los materiales que contienen PVC en estos hospitales responde a varias razones:

- 1) Las empresas incineradoras no aceptan residuos que excedan determinados porcentajes de cloro, o sólo lo hacen con un incremento considerable del costo.
- 2) Las empresas incineradoras han tenido que cerrar debido a la existencia de regulaciones de emisiones más estrictas.
- 3) Las reivindicaciones de los ciudadanos han jugado el papel fundamental de este cambio.

Otras razones para sustituir los productos de vinilo en los hospitales son las objeciones médicas contra el uso del PVC, las cuales se basan principalmente en la migración del plastificante DEHP (por sus siglas en inglés, di-2-etilhexilftalato) que se emplea en la fabricación de PVC, el cual es soluble en los fluidos con contenido de grasa (como la sangre) y puede ocasionar enfermedades en el hígado, la piel y el sistema cardiovascular. Los experimentos con animales han demostrado un aumento significativo en tumores de hígado, cuando se añade DEHP a la comida de ratones y ratas; por ello este aditivo se clasifica como "carcinogénico en experimentos con animales" y, debido a la falta de estudios adecuados epidemiológicos en los seres humanos, se clasifica como "posible carcinógeno humano". Por otra parte, evidencias recientes muestran su potencial como disruptor hormonal (EPA, 2000).

2.2.11 MATERIALES ALTERNATIVOS AL PVC.

En la actualidad, la utilización de alternativas al PVC supone un incremento en los costos de un 20% a un 30%; sin embargo, también debe tenerse en cuenta el ahorro en las

tarifas de incineración y en la emisión de dioxinas. En la tabla 2.3 se presentan algunas alternativas de uso para PVC (Greenpeace, 2001).

Tabla 2.3 Productos hospitalarios libres de PVC.

Uso de PVC	Alternativas
Guantes de examen.	Se recomienda el PE y/o copolímeros de PE. El látex es de calidad más alta y está probada su barrera contra virus.
Cubre zapatos.	Cubre zapatos de PE para los casos de un solo uso.
Delantales.	Alternativas de tela para áreas de baja contaminación; cubiertos de PE para las salas de operaciones.
Cubre colchones.	Plásticos alternativos de PE y de caucho sólo donde sea necesario. Microfibras lavables como "Kortex" o "Geritex" que son más cómodas para los pacientes.
Pañales y servilletas.	Ya existen libres de PVC.
Orinales/Cuñas.	Acero inoxidable.
Equipos de infusión, botellas y/o bolsas, conectadas a aparatos, tubos, piezas de tubos.	Equipos de infusión libre de PVC: vidrio para algunos usos, PP, PE, PE/PA, EVA, PCCE y PSU, así como artículos de suspensión multiuso para los receptáculos de infusión más comunes.
Tubos.	EVA y copolímeros de EVA, PCCE o PE. En otros campos de aplicación, por ejemplo para respiración, silicona o tubos de caucho.
Pruebas gástricas.	Silicona y PP.
Catéteres.	Silicona y PP.
Botellas de drenaje, bolsas.	Vidrio, PE y PE/PP.
Bisturios (disponibles con asas de PVC).	Asas de metal con cuchillas afiladas intercambiables.
Mascarillas.	Caucho, silicona y látex.
Bolsas de sangre para casos especiales.	Proveedor con prototipo de EE.UU.
Embalaje.	Prácticamente todo libre de PVC. Envases de pastillas/cápsulas de PP.

PE-Polietileno, PP-Polipropileno, EVA-Etil Vinil Acetato, PSU-Polisulfón, PCCE-Policiohexan-dimetiliciohexan-dicarboxilato elastómero, PC-Policarbonato, ABS-Acrilonitrilo Butadieno Estireno, PA-Poliamidas.

2.3 TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL MANEJO DE LOS RPBI'S.

Los RPBI's no necesariamente deben ser incinerados para quitarles su calidad de peligrosos. Actualmente existen tecnologías alternativas de tratamiento, las cuales se pueden separar en tres categorías básicas (Manahan, 1990).

- 1) Técnicas químicas.
- 2) Técnicas de altas temperaturas.
- 3) Técnicas de bajas temperaturas (autoclave o microondas).

Las técnicas alternativas antes mencionadas no son seguras completamente, se recomienda que se combinen con las llamadas tecnologías suaves que se mencionan a continuación.

Segregación. La segregación consiste en separar los residuos en contenedores adecuados, siguiendo medidas de seguridad apropiadas para su respectivo tratamiento y disposición. Cuando la segregación se lleva a cabo adecuadamente, un hospital podrá disponer de manera segura más del 90% de sus residuos como residuos sólidos municipales. En particular, si las agujas y objetos punzocortantes se segregan adecuadamente, la mayoría de los riesgos de los residuos potencialmente infecciosos generados por servicios de salud se podrán manejar de manera segura y efectiva.

Reducción. La reducción es una técnica que implica el análisis de los materiales que se adquieren para usarse en determinado hospital o clínica, y la identificación de los empaques y artículos que pueden ser eliminados. Entre otros casos, la reducción involucra un análisis cuidadoso de productos desechables que podrían reemplazarse por otros productos reutilizables.

Sustitución. La sustitución consiste en el reemplazo del uso de materiales particularmente peligrosos, que necesitan un manejo especial y que originan un riesgo específico a los trabajadores y a las comunidades, por materiales menos peligrosos; por ejemplo, sustituir tecnologías de diagnóstico basadas en el mercurio, por tecnologías sin mercurio.

2.4 ESTERILIZACIÓN POR MEDIO DE VAPOR.

La esterilización es un proceso que consiste en la destrucción de todos los microorganismos contenidos en un medio cualquiera, mediante agentes físicos o químicos. Los microorganismos se destruyen cuando se desnaturalizan sus proteínas. Tanto el ADN como el ARN son vitales para las células, si se modifican sus estructuras entonces se pierde la información genética y la célula muere. El aire caliente a una determinada temperatura desnaturaliza las proteínas y por lo tanto modifica al ADN y al ARN (Manahan, 1990).

En los esterilizadores de aire caliente, la transferencia de calor se realiza principalmente por los mecanismos de radiación y conducción. En la esterilización con vapor, el fenómeno físico esterilizante es la liberación de calor latente de condensación.

El vapor saturado, al entrar en contacto con el material a esterilizar, sufre un cambio de fase de vapor a líquido con la consecuente liberación del calor latente, que es proporcional a la diferencia de entalpía entre las fases de vapor y líquido. El vapor saturado garantiza la mayor cantidad de liberación de calor latente, ya que, si el esterilizador trabajara con vapor sobrecalentado, no habría garantía de que el cambio de fase ocurriera.

De acuerdo con las instrucciones de operación del fabricante en los esterilizadores que generen su propio vapor, siempre existirá vapor saturado. El estado de vapor dentro de la cámara del esterilizador se regula por medio del control electrónico, y los reguladores de presión cumplen la función de que el recipiente a presión no falle mecánicamente.

Se usará una caldera y reguladores de presión en la tubería de alimentación de vapor que va dentro de la cámara del esterilizador para mantener siempre vapor saturado. Para controlar el estado de vapor, se usan sensores de temperatura en la camisa del equipo. El esterilizador puede trabajar a temperaturas diferentes; si el operario elige una temperatura de esterilización de 132°C, la camisa del esterilizador deberá poseer 2°C más; es decir, 134°C.

La camisa siempre se encontrará a mayor presión que la cámara del equipo. Mediante el control electrónico y los sensores de presión y de temperatura ubicados en la cámara del

esterilizador, se hace abrir o cerrar la válvula solenoide de entrada de vapor a la cámara y así se controla la saturación del vapor. Además, la válvula termostática constantemente libera el condensado.

Para una medición más realista de la temperatura en la cámara y en la camisa, se hace fluir vapor de forma constante por los sensores de temperatura. Para lograrlo se coloca una válvula de control de flujo que se abre de un cuarto a media vuelta.

Esta tecnología consta de una trituradora a elevadas temperaturas y una unidad de esterilización. En la trituradora, los líquidos orgánicos se evaporan y los sólidos pasan a través del vapor a temperaturas elevadas (entre 500°C y 700°C). En una hora, los residuos médicos se funden en una masa estéril, que posteriormente se enfría y se recoge en un contenedor o bien se fragmenta en una trituradora. El proceso puede reducir el volumen original de los RPBI's de un 50% a un 80%.

2.4.1 FACTORES A CONSIDERAR EN EL TRATAMIENTO DE RPBI'S POR ESTERILIZACIÓN.

Los factores principales que deben considerarse cuando los RPBI's se tratan mediante la esterilización de vapor son (CEPIS, 2002):

1. El tipo de residuos.
2. Los empaques y recipientes.
3. La carga de los residuos.

2.4.2 TIPOS DE RESIDUOS.

La esterilización por vapor puede aplicarse a los RPBI's de baja densidad (como materiales plásticos). Los residuos de alta densidad (como grandes partes de cuerpo y cantidades grandes de material animal o fluidos) dificultan la penetración del vapor y requieren de un tiempo más largo de esterilización. Cuando se genera una gran cantidad de residuos de alta densidad, se recomienda considerar métodos de tratamiento alternativos como la incineración o el uso previo de trituradores.

2.4.3 EMPAQUES Y RECIPIENTE.

Cuando los RPBI's se tratan mediante esterilización con vapor se deben usar recipientes que permitan la penetración del vapor sin derretirse. Cuando los envases utilizados para contener RPBI's no respondan a estas características, se procede de la manera siguiente:

1. Si utilizan contenedores lábiles (que se derriten con el calor); es recomendable colocarlos dentro de otro recipiente (plástico rígido o bolsas resistentes al calor) para evitar ensuciar o dañar las paredes de la autoclave y facilitar la extracción de los residuos tratados.
2. En el caso de envases de plástico (por ejemplo polietileno) que si son resistentes al calor pero impiden la penetración del vapor, es necesario operar previamente el destape de los mismos para que el proceso de esterilización sea efectivo.

2.4.4 CARGA.

Considerando que resulta difícil alcanzar la temperatura de esterilización con cantidades grandes de carga de RPBI's, se recomienda dividir ésta en dos cargas pequeñas para que el tratamiento sea más efectivo.

2.4.5 MÉTODOS FÍSICOS DE ESTERILIZACIÓN.

Existen dos métodos físicos de esterilización: uno a base de temperatura alta y otro a temperatura baja (EPA, 1992).

- 1. Esterilización a baja temperatura.** El frío paraliza el crecimiento de microorganismos pero no los destruye. Para que este tratamiento sea efectivo se deberá de alternar con un incremento rápido de temperatura; esto es, aumento de 30°C en un segundo para destruir el 90% de viabilidad.

2. Esterilización a alta temperatura. El calor húmedo con vapor seco coagula u oxida las proteínas, respectivamente. Normalmente, todos los microorganismos y esporas son más sensibles al calor húmedo que al seco. Las esporas tienen elevados índices de resistencia al calor, por lo que necesitan temperaturas mayores a 100°C para destruirlas. A esta temperatura (con calor húmedo), las esporas de *Clostridium Perfringens* y *Bacillus Anthracis* se destruyen en cinco y diez minutos, respectivamente; mientras que las esporas de *Bacillus Subtilis* necesitan de dos horas de calor húmedo para destruirlas. En calor seco, para destruir las esporas de *Bacillus Anthracis* se deben alcanzar los 150°C durante tres a cuatro horas.

Tabla 2.4 Ventajas y desventajas del tratamiento de los RPBI's por esterilización.

Ventajas	Desventajas
a) Económico, bajo costo de inversión y operación.	a) La eficiencia depende de la operación del equipo.
b) No genera emisiones a la atmósfera, efluentes, ni residuos peligrosos.	b) Ciertos envases impiden la penetración del vapor.
c) El proceso puede reducir el volumen original de residuos hospitalarios de un 50% a un 80%.	c) No puede utilizarse para residuos patológicos o citotóxicos.
	d) Los residuos no quedan totalmente irreconocibles.

2.4.6 AUTOCLAVE.

La esterilización con vapor tiene un principio de funcionamiento parecido al de una olla de presión. La esterilización en autoclave de los RPBI's es un proceso que se utiliza en cámaras cerradas, mediante inyección de vapor, donde los residuos son expuestos a altas temperaturas (entre 120°C y 1,650°C) y a altas presiones, durante periodos de 30 a 90 minutos, lo que permite la destrucción de bacterias y microorganismos patógenos. Con este tratamiento que se usa comúnmente, los residuos se reducen en un 75% de su volumen y pueden depositarse directamente en un vertedero municipal o compactarse. Las autoclaves son más fáciles de usar que los incineradores y están comercialmente disponibles en distintos tamaños, desde muy pequeños hasta unidades industriales (Greenpeace, 2001).

En 1996, el Centro para la Biología de Sistemas Naturales en Nueva York realizó un estudio comparativo de los costos operativos anuales de los incineradores de hospitales y

de las autoclaves, en la región de Los Grandes Lagos de Norte América, y se llegó a la conclusión de que los costos de operación y de control de emisiones son menores para un sistema de autoclave que para un incinerador.

2.4.7 TIPOS DE AUTOCLAVES.

La autoclave como técnica de tratamiento de los residuos es capaz de eliminar a todos los hongos conocidos, destruyendo también los tipos de microorganismos y esporas más resistentes a la esterilización (EPA, 1992).

En la autoclave se pueden esterilizar todo tipo de productos, equipos y residuos; sin embargo, se debe tomar en cuenta que las altas temperaturas, presión y humedad provocan un rápido deterioro de los materiales de los equipos que se tratan por este método, reduciendo el tiempo de funcionamiento de los materiales o equipos reutilizables.

Según la cantidad y el tipo de producto a tratar, existen tres tipos de autoclaves (Monge, 1997).

- 1) **Autoclave de desplazamiento por gravedad;** alcanza temperaturas de 121°C y presiones de 1.1 a 1.2 atmósferas.
- 2) **Autoclave de prevacio;** alcanza temperaturas de 132°C y presiones de 1.84 a 2.18 atmósferas.
- 3) **Autoclave de retorta;** alcanza temperaturas superiores a los 204°C y presión de vapor superior a las 20.4 atmósferas.

Comúnmente se aceptan temperaturas de 121°C, con un tiempo de residencia de media hora o más, dependiendo de la cantidad de los residuos. Los costos actuales de inversión varían de \$50,000 a \$200,000 pesos, con capacidad de 20 litros a 8 m³ y temperaturas de 120°C a 160°C. El costo de operación de una autoclave de 50 ton/año es de \$4,260 pesos por tonelada (Monge, 1997).

2.4.8 PROCEDIMIENTO PARA TRATAR LOS RPBI'S EN AUTOCLAVE.

El tratamiento de los RPBI's en autoclave consta de las etapas siguientes:

- 1) **Carga.** La carga de los RPBI's se realiza por la parte superior de la autoclave.
- 2) **Trituración.** La trituración comienza tan pronto como la tapa superior se cierra. Cuenta con un molino triturador que está diseñado para romper, incluso, instrumental quirúrgico de acero inoxidable (aunque ello no sea recomendable sistemáticamente) y no se atascará debido al plástico fundido. El brazo instalado en la tolva superior realiza un movimiento continuando hacia delante y hacia atrás para asegurar que todo el residuo se introduzca en el triturador.
- 3) **Calentamiento.** Éste se realiza por vapor que eleva la temperatura en tres minutos a 138°C y la presión hasta 3.7 atmósferas. La temperatura es controlada por un termómetro situado en el centro de la cámara inferior. La temperatura y la presión son las mismas para la tolva, el triturador y la cámara de esterilización.
- 4) **Esterilización.** La esterilización de los residuos se alcanza manteniendo la temperatura y la presión a 138°C y a 3.7 atmósferas, respectivamente, durante 10 minutos. Las condiciones de esterilización se mantienen hasta que la puerta inferior se abre.
- 5) **Enfriamiento de los residuos.** Éste se logra por circulación de agua fría a través de la camisa exterior del equipo. La presión disminuye simultáneamente hasta alcanzar la presión ambiente.
- 6) **Drenado de agua.** El agua de enfriamiento y de condensación de vapor se drena. Se crea vacío antes de la apertura del equipo para evacuar el vapor procedente del residuo esterilizado.
- 7) **Descarga del residuo esterilizado y triturado.** Se le da un tiempo de seguridad antes de la descarga, durante el cual se verifica que todas las condiciones se cumplan para permitir la apertura del sistema.

El resultado final consiste en material estéril que puede ser depositado en el relleno sanitario. El volumen original disminuye en un 80%. El proceso es seguro, limpio (no hay emisiones de humo) y su costo es menor que el de otras alternativas de tratamiento (Germed, 1996).

2.4.9 INDICADORES BIOLÓGICOS COMO TESTIGOS DE ESTERILIZACIÓN.

Los residuos no anatómicos y punzocortantes generados en San Luis Potosí se someterán a esterilización en autoclave, a temperaturas de vapor de 132°C, durante

periodos mínimos de 33 minutos. Para asegurarse de una buena esterilización, se utilizan indicadores biológicos como testigos de la esterilización. Se puede usar también un testigo adicional que es un integrador químico llamado Termalog, el cual registra el tiempo y la temperatura de la esterilización.

Tabla 2.5 Ventajas y desventajas del tratamiento de los RPBI's por autoclave.

Ventajas	Desventajas
a) Reducción de los residuos en un 75% de su volumen original.	a) No se pueden tratar todo tipo de residuos hospitalarios.
b) Los residuos tratados pueden depositarse directamente en rellenos sanitarios o compactarse.	b) La alimentación es manual; el recipiente se llena y cierra manualmente. A través de una chaqueta se le aplica vapor saturado o agua hirviendo para alcanzar los parámetros siguientes: P= 150 Lb/Pig ² T= 170°C t= 10 minutos
c) Las autoclaves son más fáciles de usar que otros equipos de tratamiento.	c) Mayor tiempo en controles operacionales. Los residuos se comprimen y se enfrían con agua a través de una chaqueta de tres a cinco minutos.
d) El empleo de autoclaves es más económico que el de esterilizadores o incineradores.	

La forma en que se utilizan los testigos es introduciendo algunos de éstos en el centro geométrico de los carros usados para introducir los residuos de la autoclave. El centro geométrico donde se depositan los testigos es el punto más frío del carro y posteriormente se analizan para verificar que las esporas no queden vivas. Se pueden usar también testigos termosensibles, los cuales cambian de color al llegar a la temperatura indicada. Para asegurarse de la desactivación de todo microorganismo y de la esterilización de los residuos, lo más confiable es usar los dos testigos a la vez.

A fin de garantizar el servicio y contar con mediciones y monitores de las muestras de los RPBI's esterilizados, se debe realizar periódicamente un análisis CRETIB, por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

2.5 TRATAMIENTO POR MICROONDAS.

El tratamiento de los RPBI's por microondas consiste en un calentamiento dieléctrico donde, a través de una carga no conductora entre dos electrodos, se aplica voltaje de alta frecuencia. Las dos frecuencias predominantes son 915 Mhz y 2,450 Mhz con una longitud de onda de 12.24 cm (Sunyer, 1994).

El tratamiento inicia con la trituración de los RPBI's y la inyección de vapor de agua a éstos para asegurar la absorción uniforme del calor durante el tratamiento. Mediante un mecanismo, los residuos son impulsados al interior de una cámara en donde se exponen a las microondas.

En la cámara, las vibraciones electromagnéticas mueven a gran velocidad a las moléculas de agua presentes en los residuos. La fricción que se origina entre ellas genera un calor intenso. El proceso no es apropiado para grandes cantidades de residuos (más de 800 a 1,000 kg/día), ni tampoco para residuos patológicos. Existe también el riesgo de producir emisiones de aerosoles que pueden contener compuestos orgánicos peligrosos.

Los sistemas de desinfección por microondas están constituidos por hornos pequeños, y son muy utilizados para el tratamiento local de los residuos de laboratorios. Su funcionamiento es similar al de los hornos de microondas de uso doméstico.

En este tipo de hornos nunca hay que colocar objetos metálicos, ya que las microondas (al incidir en el metal) generan descargas eléctricas entre éstos y las paredes del horno. Por consiguiente, los objetos punzocortantes no deben de tratarse con este sistema.

La desinfección por microondas trata residuos hospitalarios con calor húmedo, a una temperatura que va de 95°C a 100°C durante 30 minutos. Los equipos pueden instalarse dentro o fuera de las unidades estacionarias o móviles. Al término del tratamiento, los residuos se pueden depositar en rellenos sanitarios.

El costo aproximado para un equipo de tratamiento por microondas de 250 kilogramos de RPBI's por hora es de \$500,000 pesos.

2.6 DESINFECCIÓN POR IRRADIACIÓN.

El tratamiento de los RPBI's por irradiación consiste en destruir los agentes patógenos presentes en los residuos mediante su exposición a radiaciones ionizantes. La radiación ionizante actúa interrumpiendo los procesos que conducen a la descomposición de las sustancias orgánicas. Su función es matar las bacterias, rompiendo las cadenas del material genético del núcleo, de manera que la división de las bacterias no tenga lugar. A su vez, las levaduras y hongos son destruidos, y los parásitos, insectos o sus huevos y larvas son inactivados o vuelven estériles.

Tabla 2.6 Ventajas y desventajas del tratamiento de RPBI's por microondas.

Ventajas	Desventajas
a) Bajo consumo de energía eléctrica, aproximadamente 270 KW/h.	a) Riesgo de liberar material tóxico volátil durante el tratamiento.
b) Alto grado de efectividad.	b) Con frecuencia, la molienda está sujeta a fallas mecánicas y/o averías.
	c) La operación del equipo tiene que ser realizada por personal capacitado.
	d) No todos los cuerpos de parásitos y bacterias esporuladas son destruidos.
	e) El producto final tiene un volumen igual o menor al 80% del volumen original.
	f) El costo de instalación es superior al de la autoclave.
	g) No es recomendable para tratar más de 800 a 1,000 kilogramos por día de residuos.
	h) No es apropiado para los residuos punzocortantes, ni para los residuos que contengan componentes de metal.

El 60% del material médico desechable que se utiliza en el mundo es esterilizado con energía ionizante. Entre los elementos procesados se incluyen materiales desechables de uso quirúrgico, tales como instrumental, guantes, jeringas, gasas y suturas (Freije, 2000).

Los iones más utilizados para la irradiación son el Cobalto 60 y los filamentos de Tungsteno a una temperatura de 2,500°C. La molienda o desfibración preliminar se realiza para mejorar la eficiencia del proceso. Los materiales laminares y granulares se desecan en un horno continuo, seguido por lámparas de infrarrojo que forman un túnel donde los residuos son expuestos para su desinfección.

La irradiación es un proceso de alta tecnología que debe operarse con grandes precauciones y necesita estructuras físicas adecuadas, por lo que no es muy recomendable, sobre todo en situaciones en las cuales no haya técnicos disponibles o bien capacitados, o en donde los repuestos y accesorios no sean fáciles de obtener.

Los riesgos que se enfrentan en la utilización de sustancias radioactivas son: daños al patrimonio genético, a la médula ósea, a las células de sangre y a la piel (enfermedades neoplásicas), entre otros (Freijo, 2000).

Tabla 2.7 Ventajas y desventajas del tratamiento de los RPBI's por irradiación.

Ventajas	Desventajas
a) Alto grado de efectividad.	a) Requiere de máxima seguridad ante el peligro de las radiaciones.
b) Proceso limpio y contaminación mínima.	b) Tecnologías complejas y alto costo de mantenimiento.
c) Evita formación de organoclorados.	c) Requiere personal de operación altamente capacitado y estructuras físicas adecuadas.
d) Menos costosa que la desinfección química o térmica.	d) Las fuentes de irradiación se convierten en residuos peligrosos al terminar su vida útil.
e) Constituye una alternativa confiable e inocua a la utilización de productos químicos.	

2.7 TRATAMIENTO POR PLASMA.

Un plasma es un gas ionizado formado por electrones, iones y especies neutras. No obstante que es un gas, en condiciones normales no es conductor de electricidad; en presencia de iones y electrones libres se comporta como tal, ya que las cargas eléctricas proporcionan un incremento en la conductividad eléctrica del gas (Garfias, 1996).

Ante la problemática de los residuos peligrosos, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) inició estudios y desarrolló tecnologías para tratar residuos peligrosos entre los que se encuentra la tecnología del plasma térmico. El plasma térmico se usa como una fuente concentrada de calor para romper los enlaces de las moléculas de los constituyentes de los residuos peligrosos, y da como resultado una mezcla de partículas constitutivas, que al enfriarse se recombinan para formar gases permanentes y sólidos semivitrificados. Este tratamiento debe adaptarse según los tipos de RPBI's.

El plasma térmico se caracteriza en particular por una densidad energética alta ($1,013 \text{ eV}$ a $1,016 \text{ cm}^{-3}$) y bajas energías de los electrones (del orden de 1 eV a 2eV). Todo esto hace que la temperatura en la periferia del plasma sea superior a $4,000^\circ\text{C}$ y llegue a alcanzar hasta $20,000^\circ\text{C}$ en el núcleo.

El cañón del plasma utilizado consiste en un cátodo y un ánodo concéntricos por donde el gas plasmágeno fluye. La energía de excitación necesaria para la ionización de las moléculas del gas se obtiene por medio de un generador de corriente continua que produce un arco entre los electrodos.

Básicamente, el plasma se genera por un arco eléctrico que ocurre en la superficie del cátodo, donde los electrones son fuertemente acelerados bajo efecto del campo eléctrico que existe entre los dos electrodos. En virtud de los elevadores de niveles de temperatura del plasma y de la intensidad del bombardeo iónico y electrónico, la refrigeración del ánodo y del cátodo es indispensable. El gas plasmágeno a presión atraviesa el arco y forma un dardo de plasma que sale por un hueco del ánodo de diámetro reducido. De ahí se produce una concentración de muy alta energía en un volumen limitado que se utiliza para degradar los residuos peligrosos (Garfias, 1996).

2.7.1 OBSERVACIONES DEL MÉTODO.

Algunas observaciones a resaltar de este método son las siguientes:

- 1) Es un tratamiento donde la electricidad se convierte en calor.
- 2) El plasma contiene electrones y especies ionizadas que proporcionan radicales libres y se utilizan como fuente de luz.
- 3) El plasma funciona mediante un calentador de arco que tiene dos electrodos, y a través de un inyector de gas tangencial se introduce un flujo de aire entre electrodos para producir la flama plasma³.

Con respecto a la degradación del nylon (principal material de los RPBI's) se concluye que, debido a que los mecanismos de degradación térmica a bajas temperaturas (700°C ,

³ La flama plasma se usa como fuente concentrada de calor para romper las moléculas de los constituyentes de los residuos peligrosos. El gas plasmágeno (normalmente Argón) pasa a través de los electrodos para dar la energía que produce un arco eléctrico, el cual formará la "flama plasma".

aproximadamente), se genera una despolimerización en cadena y la descomposición aleatoria. Los resultados muestran que se presentan compuestos tóxicos de masa atómica alta. Así se llega a un proceso de degradación adecuada, introduciendo aire comprimido para evitar la formación de cenizas y de CO, controlando el paso de enfriamiento eficaz (ya que éste es el responsable de la recombinación de las especies) y evitando la formación de hidrocarburos ligeros (Garfias, 1996).

La farmacología de Estados Unidos recomienda el uso de indicadores biológicos para determinar la eficacia de la esterilización con vapor, tratamiento con microondas e irradiaciones.

La eficacia de la incineración se establece con el uso de protocolos de pruebas. En cuanto se refiere a los indicadores biológicos, actualmente se usan esporas de cepas resistentes de especies bacteriológicas particulares, con el objeto de probar cada proceso específico de tratamiento.

Existen otros indicadores que alertan simplemente si no se ha logrado una temperatura suficiente en el proceso. Sin embargo, éstos no garantizan la eficacia de los procesos de desinfección, debido a que cada técnica de tratamiento involucra una combinación de factores. Cumplir con un solo factor no constituye de ninguna manera un indicativo válido de eficacia. La verificación periódica es esencial para comprobar si la desinfección se ha logrado, si el equipo funciona correctamente, y para afinar procedimientos y aplicar medidas correctivas, ahorrando así tiempo, energía y recursos (Germed, 1996).

2.8 TRATAMIENTO DE RPBI'S SEGÚN SU TIPO.

Una vez definido cuáles son los residuos que requieren una forma de eliminación especial (ver párrafo 1.1.1), se deben establecer los métodos de tratamiento que menos daños causen a la comunidad por la contaminación que generan. Cualquier medida, norma o legislación debe apoyarse en la valoración de la ecuación costo beneficio.

2.8.1 TRATAMIENTO PARA SANGRE Y PRODUCTOS SANGUÍNEOS.

Este tipo de RPBI's incluyen restos de sangre humana y residuos de productos sanguíneos tales como suero, plasma y otros compuestos. El tratamiento más adecuado para estos RPBI's es la esterilización con vapor. Luego de la esterilización, la porción líquida puede ser descargada en el desagüe (Ehlers, 1985).

2.8.2 TRATAMIENTO PARA CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS.

Los cultivos y cepas de agentes infecciosos deben manejarse como RPBI's a causa de la alta concentración de microorganismos patógenos que contienen. Estos residuos deben ser esterilizados mediante equipos de vapor directamente en el lugar de generación; es decir, dentro del área de experimentación, a fin de eliminar los riesgos de exposición debido al movimiento de los residuos dentro de la institución y al transporte a una instalación externa de tratamiento y disposición final (Ehlers, 1985).

2.8.3 TRATAMIENTO PARA RESIDUOS PATOLÓGICOS.

El método más adecuado para tratar este tipo de residuos es la incineración. Otra alternativa es canalizar dichos residuos a hornos crematorios de cementerios (Ehlers, 1985).

Muchos hospitales en Estados Unidos, especialmente aquellos que no cuentan con un horno incinerador, emplean rutinariamente los servicios funerarios de cremado y posterior entierro de los residuos patológicos. No es aceptable que partes reconocibles del cuerpo sean dispuestas directamente en un relleno sanitario.

2.8.4 TRATAMIENTO PARA ELEMENTOS PUNZOCORTANTES.

Esta categoría de los RPBI's engloba a las agujas hipodérmicas, jeringas, agujas intravenosas, bisturíes, pipetas desechables, tubos capilares, placas porta-objetos de

microscopios, cubre placas y vidrios rotos. Durante el manipuleo de estos elementos es conveniente tener presente los cuidados siguientes (Ehlers, 1985):

- 1) No doblar las agujas.
- 2) No separar las agujas de las jeringas.
- 3) No intentar recubrirlas con el capuchón.
- 4) Evitar el manoseo del material utilizado y tirarlo inmediatamente después de su uso.

La manera más eficaz de prevenir heridas cuando se manipulan estos elementos es, una vez que éstos son usados, colocarlos directamente en recipientes especiales que los contengan y que protejan contra lastimaduras.

Un tratamiento adecuado para los elementos punzo-cortantes debe transformar las agujas en irreconocibles e inadecuadas para su reutilización. Si se emplea la esterilización con vapor es necesario aún un paso adicional tal como la incineración o la trituración para evitar su reuso, aún cuando no tengan el carácter de infecciosos.

A los elementos punzocortantes que no fueron expuestos a agentes patógenos se recomienda darles el mismo tratamiento descrito en el párrafo anterior.

2.8.5 TRATAMIENTO DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS DESECHADOS.

Esta categoría incluye a los RPBI's tales como vacunas, cultivos atenuados, partidas de producción desechados por controles de calidad, partidas vencidas y partidas anuladas. Otros residuos originados en la elaboración de productos biológicos ya están incluidos en alguna de las otras categorías (Ehlers, 1985).

Los productos biológicos caducos o desechados normalmente son incinerados. La incineración no sólo elimina su potencial infeccioso, sino que además destruye el material y los rótulos y etiquetas de los productos desechados, lo cual es muy importante para el laboratorio que los produce.

Para el tratamiento de los productos biológicos líquidos, la esterilización por calor y la desinfección química son las metodologías apropiadas. Los residuos originados durante la

elaboración de estos productos pueden ser tratados mediante cualquier técnica que sea efectiva.

2.8.6 TRATAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS.

Esta categoría de RPBI's se refiere a equipos y partes de equipos que son desechados debido a que no pueden ser reparados o bien a que son obsoletos. Estos equipos y partes de éstos podrían estar contaminados con agentes infecciosos por salpicaduras, durante su uso, etc., por lo que se deben establecer disposiciones para efectuar su descontaminación previamente a ser desechados. Si el equipo o las partes del equipo no serán usados nuevamente, los tratamientos aplicables podrían ser la incineración o la esterilización con vapor. Para equipos de gran tamaño, la mejor opción es descontaminarlo empleando formaldehído antes de moverlos (Ehlers, 1985).

2.9 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.

Una vez tratados e irreconocibles, los RPBI's se eliminan como residuos no peligrosos, y pueden ser depositados en un relleno sanitario común.

A partir de la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-1995, en México se desarrolló la infraestructura para el tratamiento de los residuos patológicos, ya que dicha norma establece que éstos deben ser incinerados. Con el paso del tiempo muchos equipos de incineración han cerrado por no cumplir con los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental-Incineración de Residuos, Especificaciones de Operación y Límites de Emisión de Contaminantes.

Actualmente, la incineración es uno de los procesos de tratamiento más observados por las asociaciones no gubernamentales, por lo que las empresas que actualmente cuentan con autorización del INE deben cumplir con los parámetros establecidos en la NOM-098-SEMARNAT-2002 (SEMARNAT, 2007).

Se considera que en promedio, el 98% de los residuos generados por los hospitales son residuos sólidos urbanos y sólo el 2% corresponde a los RPBI's. Sin embargo, algunos de los hospitales, clínicas o laboratorios incineran entre el 75% y el 100% de sus residuos con técnicas deficientes, lo que conlleva a la producción de dioxinas, furanos, mercurio, arsénico y plomo; generando además, cenizas tóxicas.

Las figuras 2.1 y 2.2 muestran respectivamente, la tendencia del crecimiento en infraestructura para el tratamiento y el transporte de los RPBI's en México. Conforme las autoridades ambientales requirieron el cumplimiento normativo, algunas empresas no pudieron renovar sus autorizaciones.

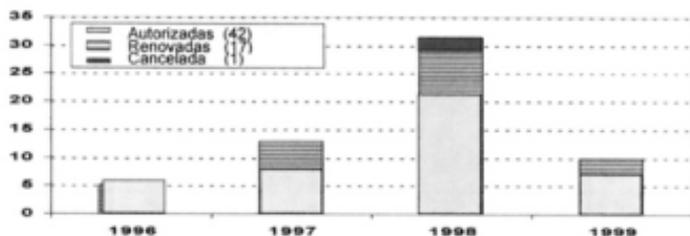


Figura 2.1 Tendencia de crecimiento en infraestructura para el tratamiento de los RPBI's en México (INE, 2002).

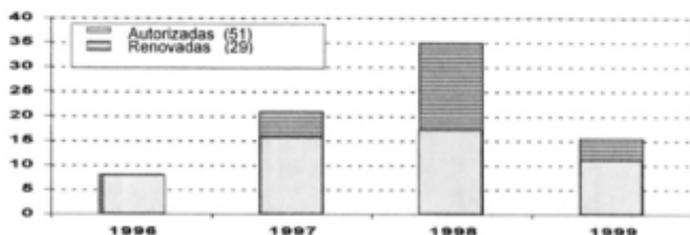


Figura 2.2 Tendencia de crecimiento en infraestructura para el transporte de los RPBI's en México (INE, 2002).

La figura 2.3 indica la infraestructura total autorizada en México y el tipo de tratamiento que se ofrecía (INE, 2002).

Al comparar las figuras 2.3 y 2.4 se observa un decremento en el número de empresas autorizadas para tratar los RPBI's. Esta disminución se debe al hecho de que algunas empresas ya no pudieron dar cumplimiento a todos los requisitos legales aplicables al tipo

de tratamiento que daban a los RPBI's, y se vieron en la necesidad de cerrar sus operaciones.

La figura 2.4 indica las empresas que cuentan actualmente con sus permisos de operación para dar tratamiento a los RPBI's. Se puede observar que la infraestructura existente está mal distribuida en el país; por ejemplo, los Estados de Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Durango, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nayarit, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas no cuentan con instalaciones para el tratamiento de sus RPBI's, por lo que éstos deben ser transportados a plantas autorizadas situadas principalmente en el centro del país, aumentando así el riesgo de una contingencia (SEMARNAT, 2007).

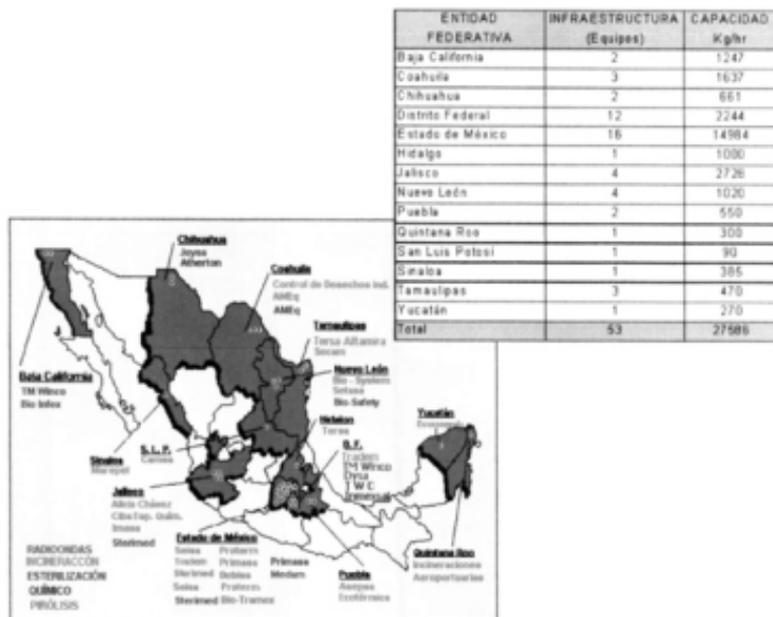


Figura 2.3 Distribución geográfica de las empresas autorizadas para el tratamiento de los RPBI's (SEMARNAT, 2002).

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN SAN LUIS POTOSÍ.

3.1 GENERACIÓN DE RPBI'S EN MÉXICO.

Las instituciones encargadas de la atención a la salud de las personas son de tres tipos: Tipo 1. Instituciones de atención para la población en general, en ésta se cuenta a la Secretaría de Salud y el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia. Tipo 2. Instituciones para la población asegurada, como es el Instituto de Seguridad Social para el Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), el Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS) y otras instituciones de seguridad social como Petróleos Mexicanos (PEMEX) y Hospital Militar de la Secretaría de la Defensa Nacional (SDN). Tipo 3. Instituciones de salud privada (Guerra, 1999).

En América Latina, el promedio de generación de residuos en un hospital varía entre 1.0 y 4.5 kg/cama/día, de los cuales del 10% al 40% son considerados peligrosos (Garfias, 1996).

Se calcula que en México se generan alrededor de 7 millones de toneladas de residuos peligrosos al año, de los cuales el 15% son RPBI's (Garfias, 1996).

De acuerdo a información proporcionada en México por el sector salud se estima que en los hospitales se genera aproximadamente 1.5 kg de residuos por cama en un día, dado que el número de camas censables en el año 2007 era de 127,705 y considerando una ocupación de camas del 100%, se tiene que la generación diaria de residuos fue de 191,553 kg/día. Además de estos residuos se deben de considerar los que se generan en los centros de salud de consulta externa, laboratorios de muestras y análisis clínicos, consultorios particulares, ambulatorios y aquellos establecimientos rurales, por lo que se puede concluir que es un valor que se debe manejar con cierta reserva (SEMARNAT, 2007).

3.2 GENERADORES Y GENERACIÓN DE RPBI'S SEGÚN SEMARNAT.

En el Estado de San Luis Potosí no existe un inventario confiable de la generación de los RPBI's, dado que en su mayoría los micro y pequeños generadores no informan de sus residuos a las autoridades en la materia. Los grandes generadores reportan (a la SEMARNAT) en la Cédula de Operación Anual (COA) su generación y manejo de RPBI's. A partir de esta información, la autoridad estima la generación de RPBI's en el Estado con respecto al número de camas censables de los hospitales, clínicas y sanatorios.

3.2.1 GENERADORES DE RPBI'S EN EL ESTADO INSCRITOS EN SEMARNAT.

En el año 2003, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) contaba con 111 empresas registradas como generadores de los RPBI's en la capital de San Luis Potosí, mientras que en el resto de los municipios del Estado, sumaron 87 generadores registrados entre los que se encuentran: laboratorios de análisis clínicos, veterinarias, hospitales públicos y privados, sanatorios, servicios de asistencia social y servicios odontológicos (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Centros de salud generadores de RPBI's que se registraron ante la SEMARNAT en el periodo 1995-2003.

Año de registro	Centros de Salud registrados	Observaciones
1995	4	1 laboratorio, 1 empresa química y 2 sanatorios.
1996	86	11 laboratorios, 73 hospitales y 2 clínicas.
1997	60	43 laboratorios, 6 hospitales, 2 servicios de asistencia social, 2 sanatorios, 3 veterinarias, 3 clínicas y 1 empresa de giro industrial.
1998	5	1 laboratorio, 1 hospital, 1 empresa de servicio de asistencia social, 1 veterinaria y 1 empresa de giro industrial.
1999	4	1 laboratorio, 2 empresas de giro industrial 1 automotriz.
2000	14	3 laboratorios, 9 hospitales, 1 empresa de servicio de asistencia social y 1 clínica.
2001	9	9 laboratorios.
2002	8	8 laboratorios.
2003	8	5 laboratorios, 1 hospital, 1 sanatorio y 1 veterinaria.
Total	198	

Fuente: SEMARNAT, 2003.

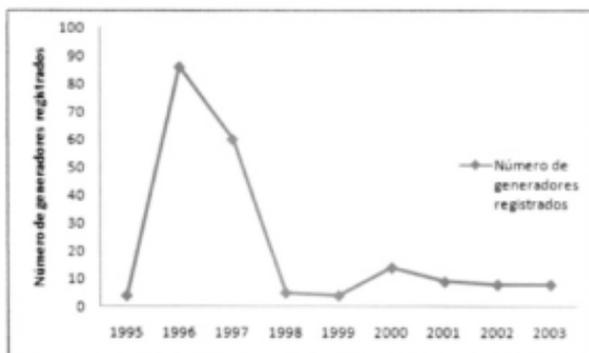


Figura 3.1 Tendencia de los generadores de RPBI's que se registraron ante la SEMARNAT.

El número significativo de generadores de RPBI's que se reportaron ante la SEMARNAT en los años 1996 y 1997 obedece a la entrada en vigor de la NOM-087-SEMARNAT-1995. En ese entonces, los que se registraron fueron básicamente los grandes generadores como unidades médicas y hospitales del IMSS, ISSSTE y la Secretaría de Salud.

Actualmente (2008), la SEMARNAT tiene registradas como generadoras de RPBI's a 274 instituciones entre las que se encuentran (IFAI, 2008):

- a) 117 Grandes y pequeños generadores; hospitales, clínicas y sanatorios que incluyen: SSA, IMSS, ISSSTE, PEMEX, Cruz Roja Mexicana y establecimientos privados.
- b) 81 consultorios de médicos generales y dentistas (incluye consultorios de las farmacias del Dr. Simi en el Estado).
- c) 63 consultorios de análisis clínicos y de especialidades médicas.
- d) 4 veterinarias.
- e) 5 Empresas de la Zona Industrial.
- f) 4 Empresas de servicio.

Del total de generadores de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí, actualmente sólo el 7.23% tiene su registro como generador de estos residuos ante la SEMARNAT.

3.2.2 DATOS REPORTADOS A LA SEMARNAT POR LA EMPRESA QUE RECOLECTA LOS RPBI'S EN EL ESTADO.

La normatividad en materia de RPBI's requiere que estos residuos sean tratados y se les dé disposición final de manera segura para proteger la salud del ser humano y al medio ambiente. Los generadores de RPBI's requieren contar con los servicios de empresas autorizadas en el transporte y manejo de estos residuos.

Hasta el año 2005, la empresa Biocen, S.A. de C.V., fue la única autorizada para la recolección de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí. Esta empresa entregaba los RPBI's a la empresa SteriMed, S.A. de C.V. para su disposición final en alguna de las dos plantas destinadas para estos fines: en Zapopan, Jalisco y en el Estado de México. A partir del año 2006, los RPBI's son recolectados por la empresa PIREBSA ("Planta Incineradora de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos S. A."), la cual transporta los residuos a la ciudad de Celaya, Guanajuato, para su tratamiento y disposición final.

Según su reporte correspondiente al primer semestre del año 2003, la empresa Biocen S.A. de C.V. manifestó a la SEMARNAT que prestó el servicio de recolección, transporte y disposición final a un total de 245 actividades generadoras de RPBI's en el municipio de San Luis Potosí. También reportó a la SEMARNAT que entre los años 2003 y 2005 realizó una recolección mensual promedio en el Estado de San Luis Potosí de entre 60 a 70 toneladas de RPBI's, distribuidas de la manera siguiente: ISSSTE 3,897 kg, IMSS 32,000 kg, SSA 13,000 kg, sector privado 10,000 kg y el resto proviene de clínicas, laboratorios y otras instituciones que reportan sus residuos (Secretaría de Salud, 2003).

3.3 CARACTERIZACIÓN DE RPBI'S SEGÚN SEMARNAT.

La generación de los RPBI's varía dependiendo de los servicios que ofrecen los centros de salud y de la complejidad de los mismos. En la tabla 3.2 se presenta el tipo de residuos que se generaron en el Estado de San Luis Potosí en el periodo de julio de 2002 a junio de 2004.

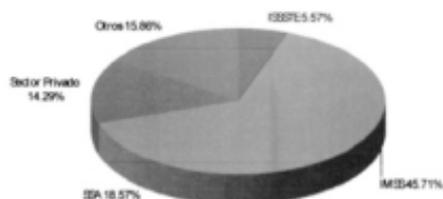


Figura 3.2. Grandes generadores de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí. (Secretaría de Salud, 2003).

Según datos de la tabla 3.2 en la ciudad de San Luis Potosí se generaron un total de 1,081.32 toneladas de RPBI's en el periodo de julio de 2002 a junio de 2004, recolectándose una media de 45.05 toneladas por mes. En los mismos 2 años, en los municipios del interior del Estado se recolectaron de 582.07 toneladas de estos residuos.

Tabla 3.2 Reportes semestrales de la empresa Biocen a la SEMARNAT correspondientes a la recolección de los RPBI's en la ciudad de San Luis Potosí durante el periodo de julio 2002 a junio 2004.

RPBI's generados en la Ciudad de San Luis Potosí.	Jul-Dic 2002 (Ton)	Ene-Jun 2003 (Ton)	Jul-Dic 2003 (Ton)	Ene-Jun 2004 (Ton)
Residuos patológicos.	29,292	41,849	43,551	37,216
Residuos no anatómicos.	164,114	235,960	262,698	230,479
Objetos punzocortantes.	7,723	5,539	12,225	10,675
Total	201,130	283,348	318,475	278,371

Fuente: SEMARNAT 2005.

De acuerdo con lo anterior, de julio de 2002 a junio de 2004 se reportaron 1,663.07 toneladas de RPBI's en todo el Estado; es decir un promedio de 831.5 ton/año y de 69.8 ton/mes de RPBI's. Los principales generadores de estos residuos fueron: del IMSS 45.71%; la SSA 18.57%; del ISSSTE 5.56% y los hospitales privados, 14.28%.

Por otra parte, la COA 2007 que reportó la empresa PIREBSA a la SEMARNAT, indica una recolección promedio 10.41 toneladas/mes de RPBI's, cuyas características se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 3.3 Reporte de la COA 2007 de la empresa PIREBSA a la SEMARNAT

RPBI's generados en la Ciudad de San Luis Potosí.	Ene-Dic 2007 (Toneladas)
Residuos patológicos.	13.085
Sangre	0.885
Residuos no anatómicos.	99.15
Objetos punzocortantes.	10.62
Cultivos y cepas	1.194
Total	124.927

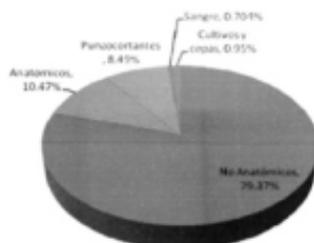


Figura 3.3 Porcentajes de tipos de RPBI's generados en el Estado de San Luis Potosí.

Fuente: COA 2007 de la empresa PIREBSA.

Al comparar la generación promedio anual de RPBI's para el Estado de San Luis Potosí reportada en los años 2002-2004 de 831.5 ton/año y la correspondiente al año 2007 de 124.9 ton/año se pueden hacer los comentarios siguientes:

- 1) Los generadores de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí disponen hoy de infraestructura para dar tratamiento a una buena parte de sus RPBI's. Esta opción es difícil de aceptar debido al hecho de que en el Estado no se cuenta con infraestructura para el tratamiento de estos residuos (Ver figura 2.4)
- 2) La generación de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí ha disminuido drásticamente en los últimos tres años debido a la implementación de programas efectivos de minimización de RPBI's en los sitios de generación.
- 3) Actualmente muchos RPBI's se están disponiendo de manera inadecuada (ya que la SEMARNAT no tiene reporte del manejo de ellos).
- 4) Dado que los reportes de generación de RPBI's durante 4 semestres de 2002 a 2004 muestran cantidades con una tendencia clara de crecimiento, es de esperarse que los datos de generación de RPBI's sean los que están mal.

La validación de alguna(s) de esta(s) observaciones requiere disponer de mayor información acerca de los registros y generación de RPBI's en el Estado de San Luis Potosí.

3.4 CÁLCULO DE GENERACIÓN DE RPBI'S, A PARTIR DE DATOS DE LA SSA Y DE INEGI.

Según datos proporcionados por la Secretaría de Salud, en todo el Estado de San Luis Potosí se tienen registrados 803 clínicas odontológicas y 123 establecimientos de atención a la salud entre clínicas, hospitales y sanatorios (de estos últimos 88 son privados y 35 son públicos). En la capital del Estado se registran 418 consultorios de médicos generales o de especialidades, y en el total de los municipios, éstos suman 446. Finalmente, los laboratorios de análisis químicos suman 348. Así, el total de establecimientos en todo el Estado que generan algún tipo de RPBI's es de 2,138 (Tabla 3.4) (SSA, 2003).

Tabla 3.4 Establecimientos de atención a la salud registrados ante la SSA y/o censados por el INEGI.

Establecimientos Registrados	SSA	INEGI
Consultorios de medicina general y de especialidades	864	
Dentistas	803	
Empresas de la zona industrial ⁴		116
Hospitales privados con cirugía	88	
Hospitales públicos con cirugía	35	
Laboratorios de análisis clínicos	348	
Veterinarias		160
Total	2,138	276

El Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (2004) tiene censados a otros establecimientos generadores de RPBI's que no se incluyen en el padrón de la SSA, estos son: 160 veterinarios y 116 empresas de la zona industrial (Tabla 3.4).

⁴ Industrias que disponen de médico y enfermera para atender a sus empleados en el interior de la empresa, y que cuentan con programas epidemiológicos como vacunación, control natal, aplicación de inyecciones, primeros auxilios, consulta general, etc.

Por otra parte, se obtuvo el número de camas censables de hospitales públicos y privados reportados en el año 2008 ante la SSA (Tabla 3.4).

Tabla 3.5 Camas censables de hospitales públicos y privados según los registros de la SSA y censo de INEGI.

Establecimiento	Total de camas censables (SSA)	Total de camas censables (INEGI)	Total de camas no censables (INEGI)
Hospitales públicos	2,882	1,578	1,608
Hospitales privados	605	52	
Total	3,487	1,630	1,608

INEGI: Información actualizada al 31 de diciembre de 2006. SSA: información actualizada al 2008.

Nota: En este censo no aparece aún el Hospital Lomas debido a que éste se inauguró recientemente. Dicho hospital dispone de 40 camas.

Cama no censable (o de tránsito): Es la cama que se destina a la atención transitoria o provisional, para observación del paciente, iniciar un tratamiento o intensificar la aplicación de procedimientos médico-quirúrgicos. También es denominada cama de tránsito y su característica fundamental es que no genera egresos hospitalarios. Aquí se incluyen las camas de urgencias, la terapia intensiva, de trabajo de parto, corta estancia, camillas, canastillas y cunas de recién nacidos (NOM-040-SSA2-2004).

Tomando los datos de la SSA correspondientes al número total de camas en hospitales del Estado de San Luis Potosí de 3,487 (Tabla 3.5) y considerando la información de la SEMARNAT correspondiente a la media diaria de generación de RPBI's de 1.5 kg/cama/día, se puede estimar una generación aproximada de RPBI's por los grandes generadores en el Estado. Para esto, se considera una ocupación del 100% de las camas del sector público los 365 días al año (debido a su alta demanda), por lo que se tendría una generación de RPBI's de 131.13 ton/mes y 1573.57 ton/año. En el caso de los establecimientos de atención a la salud privados, se considera un promedio anual de ocupación de camas del 80%, en cuyo caso se tendría una generación de 22.02 ton/mes y 264.26 ton/año. De acuerdo con lo anterior, en el Estado de San Luis Potosí, los grandes generadores estarían produciendo un total 153.15 ton/mes y 1837.83 ton/año de RPBI en todo el Estado, sin tomar en cuenta a los pequeños y micro generadores.

3.5 DATOS DE QUE DISPONE LA PROFEPA.

Actualmente, la PROFEPA (Delegación San Luis Potosí) no dispone de información sobre el manejo de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí.

Antes del acuerdo publicado en el D.O.F. del 14 de septiembre de 2005, la PROFEPA era la institución responsable de la inspección y vigilancia de los generadores de los RPBI's. Esta institución programaba visitas a los hospitales y a otros establecimientos de salud que generaban algún tipo de RPBI's; levantaba no conformidades y sancionaba por incumplimiento de la norma. Sin embargo, no se manejaba un censo total de los residuos que se generaban por hospital o por establecimiento y cuántos de estos residuos realmente estaban disponiendo correctamente.

Los acuerdos que se establecieron en las bases de colaboración para la vigilancia de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 publicadas en el D.O.F. el 14 septiembre de 2002, dieron lugar a que la PROFEPA no tenga en su programa de visitas de inspección a las instituciones generadoras de RPBI's. Esta Procuraduría sólo maneja la visita de inspección por queja de la ciudadanía, y considera que la SSA tiene bajo control los RPBI's generados en estas instituciones. En los primeros 10 meses de 2008, la PROFEPA no ha realizado visitas de inspección a los hospitales o instituciones generadoras de RPBI's, y no ha tenido quejas de la ciudadanía. (Fuente inspección y vigilancia de la PROFEPA).

3.6 OBTENCIÓN DE DATOS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RPBI'S EN SAN LUIS POTOSÍ.

Dado que no se cuenta con datos suficientes por parte de las Secretarías de Salud (SSA) y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) o de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), y con el fin de conocer los tipos y cantidades de RPBI's que se generan anualmente en la ciudad de San Luis Potosí, y el manejo que se da a estos residuos, se elaboró una encuesta que se aplicó a los generadores de RPBI's en la ciudad.

3.6.1 APLICACIÓN DE UNA ENCUESTA A GENERADORES DE RPBI'S.

La obtención de la información sobre la generación de los RPBI's en el municipio de San Luis Potosí se basó en la aplicación de encuestas efectuadas en visitas de campo a los centros de salud (Ver Anexo V). La aplicación de la encuesta estuvo a cargo de la responsable de esta investigación, la cual fue apoyada por dos alumnos de la Facultad de Ingeniería prestadores de servicio social, quienes fueron seleccionados y capacitados. Los centros de atención a la salud que fueron encuestados se presentan en la tabla siguiente (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Resultados de encuesta realizada a sitios que generan RPBI's en la Ciudad de San Luis Potosí.

Actividad	No. de encuestas	Máx. generación kg	Min. generación kg
Médicos generales	6	0.500	0.300
Médicos especialistas	10	1.000	0.750
Dentistas	28	7.000	0.100
Empresas de la zona industrial	1	3.000	0.800
Laboratorios de análisis clínicos	15	123.5	2.100
Otros	13	66.000	0.750
Veterinarias	10	4.400	0.850
Total	73	204.00	5.650

Tabla 3.7. Promedio mensual de generación de RPBI's de micro y pequeños generadores de RPBI's.

Tipo de establecimiento	Generación de RPBI's en kg/mes
Consultorios de medicina general y de especialidades	0.85
Dentistas	1.02
Empresas de la zona industrial	0.8
Laboratorios de análisis clínicos	7.3
Laboratorios de Docencia e Investigación	0.18
Otros	1.23
Veterinarias	1.29

Después de compilar los datos obtenidos en las encuestas, ordenar y organizar la información, se calcularon los promedios de generación por tipo de establecimiento (Tabla 3.7). Los valores de generación obtenidos se multiplicaron por el número de

establecimientos correspondientes que están registrados ante la Secretaría de salud (Tabla 3.4).

En estos cálculos no se tomaron en cuenta los establecimientos de atención a la salud que no se encuentran registrados ante la SSA, ni reportan sus residuos a la SEMARNAT. La generación de RPBI's en rastros tampoco fue considerada.

Tabla 3.8 Generación actual (2008) de los centros registradas ante la SSA y que no reportan su generación de RPBI's ante la SEMARNAT. (Resultados obtenidos de las tablas 3.4 y 3.7)

Tipo de establecimientos	kg de RPBI's ímes
Consultorios de medicina general y de especialidades	734.40
Dentistas	819.06
Empresas de la zona industrial	92.80
Laboratorios de análisis clínicos	2,540.40
Veterinarias	206.40
Laboratorios de Docencia e Investigación	----
Otros	----
Total	4,393.06

3.6.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LA ENCUESTA.

Asumiendo la veracidad de las respuestas obtenidas en las encuestas y después de analizada la información de los diferentes centros de atención a la salud, se obtuvieron los resultados siguientes.

- 1) El 0% de los establecimientos de médicos generales encuestados cuentan con registro ante la SEMARNAT y el 33% de los encuestados conocen la norma aplicable a los RPBI's.
- 2) El 10% de los médicos especialistas encuestados están registrados ante la SEMARNAT como generadores de RPBI's y este mismo porcentaje conoce la norma aplicable a estos residuos.
- 3) El 0% de las clínicas veterinarias encuestadas cuentan con registros ante la SEMARNAT y el 0% de éstas conoce la norma aplicable a los RPBI's.
- 4) El 45% de los establecimientos encuestados que realizan análisis clínicos encuestados están dados de alta ante la SEMARNAT como generadores de RPBI's.

- El 50% de este tipo de establecimientos mostraron evidencias de conocer la norma aplicable para los RPBI's.
- 5) Hay laboratorios de análisis clínicos que generan más de 20 kg/mes de RPBI's pero no están dados de alta como generadores ante la SEMARNAT. Estos laboratorios normalmente sí dan disposición adecuada a los RPBI's por medio de una empresa recolectora autorizada.
 - 6) Algunos de los laboratorios de análisis clínicos que generan menos de 20 kg/mes, dan un tratamiento *in situ* a sus residuos por medio de esterilización o desinfección química con formol para el caso de sus residuos patológicos, y utilizan alcohol y xileno o rayos infrarrojos para los RPBI's no anatómicos. En el caso de las jeringas, estos laboratorios cementan o incineran las agujas para desecharlas como "basura general" al tiradero municipal.
 - 7) El 4% de los establecimientos de dentistas encuestados están dados de alta ante la SEMARNAT y el 7% de éstos conoce la norma aplicable para los RPBI's. El 7% de los dentistas contestaron que se guían por la NOM-013-SSA-1994 para la prevención y control de enfermedades bucales.
 - 8) Los micro y pequeños generadores no reportan su manejo de RPBI's ante la SEMARNAT y sólo el 1% lleva una bitácora de control de sus residuos. De esta clasificación, los laboratorios de análisis clínicos y los dentistas son los que generan más RPBI's, entre los que se encuentran de cultivos y cepas, sangre, algodones con sangre, punzocortantes, no anatómicos, muestras de orina y excremento contaminados con biológicos. Los microgeneradores que menos cantidad de RPBI's producen son los médicos generales y los médicos especialistas.
 - 9) Los tratamientos que los micro y pequeños generadores dan en ocasiones a sus RPBI's son la desinfección química, la esterilización (por medio de un esterilizador o autoclave) y la incineración de los residuos en general o sólo de agujas.
 - 10) La disposición final de los RPBI's de los micro y pequeños generadores se da mezclando estos residuos con otros de tipo urbano en su mayoría sin tratamiento previo de los residuos. Los residuos son recolectados por el servicio de limpia de Ayuntamiento y son llevados al tiradero municipal.
 - 11) El 100% de las empresas de la zona industrial encuestadas están registradas ante la SEMARNAT, y el 100% conoce la norma aplicable a los RPBI's.

- 12) En las escuelas de medicina, enfermería, estomatología no se contempla en su Plan de Estudios los RPBI's por lo que cuando ellos ejercen su profesión, sea como practicantes o profesionistas, no conocen el manejo que deben dar a los RPBI's⁵.
- 13) El 30% de los establecimientos encuestados en la categoría de "Otros", están dados de alta ante la SEMARNAT y sólo el 10% de ellos mostró conocer la norma aplicable a los RPBI's. Entre estos establecimientos se encuentran laboratorios de escuelas, que generan cultivos y cepas, Banco de Sangre, hemodiálisis, laboratorio de anatomía y patología.

3.6.3 GENERACIÓN DE RPBI'S EN LOS RASTROS.

Otros establecimientos de competencia de la SSA a través de la vigilancia de la COFEPRIS⁶ son los rastros; sin embargo, éstos no aparecen dentro de su padrón de establecimientos. Actualmente la Dirección de Protección Contra Riesgos Sanitarios, tiene registrados en todo el Estado de San Luis Potosí, 40 Centros de Sacrificio, 10 de ellos particulares y 30 municipales, y en todos se lleva cabo el programa de Vigilancia Sanitaria, donde el Estado tiene la responsabilidad de verificar, dictaminar y notificar el ordenamiento conducente, para el cumplimiento de anomalías detectadas (Dirección de Protección Contra Riesgos Sanitarios, Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2008).

Como ejemplo, a continuación se presentan los datos correspondientes a "El Rastro Municipal en la ciudad de San Luis Potosí" (datos proporcionados por el QFB Ramón Humberto Ruelas de la Mora, responsable de Seguridad e Higiene del Rastro Municipal).

En este establecimiento no se comercializa la carne, ya que sólo se ofrece el servicio de sacrificio, lavado de vísceras y control sanitario para los productores de carne del Estado. Los productores de carne pueden comercializar no sólo la carne del animal sino también los subproductos, los cuales pueden variar dependiendo de la especie; por ejemplo, de la res se comercializa el 98% del total de sus constituyentes.

⁵ En el Anexo II se presenta "Información sobre la consideración del tema del Manejo de RPBI's en los Programas Académicos de las carreras de Medicina, Estomatología y Enfermería impartidas en la UASLP".

⁶ La COFEPRIS es la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios.

Los residuos generados en este centro son de varios tipos:

1. Esquimos o menudencias que corresponden, en promedio, al 35% del total del peso de un animal en pie.
2. Despojos, corresponden a los desechos orgánicos.
3. Sangre generada del sacrificio de los animales.
4. Animales enfermos que se desechan después de la inspección sanitaria.

La sangre que se genera durante el sacrificio de animales (aproximadamente 1,100 litros de sangre por día) es colectada por medio de canales y conducida a una cisterna donde se pasa a una planta tratadora con un proceso físico-químico de floculación, sedimentación y desinfección; después se dirige hacia el drenaje municipal. Los lodos generados del tratamiento se envían al tiradero municipal.

Los desechos orgánicos o despojos de los animales son recogidos por la empresa Apelsa, la cual se encarga de industrializar estos residuos y produce alimentos para animales carnívoros. Ya que el rastro no cuenta con refrigerador para estos residuos, la empresa Apelsa pasa a diario para recolectarlos, evitando así la descomposición de éstos y la generación de condiciones insalubres en el sitio. En promedio la empresa Apelsa recolecta del rastro 3 toneladas de residuos por semana.

El esquivo o menudencias representan aproximadamente el 35% del peso de un animal en pie y estos residuos en su mayoría son desechados en el tiradero municipal sin tratamiento previo.

Después de sacrificados, de los animales pasan a inspección sanitaria. En caso de que un animal se encuentre enfermo, éste se manda a incinerar en un incinerador propio del Rastro Municipal para evitar enfermedades y contagios.

Las normas con las cuales se rigen para control sanitario son: NOM-009-ZOO-1994 Proceso Sanitario de la Carne y NOM-030-ZOO-1995 Especificaciones y procedimientos para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoonosanitaria.

En cuanto a las normas de SEMARNAT que les aplican NOM-085-SEMARNAT-1994 para emisiones a la atmósfera y la NOM-004-SEMARNAT-2002 para la disposición final de lodos biosólidos el entrevistado dice no conocerlas.

3.7 PROPUESTA DE UNA “PLANTA TRATADORA DE RPBI’S EN SAN LUIS POTOSÍ”.

De acuerdo con los resultados de la generación de RPBI’s en el Estado de San Luis Potosí, y dada la falta de infraestructura para tratarlos en la entidad, se propone la instalación y la operación de una planta tratadora de estos residuos. Los elementos de que constaría esta planta se plantean considerando las características de generación y de manejo identificados en este capítulo.

Las alternativas de tratamiento de los RPBI’s que se proponen en este documento tomaron en cuenta la relación del costo beneficio de cada método de tratamiento, el impacto ambiental de cada actividad, incluyendo los factores sociales, etc.

3.7.1 COMUNICAR EL PROYECTO A LA COMUNIDAD.

Los factores ambientales sociales deberán considerarse antes de instalar una planta tratadora de RPBI’s. La información a la población sobre las características del proyecto, y la participación de la población en la posible mejora de éste serán acciones determinantes en la aceptación y en la viabilidad del proyecto.

La consideración de los factores ambientales de tipo social favorecerá la aprobación de la actividad por parte de la población vecina al sitio del proyecto. Otras ventajas que se obtendrán son:

1. Ahorrar en los costos de construcción.
2. Reducir los gastos posibles de litigio o ejecución.
3. Acelerar el proceso de autorización.
4. Desarrollar confianza en la comunidad.
5. Descubrir soluciones innovadoras a los problemas.

El diálogo con la población involucrada ayudará a desarrollar la comprensión de los temas de interés más importantes, y a facilitar el intercambio de información.

Las instancias de gobierno involucradas con la autorización de sitios para el tratamiento de residuos peligrosos, así como los dueños y operadores de las instalaciones de estos residuos serán responsables de informar a la comunidad de la propuesta del proyecto desde el inicio del proceso de exploración del sitio.

3.7.2 LA PARTICIPACIÓN DE LAS AUTORIDADES.

Antes de instalar la planta para el tratamiento de los RPBI's, se deberá informar del proyecto a las autoridades ambientales, de comercio, de salud, etc., de los ámbitos de gobierno federal, estatal y municipal. El promovente del proyecto puede modificar sus planes en base a las pláticas y acuerdos logrados con las autoridades y con la comunidad. El diálogo y la colaboración del promovente del proyecto con las autoridades y con la comunidad deberán mantenerse constantes hasta lograr con éxito la autorización, construcción y operación de la instalación.

Las autoridades locales (por ejemplo, los departamentos de salud) y el gobierno estatal tendrán papeles críticos en la selección de la ubicación de la Planta Tratadora de RPBI's, ya que son los vigilantes de los recursos del área, los moderadores del diálogo constructivo con la comunidad, y los protectores de la salud de la comunidad. El proyecto de la planta de tratamiento de RPBI's deberá estar de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad y el correspondiente del Estado de San Luis Potosí.

Las dependencias gubernamentales y el promovente de la planta tratadora de RPBI's deberán proporcionar a la sociedad información técnica basada en el riesgo de la actividad y el impacto ambiental que puede generar. Se hará énfasis en las medidas preventivas y de mitigación que se desarrollarán para hacer compatible la actividad propuesta con el medio ambiente existente.

3.7.3 EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

El desarrollo del proyecto de instalación y operación de una Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí requiere la realización de un estudio de impacto ambiental en la zona de influencia del proyecto (el sitio de instalación y las comunidades vecinas). La Evaluación de Impacto Ambiental considerará los factores ambientales (físicos, bióticos y socio económicos) que pudieran verse afectados por este proyecto.

El estudio de impacto ambiental deberá hacer énfasis en las emisiones al aire de partículas y gases que pueden ocasionar impacto en el medio al depositarse en casas, automóviles, plantas y suelo; la generación de olores, ruido y el deterioro de la vista del paisaje.

El estudio de impacto ambiental deberá tomar en cuenta la susceptibilidad de las personas expuestas a determinadas concentraciones de contaminantes en el área de la instalación de la planta tratadora de RPBI's. La identificación de las personas susceptibles que demuestran un efecto adverso a sustancias tóxicas en dosis más bajas, o que demuestran efectos adversos más severos o con más frecuencia, después de la exposición que la persona promedio.

Antes de elegir un sitio, será importante considerar la condición existente de las comunidades. Aquéllas con datos que indican incidentes relativamente altos de enfermedades no comunicables (por ejemplo: asma, cáncer, mortalidad infantil, bajo peso de nacimiento, o defectos de nacimiento) pueden tener repercusiones sobre el impacto de una instalación de una planta de residuos peligrosos en un futuro. Las comunidades cuyos datos actuales sobre exposiciones acumulativas, riesgos e índices de enfermedades no son completos están en la misma situación (EPA, 2003).

3.7.4 EQUIPO DE QUE CONSTARÁ LA PLANTA TRATADORA DE RPBI'S.

Después de haber evaluado técnicamente el sitio y llegado a acuerdos con la comunidad, se procede a adquirir la maquinaria y el equipo para que el tratamiento de los RPBI's sea el más indicado para cada tipo de residuo.

La planta tratadora de RPBI's que se propone para el Estado de San Luis Potosí, de acuerdo con las características actuales de generación y de manejo constará de:

- a) Un incinerador para el tratamiento de los residuos patológicos y sangre.
- b) Un esterilizador para los residuos no anatómicos y punzocortantes.
- c) Un triturador de residuos.
- d) Nueve camiones para la recolección de residuos con refrigeración para cubrir las necesidades de recolección en todo el Estado.
- e) Cámaras de refrigeración para almacenamiento temporal de los residuos.

Los equipos Industriales requeridos para la planta tratadora de RPBI's son los siguientes:

1. Un incinerador con capacidad de 7 ton/día.
2. Equipo de esterilización de RPBI's marca MELCO STEEL, modelo 4000 F FV/100.
3. Dos cámaras refrigeradas con capacidad de 24 ton.
4. Hidrolavador de alta presión KARTCHER.
5. Contenedores de 120 litros de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-2000.
6. Contenedores de 240 litros de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-2000.
7. Báscula eléctrica con capacidad de 100 kilos.
8. Una salchicha para gas LP de 5,000 litros.
9. Contenedor para cenizas.

A través de la operación esta planta se pretende disminuir los costos por tratamiento y disposición final de los RPBI's, además de captar todos los residuos que hoy en día tienen una disposición inadecuada. De acuerdo con los resultados de las encuestas, muchos de los RPBI's que se generan en el Estado de San Luis Potosí no son reportados a las autoridades; se incineran sin control, se desechan sin tratamiento a la basura general, se vierten al drenaje, etc. Cuando los RPBI's reciben algún tratamiento, en el mejor de los casos se utiliza la desinfección química o por microondas, la incineración o la sedimentación de las agujas y la esterilización por medio de autoclave.

3.7.5 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RPBI'S A LA PLANTA TRATADORA.

A partir de los datos de generación de RPBI's se realiza el programa de recolección que comprende el diseño de rutas, la definición de la frecuencia de paso, el tipo de vehículo recolector, etc. Se procede a capacitar al personal sobre el manejo adecuado de los

RPBI's y los riesgos asociados. Se lleva a cabo la recolección de RPBI's en las fuentes generadoras, y una vez completadas las rutas, cada vehículo entregará los residuos directamente a la planta tratadora de RPBI's, junto con las bitácoras de recorrido, manifiestos de éstos y toda información de los clientes.

El personal encargado del transporte y la recolección deberá realizar la limpieza de las unidades; para realizar esta acción, se apaga la caja refrigerante, se barre el interior de la caja, las paredes y el piso de ésta se desinfectan con agua y con un germicida. Este procedimiento aplica para cada descarga de RPBI's.

3.7.6 INCINERACIÓN DE RESIDUOS PATOLÓGICOS.

Los residuos patológicos, después de ser recolectados, se almacenarán en un cuarto frío a una temperatura de 4°C, por un lapso no mayor a 25 días. Una vez que se completa la carga de RPBI's, éstos se llevarán al incinerador de doble cámara. La incineración se llevará a cabo conforme a los parámetros de evaluación del sistema siguientes. En el Anexo I se presenta un método de evaluación para el sistema de Incineración.

1. Temperatura en la cámara de combustión primaria.

Por tratarse de un proceso térmico, la temperatura es uno de los parámetros más importantes para garantizar la destrucción eficiente de los residuos. Para la cámara de combustión primaria se recomienda que, en el caso de los residuos hospitalarios, la temperatura mínima sea mayor a 760°C. Asimismo, se sugiere que la temperatura no exceda de 1,000°C, debido a que a partir de este punto, las cenizas pueden fundirse y provocar la incrustación de escorias en el material refractario, ocasionando deterioro en el equipo (Anabell-INE/2004).

2. Temperatura en la cámara de combustión secundaria.

Dependiendo de factores como el tipo de incinerador o de residuo, la cámara de combustión se operará entre 900°C y 1,600°C. La NOM-098-SEMARNAT-2000 señala que aún en las condiciones más desfavorables, los incineradores deben alcanzar una

temperatura mínima de 850°C y que en caso de incinerar compuestos clorados, la temperatura debe elevarse hasta 1,000°C ± 100°C⁷.

Cabe destacar que las aguas residuales de la planta de incineración de RPBI's se generarán en los equipos de lavado de gases o en la limpieza de contenedores, vehículos, derrames, entre otros, y en general se depuran por medio de trenes de tratamiento físico-químico. La NOM-098-SEMARNAT-2000 establece que las aguas residuales deberán ajustarse a los criterios particulares de descarga o a los ordenamientos jurídicos aplicables, que en este caso serían las normas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996.

3.7.7 ESTERILIZACIÓN DE RESIDUOS NO ANATÓMICOS Y PUNZOCORTANTES.

La autoclave propuesta para la planta tratadora de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí es un esterilizador que trabaja con vapor limpio, con capacidad de 1,500 L y opera con dos generadores eléctricos para ahorrar energía eléctrica. Se consideró un esterilizador de pre-vacío con temperatura a 132°C y presión entre 1.84 y 2.18 atmósferas, por un tiempo de residencia de media hora o más, dependiendo de la cantidad del residuo.

La autoclave consta de microprocesador con ciclos de esterilización programados, pantallas de funciones con información alfanumérica desplegada en el idioma deseado, teclado digital para seleccionar los ciclos, programación manual para ciclos especiales, interruptor general, indicadores de presión análogos, alarma visual y auditiva, señalamientos luminosos para fases de ciclo de esterilización, etc.

Las cámaras de presión de la autoclave estarán diseñadas y fabricadas en acero inoxidable, de acuerdo al código ASME para calderas y recipientes sujetos a presión sección VIII, división 1, tal como lo indica la NOM-03-SCFI- 2000 entre otras.

⁷ Estas condiciones son similares a las establecidas por las directivas 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la incineración de residuos. La USEPA sugiere que la temperatura en esta cámara no exceda de 1,200°C para evitar daños en el material refractario del incinerador.

Los residuos esterilizados (en especial los residuos punzocortantes) serán triturados en su totalidad, para después desecharlos al relleno sanitario como residuos no peligrosos, tal como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Para asegurarse de una buena esterilización se utilizarán indicadores biológicos como testigos de la esterilización. Otro testigo adicional que podrá usarse es un integrador químico llamado Termalog, el cual registra el tiempo y la temperatura de la esterilización.

Para la compra del esterilizador se tomará en cuenta la demanda del material requerido, así como el consumo eléctrico por litro para disminuir los costos de operación.

Los contenedores de embalaje de uso temporal son de 37.8 litros y 121 litros.

3.7.8 ALCANCE DEL SERVICIO DE LA PLANTA TRATADORA DE RPBI'S.

La Planta de Tratamiento de los RPBI's podrá dar servicio a todos los generadores de este tipo de residuos en el Estado de San Luis Potosí, incluyendo a aquéllos que no están dados de alta ante la SEMARNAT como generadores de residuos peligrosos (debido a que generan menos de 1 kg/día o menos de 25 kg/mes), y aquéllos que no están registrados ante la SSA.

3.8 COSTO POR DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.

La complejidad de la atención médica da como resultado un aumento progresivo en la tasa de generación de los RPBI's y de los materiales desechables hospitalarios, así como un incremento en el costo por el manejo adecuado de estos residuos. Esta situación trae consigo un mercado cautivo para los generadores, con un gasto considerable para su disposición final, debiendo pagar, además, en el caso de San Luis Potosí, para transportarlos fuera del Estado. Al aumentar los costos por el manejo de los RPBI's, muchos centros de salud pública no cuentan con los recursos suficientes para darles una disposición adecuada.

A manera de ejemplo, se presentan los costos del tratamiento de los RPBI's para el IMSS en el Estado de San Luis Potosí: en el año 1999, de \$2,847,849.40; en el 2000, de \$3,023,085.10; en el 2001, de \$2,856,664.16; en el 2002, de \$2,670,953.00; y para el 2003, de \$ 4,442,221.81 (Datos PROFEPA, 2002).

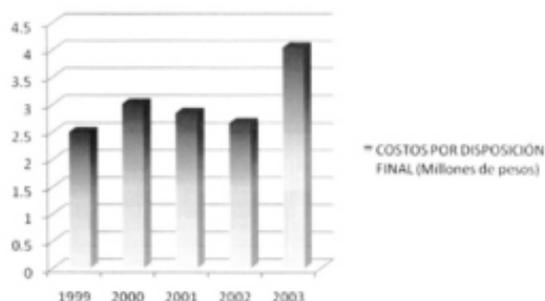


Figura 3.4 Incremento en los costos por disposición final de los RPBI's en los establecimientos del IMSS en el Estado de San Luis Potosí.

Actualmente (2008), los costos que maneja la empresa PIREBSA para la recolección y disposición final de los RPBI's de los grandes generadores es de \$13.99 por kilogramo de residuos.

Para generadores de menos de 10 kg /mes, la tarifa es de \$1,100.00 por viaje de recolección. Para aquellos establecimientos que producen más de 10 kg y hasta 20 kg de RPBI's por mes, el costo de recolección y disposición final por kg de RPBI's es de \$29.00 y se pagará además un costo adicional de \$32.00 por el manejo de cada kilogramo extra de RPBI's.

Cabe mencionar que los costos mencionados de los servicios incluyen los envases adecuados para almacenar temporalmente los residuos para todos los generadores.

CAPÍTULO 4: REQUISITOS ADMINISTRATIVOS PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS RPBI'S.

Las actividades que generan o manejan residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI's) en México deben conocer las disposiciones jurídicas que les aplican en materia de salud, ambiente y transporte y ajustarse a ellas, a fin de prevenir riesgos a la salud y al ambiente como consecuencia del manejo inadecuado de estos residuos.

En este capítulo se describen los aspectos de generación, almacenamiento temporal, identificación, envasado y transporte que deberá cumplir la Planta Tratadora de los Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos en San Luis Potosí.

4.1 MANEJO DE RPBI'S SEGÚN LA NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Las disposiciones legales indicadas en la NOM-087-ECOL-SSA1-20028 que los generadores de RPBI's y los prestadores de servicio (incluida la Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí) deben cumplir, comprenden las seis etapas siguientes:

1. Identificación de los residuos generados.
2. Envasado de los residuos generados.
3. Almacenamiento temporal.
4. Recolección y transporte externo.
5. Tratamiento.
6. Disposición final.

⁸ En septiembre de 2005 se publicaron en el DOF las bases de colaboración entre la SEMARNAT y la SSA con lo que se pretende obtener un manejo integral de los RPBI's. Este documento considera el seguimiento por parte de las instituciones encargadas de la vigilancia del cumplimiento de los micro, pequeños y grandes generadores de RPBI's en el país, con la coordinación de esfuerzos en el ámbito de sus respectivas atribuciones y competencias (Ver el Anexo III).

4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RPBI'S.

El símbolo universal de riesgo biológico que se muestra en la Figura 4.1 advierte que el material tiene características peligrosas biológico infecciosas, por lo que es de observancia obligatoria identificar los contenedores de RPBI's con este símbolo (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).



Figura 4.1 Símbolo universal de riesgo biológico (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

4.1.2 ENVASADO DE LOS RPBI'S GENERADOS.

Los residuos RPBI's se deberán separar y envasar en las áreas de generación de los establecimientos, de acuerdo con sus características físicas y biológicas infecciosas, según se muestra en la tabla 4.1.

La empresa recolectora y tratadora de RPBI's es la encargada de suministrar a sus clientes los envases y las etiquetas para el manejo de los residuos según sea el nivel de generador y número de recolección por mes. Los envases deben de cumplir con las especificaciones de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002), que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, y disposición final de los residuos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

Durante el envasado, los RPBI's no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos municipales o peligrosos.

Tabla 4.1 Envasado de los RPBI's según sus características físicas y biológico infecciosas (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Tabla 2).

Tipo de residuo	Estado físico	Envasado	Color	Capacidad
Sangre	L	Recipientes herméticos	Rojo	
Cultivos y cepas de agentes infecciosos	S	Bolsas de polietileno	Rojo	
Patológicos	S	Bolsas de polietileno	Amarillo	Bolsas amarillas de 3.785L (33x55 cm)
Patológicos	L	Recipientes herméticos	Amarillo	Contenedores de 3L
Residuos no anatómicos	S	Bolsas de polietileno	Rojo	37.85L (63x70 cm) y 113.55L (70x90 cm)
Residuos no anatómicos	L	Recipientes herméticos	Rojo	
Objetos punzocortantes	S	Recipientes herméticos	Rojo	1.7 L y 7.57 L

L: Líquido; S: Sólido

4.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOLSAS PARA ENVASE DE RESIDUOS NO ANATÓMICOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS Y PATOLÓGICOS.

Las bolsas deberán ser impermeables y de polietileno de color rojo traslúcido (de calibre mínimo 200) y de color amarillo traslúcido (de calibre mínimo 300); tener un contenido de metales pesados de no más de una parte por millón y estar libres de cloro (Figura 4.2) las bolsas deberán estar marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico y con la leyenda Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos; además, deberán cumplir con los parámetros y las especificaciones que se indican en la tabla 4.2.

Las bolsas se llenarán hasta un máximo del 80% de su capacidad, y se cerrarán antes de ser transportadas al sitio de almacenamiento temporal. Las bolsas no podrán ser abiertas o vaciadas.



Figura 4.2 Bolsas impermeables de polietileno para envase de RPBI's en estado sólido. Las bolsas de color rojo se utilizan para residuos no anatómicos, cultivos y cepas de agentes infecciosos. Las bolsas de color amarillo se usan para residuos patológicos.

Tabla 4.2 Parámetros y especificaciones que deben cumplir las bolsas utilizadas para el envasado de los RPBI's (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

Parámetro	Unidades	Especificaciones
Resistencia a la tensión	kg/cm ²	SL: 140; ST: 120
Elongación	%	SL:150; ST: 400
Resistencia al rasgado	G	SL: 90; ST: 150

SL: Sistema longitudinal. ST: Sistema transversal.

4.1.4 RECIPIENTES DE LOS RPBI'S PUNZOCORTANTES.

Los RPBI's punzocortantes se almacenan en el sitio de generación en contenedores rojos, rígidos, con tapa hermética de polipropileno, con capacidad de 1.7 litros y de 7.57 litros. Los contenedores deben tener un contenido de metales pesados de no más de una parte por millón y estar libres de cloro; deberán permitir verificar el volumen ocupado en el mismo, ser resistentes a fracturas y pérdidas de contenido al caerse; ser destructibles por métodos físicos; disponer de un separador de agujas y abertura para depósito; contar con tapa(s) de ensamble seguro y cierre permanente. Los contenedores deberán, además, contar con la leyenda que indique "Residuos Peligrosos Punzocortantes Biológico-infecciosos", y estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

Estos recipientes son desechables, incinerables y no contaminantes para el medio ambiente si se manejan de forma adecuada, ya que son libres de cloro; son resistentes a la perforación, al impacto y a la pérdida del contenido; al caerse cuenta con tapa con separador de aguas y abertura para el depósito de otros punzocortantes.

Otras características de los contenedores son las siguientes:

1. La resistencia mínima de penetración de los recipientes, tanto para punzocortantes como para líquidos debe ser de 12.5 N (Newtons) en todas sus partes, y será determinada por la medición de la fuerza requerida para penetrar los lados y la base de los recipientes con una aguja hipodérmica calibre 21 x 32 mm, mediante calibrador de fuerza o tensiómetro.

2. Los recipientes para los residuos peligrosos punzocortantes y líquidos se llenarán hasta un máximo del 80% de su capacidad, y no deberán ser abiertos o vaciados. Los dispositivos de cierre de los recipientes deberán ser asegurados.
3. Las unidades médicas que presten atención a poblaciones rurales (con menos de 2,500 habitantes) y que estén ubicadas en zonas geográficas de difícil acceso, podrán utilizar latas con tapas removibles o botes de plástico con tapa de rosca, con capacidad mínima de 1 hasta 2 litros, los cuales deberán marcar previamente con la leyenda de "Residuos Peligrosos Punzocortantes Biológico-Infecciosos" (Figura 4.3).



Figura 4.3 Recipiente autorizado para almacenamiento temporal de residuos punzocortantes.

4.1.5 RECIPIENTES DE LOS RPBI's LÍQUIDOS.

Los recipientes de los RPBI's líquidos deben ser rígidos, con tapa hermética de polipropileno color rojo o amarillo; tener un contenido de metales pesados de no más de una parte por millón y estar libres de cloro; ser resistentes a las fracturas y a pérdidas de contenido al caerse, y ser destructibles por métodos físicos. Deberán contar con la leyenda que indique "Residuos Peligrosos Líquidos Biológico-Infecciosos" y estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

En caso de que los residuos líquidos no sean tratados dentro de las instalaciones del establecimiento generador, éstos deberán envasarse como se indicó en la tabla 4.1.



4.4 a



4.4b

Figuras 4.4(a) Recipientes autorizados para el almacenamiento temporal de RPBI's patológicos líquidos y **4.4 (b)** Recipientes autorizados para el almacenamiento de sangre.

4.1.6 ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LOS RPBI'S.

Para el almacenamiento temporal de los RPBI's se deberá destinar un sitio exclusivo, el cual contará con las especificaciones siguientes (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002):

1. Los RPBI's envasados deberán almacenarse en contenedores metálicos o de plástico con tapa y rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, y con la leyenda "Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos".
2. El periodo de almacenamiento temporal dependerá del tipo de establecimiento generador (Tabla 1.2), según se indica a continuación:
 - a) Nivel I: máximo 30 días
 - b) Nivel II: máximo 15 días
 - c) Nivel III: máximo 7 días
3. Los residuos patológicos, humanos o de animales (que no estén en formol) deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4°C, en las áreas de patología, o en almacenes temporales con sistemas de refrigeración, o en refrigeradores en áreas designadas por el responsable del establecimiento.

El área de almacenamiento temporal de RPBI's debe cumplir con los elementos siguientes (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002):

1. Estar separada de las áreas de pacientes y de los almacenes de medicamentos y de materiales para la atención de los enfermos, de cocinas, comedores, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficinas, talleres y lavanderías.

2. Estar techada y ser de fácil acceso para la recolección y el transporte. No tener riesgos de inundación y evitar el ingreso de animales.
3. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos, ubicados en lugares y formas visibles. El acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable del manejo de los residuos.
4. El diseño, construcción y ubicación de las áreas de almacenamiento temporal de los RPBI's en las empresas prestadoras de servicio, deberán ajustarse a las disposiciones señaladas y contar con la autorización correspondiente de la SEMARNAT.
5. Los establecimientos generadores de RPBI's que no cuenten con espacios disponibles para construir un almacenamiento temporal, podrán utilizar contenedores plásticos o metálicos para tal fin, siempre y cuando cumplan con los requisitos mencionados en los incisos 1, 2 y 3 de este numeral.

Los RPBI's podrán almacenarse en centros de acopio, previamente autorizados por la SEMARNAT. Dichos centros deberán operar sistemas de refrigeración para mantener los RPBI's a una temperatura máxima de 4°C, y llevar una bitácora de conformidad con el artículo 71 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

La bitácora de residuos peligrosos para los grandes y pequeños generadores prevista en este Reglamento debe contener los datos siguientes:

- a) Nombre del residuo y cantidad generada.
- b) Características de peligrosidad.
- c) Área o proceso donde se generó.
- d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas, en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos.
- e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior.
- f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos.
- g) Nombre del responsable técnico de la bitácora.

La información anterior se asentará para cada entrada y salida de RPBI's del almacén temporal, dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.

4.1.7 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RPBI'S.

Para realizar las acciones de recolección y de transporte de los RPBI's se requiere de la autorización por parte de la SEMARNAT. Dichas acciones deberán realizarse conforme a lo dispuesto en la normatividad aplicable y cumplir los elementos siguientes (NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 y NOM-004-SCT-2000):

1. Sólo podrán recolectarse los residuos que cumplan con el envasado, embalado y etiquetado o rotulado establecido en la normativa en materia de RPBI's.
2. Los RPBI's envasados no deben ser compactados durante su recolección y transporte.
3. Los contenedores metálicos o de plástico deben ser desinfectados y lavados después de cada ciclo de recolección.
4. Los vehículos recolectores deben ser de caja cerrada y hermética; contar con sistemas de captación de escurrimientos, una puerta con llave y un sistema de ventilación; y operar con sistemas de enfriamiento para mantener los residuos a una temperatura máxima de 4°C. Los vehículos deben estar revestidos internamente con acero inoxidable o aluminio para proporcionar una superficie lisa e impermeable, de tal manera que se eviten derrames al exterior. Las esquinas y ángulos de los vehículos deben ser cubiertos para prevenir la permanencia de material residual.
5. Los vehículos con capacidad de carga útil de 1,000 kg o más deben operar con sistemas mecanizados de carga y descarga. La altura de la plataforma o buzón de carga no debe exceder de 1.20 m.
6. Durante su transporte, los RPBI's sin tratamiento no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos municipales o de origen industrial.
7. Como documentación de la recolección y transporte de los RPBI's se deberá llevar una bitácora y un archivo de todo envío, que precisen fecha, cantidad de RPBI's, transportador y destinatario. Esta documentación se deberá guardar durante tres años.
8. El vehículo que transporte RPBI's debe mostrar en las partes delantera y posterior una señal pintada, alusiva al tipo de residuo que transporta, con letras de por lo menos 80 mm de altura de acuerdo con la Figura 4.5.

9. El vehículo debe contar con equipo y desinfectante necesarios para enfrentar derrames ocasionales de residuos durante su manipulación.
10. Se deberán evitar las rutas de alto riesgo y seleccionar el recorrido más corto posible entre el lugar de generación y el de almacenamiento temporal o disposición final.

Además de los requisitos anteriores, por parte de la Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT) se estipula que los vehículos designados al transporte de sustancias y materiales peligrosos deberán de cumplir con los elementos siguientes indicados en la NOM-005-SCT-2000:

1. Documentos de embarque.
2. Hoja de emergencia del residuo conforme a la tabla 4.3.
3. Revisión ocular diaria de las unidades, demostrando mediante "Bitácora del Operador" que incluye la revisión a todo el vehículo.
4. Contar con procedimientos de "Limpieza externa e interna de las unidades y del remanente".

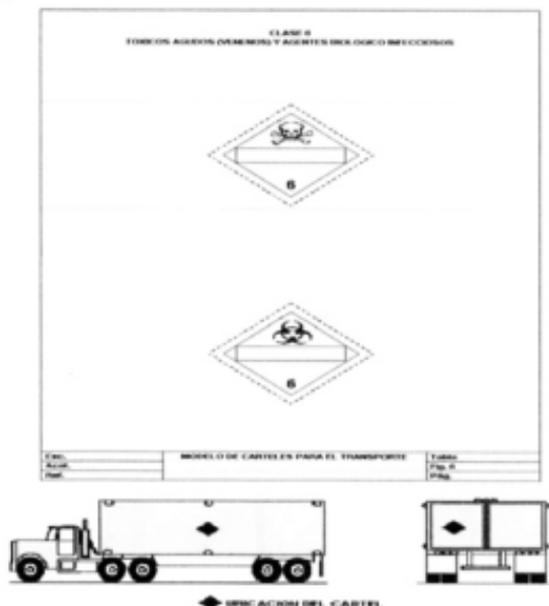


Figura 4.5 Carteles de identificación para transporte de los RPBI's (NOM-04-SCT-2000).

1. RAZÓN SOCIAL Y DIRECCIÓN DE LA COMPAÑÍA * FABRICANTE * IMPORTADOR * USUARIO * DISTRIBUIDOR * GENERADOR		3. NOMBRE DEL PRODUCTO O RESIDUO COMERCIAL QUÍMICO:	6. COMPAÑÍA TRANSPORTADORA
2. TELÉFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR		4. CLASIFICACIÓN	7. TELÉFONOS DE EMERGENCIA Y FAX
8. ESTADO FÍSICO		5. No. UN DEL MATERIAL	
9. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS		10. AVISAR AL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA Y A LAS AUTORIDADES ESPECÍFICAS DE MATERIALES PELIGROSOS: POLICÍA FEDERAL PREVENTIVA, BOMBEROS, CRUZ ROJA, ETC.	
11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
EN CASO DE ACCIDENTE:		<ul style="list-style-type: none"> * PARE EL MOTOR * PONGA SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO * ALEJE A TODA PERSONA INNECESARIA DE LA ZONA DE PELIGRO 	
12. RIESGOS * SI OCURRE ESTO		13. ACCIONES * HAGA ESTO	
14.  INTOXICACION/EXPOSICION		15.	
16. CONTAMINACION		17.	
18. INFORMACION MEDICA		19.	
20.  DERRAMES/FUGAS		21.	
22.  FUEGO/EXPLOSION		23.	
24. NOMBRE		FIRMA	PUESTO
		TELÉFONO	
25. ESTA HOJA DEBERA ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SER USADA EN CASO DE EMERGENCIA Y DEBERA SER REQUISITADA EN SU TOTALIDAD			

Tabla 4.3 Hoja de emergencia para el transporte de materiales y residuos peligrosos (NOM-05-SCT-2000)

4.1.8 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RPBI'S.

El tratamiento adecuado de los RPBI's en la Planta Tratadora de RPBI's de San Luis Potosí requerirá del cumplimiento de los elementos siguientes señalados en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Los RPBI's deben ser tratados por métodos físicos o químicos que garanticen la eliminación de los microorganismos patógenos que contienen. Los RPBI's deben hacerse irreconocibles para su disposición final en los sitios autorizados por las autoridades competentes.

La operación de sistemas de tratamiento que apliquen tanto a establecimientos generadores como a prestadores de servicios, dentro o afuera de la instalación del generador, requieren autorización previa de la SEMARNAT, sin perjuicio de los procedimientos que competen a la SSA, de conformidad con las disposiciones aplicables en la materia.

Los residuos patológicos deben ser incinerados o inhumados, excepto aquellos que estén destinados a fines terapéuticos, de investigación y las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico. En caso de que los RPIB's sean inhumados, esta acción debe realizarse en sitios autorizados por la SSA.

La aplicación de los métodos de tratamiento para este tipo de residuos (señalados en el Capítulo 2 de esta tesis) dependen de la cantidad de residuos a tratar, de las características del residuo, del costo-beneficio y del mantenimiento del equipo, por lo que se deberán de evaluar todas las ventajas y desventajas que ofrecen, antes de decidirse por algún método en específico (Ver Capítulo 3).

4.2 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA LOS RPBI'S.

La autoridad en materia ambiental debe revisar los riesgos que se pueden generar por el manejo y la disposición final de los residuos peligrosos; por su parte, los generadores tienen la obligación de manifestar y reportar a la autoridad, la generación y el manejo que dan a los residuos peligrosos, conforme lo establece la legislación en la materia (SEMARNAT, 1997). A continuación se describen brevemente las características generales de los estudios, permisos y reportes que el promovente de la Planta Tratadora de RPBI's y algunos generadores de estos residuos deberán realizar u obtener.

4.2.1 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Las actividades que generen o manejen residuos peligrosos pueden constituir un riesgo diferente para las poblaciones humanas vecinas a ella, las propiedades circundantes y el ambiente. La instalación y operación de proyectos nuevos con estas características requieren de la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental y de un Estudio de Riesgo.

Algunos ejemplos de acciones que pueden generar impactos ambientales o situaciones de riesgo son los siguientes:

- a) Liberación al ambiente de sustancias potencialmente tóxicas a través de las emisiones del aire, descargas al agua, procesos de lixiviación, de fuga o de derrame; los cuales pueden ocurrir durante la operación de la instalación, su cierre o después de éste.
- b) Eventos súbitos, accidentales que involucren explosiones, incendios o formación de nubes tóxicas.
- c) Accidentes de los transportes que llevan a dichas instalaciones o sacan de ellas materiales o residuos peligrosos.

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental señala en su capítulo II, artículo 5 "requieren Evaluación de Impacto Ambiental las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como de residuos radioactivos para:

- I. Construcción y operación de plantas para el confinamiento y centros de disposición final de residuos peligrosos.
- II. Construcción y operación de plantas para el tratamiento, reuso, reciclaje o eliminación de residuos peligrosos, con excepción de aquellas en las que la eliminación de dichos residuos se realice dentro de las instalaciones del generador, en las que las aguas residuales del proceso de separación se destinen a la planta de tratamiento del generador y en las que los lodos producto del tratamiento sean dispuestos de acuerdo con las normas jurídicas aplicables.
- III. Construcción y operación de plantas e instalaciones para el tratamiento o eliminación de residuos biológico infecciosos, con excepción de aquellas en las que la eliminación se realice en hospitales, clínicas, laboratorios o equipos móviles, a través de los métodos de desinfección o esterilización y sin que se generen emisiones a la

atmósfera y aguas residuales que rebasen los límites establecidos en las disposiciones jurídicas respectivas.

4.2.2 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

En el artículo 17 y 18 del mismo Reglamento se señala "Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la LGEEPA, deberá incluirse un Estudio de Riesgo". El estudio de riesgo consistirá en incorporar a la manifestación de impacto ambiental la información siguiente:

- I. Escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto.
- II. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso.
- III. Señalamiento de las medidas de seguridad en materia ambiental.

La instalación y operación de una Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí requerirá de la autorización en materia de Riesgo Ambiental por parte de las autoridades correspondientes.

4.2.3 LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA (LAU).

Las fuentes fijas de jurisdicción federal que cuenten con descargas de emisiones al ambiente están obligadas a presentar una evaluación de fuentes fijas emisoras, indicando a la SEMARNAT los tipos y cantidades de emisiones contaminantes al ambiente. Esta evaluación se hace una sola vez, cuando la empresa inicia operaciones o bien cuando hay modificaciones importantes en sus procesos.

La Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí deberá tramitar su Licencia Ambiental Única ante la SEMARNAT, para poder iniciar sus operaciones.

4.2.4 CÉDULA DE OPERACIÓN ANUAL (COA) E INVENTARIO DE EMISIONES.

Cada año, entre los meses de enero y abril, las empresas de jurisdicción federal deben presentar la COA, como instrumento de información (a la autoridad ambiental) de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo; y del manejo de materiales y residuos peligrosos. La información que se reporta en la COA se emplea para la actualización de las bases de datos de la SEMARNAT.

Los responsables de la Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí y de algunos sitios de generación de éstos deberán reportar los movimientos que hubieren efectuado con los RPBI's durante dicho periodo, conforme al Reglamento de la LGEEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

La obligatoriedad de reporte de cada una de las secciones de la COA se establece en el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 9 abril 1998, el cual señala las secciones siguientes:

Sección I: Información Técnica General.

Sección II: Contaminación Atmosférica, son obligatorias en los términos de lo dispuesto en la normatividad vigente.

Sección III: Aprovechamiento de Agua y Descarga de Aguas Residuales, es opcional y se recibirá con fines estadísticos, por lo que su omisión no constituirá objeto de sanción alguna.

Sección IV: Generación, Tratamiento y Transferencia de Residuos Peligrosos, será opcional, hasta en tanto se expide la norma oficial mexicana que determine el listado de sustancias que deberán reportarse para los responsables de empresas generadoras de residuos peligrosos, como de aquéllas que llevan a cabo actividades relacionadas con el tratamiento de dichos residuos. En caso de proporcionar dicha información se les tomará como válida para acreditar, durante el periodo de vigencia de la Cédula, el cumplimiento de la obligación de presentar, en los términos de las disposiciones legales, los informes periódicos relativos a los movimientos o transferencias que se hubieran efectuado con dichos residuos. En caso contrario, deberán presentar los manifiestos respectivos con la periodicidad que corresponda.

Por otro lado, el caso de emisiones a la atmósfera generadas del tratamiento de los RPBI's se encuentra dentro de los subsectores industriales considerados como fuentes fijas de jurisdicción federal. Estas emisiones deberán de ser incluidas en el reporte de la COA.

El artículo 72 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes señala que los grandes generadores de residuos peligrosos deberán presentar anualmente ante la SEMARNAT un informe mediante la Cédula de Operación Anual, en la cual proporcionarán:

- I. La identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos.
- II. El área de generación.
- III. La cantidad o volumen anual generado, expresado en unidades de masa.
- IV. Los datos del transportista, centro de acopio, tratador o sitio de disposición final.
- V. El volumen o cantidad anual de residuos peligrosos transferidos, expresados en unidades de masa o volumen.
- VI. Las condiciones particulares de manejo que en su caso le hubieren sido aprobadas por la SEMARNAT, describiendo la cantidad o volumen de los residuos manejados en esta modalidad y las actividades realizadas.
- VII. Tratándose de confinamiento se describirá además: método de estabilización, celda de disposición y resultados del control de calidad.

4.2.5 MANIFIESTO DE ENTREGA, RECEPCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Por lo que se refiere a la Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí, ésta deberá cumplir con su parte de responsabilidad relacionada con los Manifiestos de entrega, recepción y transporte de residuos, de acuerdo con lo expresado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y en su Reglamento correspondiente.

El generador de residuos peligrosos podrá contratar los servicios de empresas autorizadas, para cualquiera de las operaciones que comprende el manejo de éstos. El generador deberá llenar los manifiestos de Entrega-Transporte-Recepción, y entregar las

copias correspondientes al transportista para que éste y la empresa autorizada que reciba los residuos para su manejo como destinatario final, los sellen de recibido (Tabla 4.4). Los manifiestos (una vez sellados) deberán regresarse a los generadores de los residuos en un plazo no mayor a 30 días.

En artículo 79 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos señala "la responsabilidad terminará cuando entreguen los residuos peligrosos al destinatario de la siguiente etapa de manejo y éste suscriba el manifiesto de recepción correspondiente".

Por su parte el artículo 75 del Reglamento anterior señala: La información y documentación que deberán conservar los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos y los prestadores de servicios de manejo de este tipo de residuos se sujetará a lo siguiente:

- I. Las bitácoras de los grandes y pequeños generadores se conservarán durante cinco años.
- II. El generador y los prestadores de servicios de manejo conservarán el manifiesto durante un periodo de cinco años contados a partir de la fecha en que hayan suscrito cada uno de ellos.
- III. El generador debe conservar los registros de los resultados de cualquier prueba, análisis u otras determinaciones de residuos peligrosos durante cinco años, contados a partir de la fecha en que hubiere enviado los residuos al sitio de tratamiento o de disposición final.
- IV. Las bitácoras para el control del proceso de remediación de sitios contaminados se conservarán durante los dos años siguientes a la fecha de liberación del sitio.

La información que se contenga en los manifiestos se expresará bajo protesta de decir verdad por parte del generador y de los prestadores de servicios que intervengan en cada una de las etapas del manejo de los residuos (Tabla 4.4).

Cuando la información contenida en el manifiesto resulte falsa o inexacta y con ello se ocasione un manejo inadecuado de los residuos que cause daño al medio ambiente o

afecte la seguridad de las personas, corresponderá a quien proporcionó dicha información responder por los daños ocasionados.



**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, Y RECURSOS NATURALES
SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE MATERIALES Y
ACTIVIDADES RIESGOSAS**

SEMARNAT-07-009

**MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS**

GENERADOR	1- NÚM. DE REGISTRO AMBIENTAL (o Núm. de Registro como Empresa Generadora): _____		2- No. DE MANIFIESTO _____	3- PÁGINA _____	
	4- RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA GENERADORA: _____				
	DOMICILIO: _____		C.P. _____		
	MUNICIPIO O DELEGACIÓN: _____		EDO: _____		
TEL: _____					
TRANSPORTE	5- DESCRIPCIÓN (Nombre del residuo y características CRETIB):	CONTENEDOR		CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO	UNIDAD VOLUMEN/PESO
		CAPACIDAD	TIPO		
	6- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACIÓN ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO		7- CERTIFICACIÓN DEL GENERADOR:		
	DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTÁ TOTAL Y CORRECTAMENTE DESEORTO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO CARACTERÍSTICAS CRETIB, BIEN EMBALADO, MARCADO Y ROTULADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VÍA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN NACIONAL VIGENTE. NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE: _____				
DESTINATARIO	8- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA: _____				
	DOMICILIO: _____		TEL: _____		
	AUTORIZACIÓN DE LA SEMARNAT: _____		NO. DE REGISTRO S.C.T. _____		
	9- RECIBI LOS RESIDUOS DESCritos EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE.				
NOMBRE: _____		FIRMA: _____			
CARGO: _____		FECHA DE EMBARQUE: _____			
		DA	MES	AÑO	
10- RUTA DE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA: _____					
11- TIPO DE VEHICULO: _____		No. DE PLACA: _____			
12- NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA: _____					
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN DE LA SEMARNAT: _____					
DOMICILIO: _____					
13- RECIBI LOS RESIDUOS DESCritos EN EL MANIFIESTO.					
OBSERVACIONES: _____					
NOMBRE: _____		FIRMA: _____			
CARGO: _____		FECHA DE RECEPCIÓN: _____			
		DA	MES	AÑO	

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar al sistema de Atención Telefónica a la Ciudadanía (SACTEL) a los teléfonos 5480 2000 en el D.F. y Área Metropolitana, del interior de la República, sin costo para el usuario, al 01800 001 4800, o desde Estados Unidos y Canadá al 1 888 5943372, o directamente al Centro Integral de Servicios, a los teléfonos 5624-3442 o 5624-3495.

Tabla 4.4 Manifiestos de disposición final de los residuos peligrosos.

4.3 RECURSOS HUMANOS.

Dentro del sistema de manejo de RPBI's, los recursos humanos son tan importantes como los aspectos organizacionales y técnico-operativos. La eficiencia del sistema radica en la complementación de estos tres aspectos.

La dirección del sistema de manejo de los RPBI's de la Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosi deberá ser conducida por un profesional de nivel superior, y las operaciones estarán a cargo de técnicos y operarios especializados. Las acciones que desempeñará el personal del Área de Reclutamiento de la Planta son (CEPIS, 1997):

1. Selección de personal.
2. Capacitación.
3. Higiene y seguridad ocupacional.

4.3.1 SELECCIÓN DE PERSONAL.

El personal que formará parte del equipo de manejo de los RPBI's en la Planta Tratadora de RPBI's de San Luis Potosi deberá seleccionarse de manera apropiada. Para ello, es necesario tener en cuenta aspectos tales como: sexo, edad, conocimientos, experiencia, aptitudes físicas y psicológicas y estado de salud, entre otros. Independientemente del puesto o cargo que la persona ocupará en el sistema, se requiere evaluar sus aptitudes, expectativas y motivación para el trabajo que se va a desarrollar; entre otros se aplicarán además:

1. Exámenes pre-ocupacionales de salud, psicológicos y físicos.
2. Exámenes de conocimientos y destreza física.
3. Entrevistas personales.
4. Evaluaciones propias del trabajo que se va a desarrollar.

4.3.2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.

El personal seleccionado para trabajar en las operaciones de manejo de los RPBI's en la Planta Tratadora de RPBI's de San Luis Potosí debe ser capacitado e integrado a las actividades de la institución; específicamente, al sistema de manejo de los residuos. Una acción fundamental es lograr la adaptación del personal con sus compañeros de trabajo, superiores, personal a su cargo, pacientes, público, etc. Las acciones de motivación deben ser permanentes y estar respaldadas con anuncios, boletines, charlas y películas, en lenguaje adecuado (CEPIS, 1997).

El programa de capacitación del personal deberá contemplar inicialmente los aspectos siguientes:

1. Riesgos ambientales: generalidades sobre microorganismos patógenos, información sobre infecciones, formas de transmisión de enfermedades, vías de acceso de microorganismos, primeros auxilios, etc.
2. Riesgos de operación: medidas generales de higiene y seguridad personal.
3. Operaciones: organización de la empresa, flujo de actividades, ciclo de las operaciones, tecnología, etc.
4. Dirección: motivación, liderazgo, programación, ejecución, evaluación, etc.
5. Entrenamiento en los procedimientos de manejo interno descrito en las guías que para tal efecto se elaboren de acuerdo a las normas vigentes.
6. Higiene y seguridad ocupacional.
7. Implantar procedimientos de emergencia, particulares y generales, para casos de accidentes laborales de cualquier tipo.
8. Evaluación de la capacitación.

La capacitación deberá ser continua, general y específica, y requerirá contar con un sistema periódico de evaluación. A manera de ejemplo, en el Anexo IV se presenta el Programa de Capacitación de la empresa BIOCEN, S.A. de C.V., la cual prestó servicios de recolección y transporte de los RPBI's en el Estado de San Luis Potosí hasta el año de 2005.

4.4 SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL.

Las medidas de seguridad e higiene y seguridad en el manejo de los RPBI's permitirán al personal que operará la Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosí, además de proteger su salud, desarrollar sus labores con mayor eficiencia. Las medidas contemplan aspectos de capacitación en el trabajo, conducta apropiada, disciplina, higiene y protección personal, entre otras; y son complementarias a las acciones desarrolladas en el ambiente de trabajo, tales como iluminación, ventilación, ergonomía, etc. (CEPIS,1997).

El personal involucrado en el manejo de los RPBI's de la Planta Tratadora de RPBI's deberá observar las medidas de seguridad siguientes:

- 1) Conocer el cronograma de trabajo, su naturaleza y responsabilidades.
- 2) Conocer el riesgo a que van a estar expuestos.
- 3) Vacunarse contra el tétano, tifoidea y hepatitis B.
- 4) Haber pasado una revisión médica general que comprenda la prueba de tuberculosis y hemoglobina para verificar su buen estado de salud.
- 5) Encontrarse en perfecto estado de salud; no tener problemas gripales leves, ni heridas pequeñas en mano o brazo.
- 6) Comenzar su trabajo con el equipo de protección personal puesto, ya que los riesgos están siempre presentes. El equipo de protección personal básico está compuesto por: guardapolvo o mameluco, guantes, botas de caucho y en caso de manejo de RPBI's se complementa con una mascarilla.
- 7) Usar guantes reforzados en la palma y dedos para evitar cortes y punzadas. Los guantes deben colocarse por encima de la manga del guardapolvo o mameluco.
- 8) Sujetarse el cabello para que éste no se contamine; de preferencia debe ponerse un gorro.
- 9) Colocarse el pantalón dentro de la bota.
- 10) Si usa un respirador o lentes, evitar quitárselos o ponérselos durante el muestreo o análisis de los RPBI's.
- 11) No comer, fumar, ni masticar algún producto durante el trabajo.
- 12) Tener a su alcance un botiquín con desinfectante, algodón, vendas y jabón germicida.
- 13) Retirarse del lugar en caso de sentir náuseas.

- 14) En caso de corte o rasguño durante el trabajo, lavar la herida con agua y jabón luego desinfectarla y cubrirla. Si es necesario, acudir al servicio de emergencia del hospital, empresa o actividad y notificar el accidente a sus superiores.
- 15) Tener bolsas de repuesto para introducir la bolsa rota, sin dejar restos en el piso.
- 16) En caso de rotura de los guantes, desecharlos de inmediato y por ningún motivo volverlos a utilizar.
- 17) Lavar y desinfectar el equipo de protección personal, especialmente los guantes, una vez terminada la rutina del día.
- 18) Bañarse en el centro de trabajo, una vez terminada la jornada.
- 19) Para trabajadores en puestos de alto riesgo deberán realizarse exámenes iniciales para conocer su estado inmunológico, y después cada 6 ó 12 meses para descartar alguna infección. Se consideran puestos de alto riesgo: salas de hospitalización de pacientes de VIH, medicina interna, neumología, broncoscopia, laboratorio de microbacterias, sala de aerosolterapia e inducción de esputo y sala de autopsia (CEPIS, 1997).

4.5 PROGRAMA DE CONTINGENCIAS.

Los establecimientos generadores de RPBI's y los prestadores de servicios (recolectores y Planta Tratadora de RPBI's en San Luis Potosi) deberán contar con un Programa de Contingencias en caso de derrame, fugas o accidentes relacionados con el manejo de estos residuos. Dicho plan contendrá las medidas efectivas y de fácil y rápida ejecución que se tomarán durante las eventualidades.

El personal a cargo del manejo del sistema de recolección, transporte, limpieza y almacenamiento de RPBI's debe capacitarse para enfrentar la emergencia y tomar a tiempo las medidas previstas. En caso de epidemias debe contarse con un plan específico (CEPIS, 1997).

El Plan de Contingencia para enfrentar eventualidades en la Planta Tratadora de RPBI's deberá incluir los procedimientos siguientes:

1. Procedimientos de limpieza y desinfección, protección personal, de empaque (en caso de ruptura de bolsas o recipientes) y de disposición para derrames de residuos infecciosos y especiales.
2. Procedimiento de aviso a todo el personal y alarma de planta en caso de ser necesario, detallando las medidas a tomar y las responsabilidades de cada uno.
3. Alternativas para el almacenamiento y tratamiento de los residuos en casos de fallas del equipo respectivo en la recolección externa.
4. Identificación de productos o residuos peligrosos.
5. Aislamiento del área en emergencia y notificación a la autoridad responsable.
6. Procedimientos para administración del tratamiento de emergencia, primeros auxilios, lavado de ojos, vendajes, desinfección, etc.
7. Ejecución de un informe detallado de los hechos y procedimientos adoptados.

CONCLUSIONES

En esta tesis de maestría se realizó una investigación cuyo objeto principal fue la *Caracterización y Propuesta de Manejo Integral de los Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos en la Ciudad de San Luis Potosí*. El trabajo estuvo basado en el análisis de los antecedentes del manejo los RPBI's, la identificación del marco teórico y normativo de estos residuos, el examen de los métodos de su tratamiento (considerando las ventajas y desventajas de éstos), la búsqueda y el diagnóstico de datos de generación y manejo actual de los residuos RPBI's en el estado de San Luis Potosí, y en particular en la capital del Estado. Los resultados obtenidos permitieron formular una propuesta para un manejo ambiental de los RPBI's que se generan en la Entidad.

La obtención de información estuvo basada en investigaciones bibliográficas y de campo con las Autoridades relacionadas con el manejo de los RPBI's en el Estado; así como en la **aplicación de una encuesta** a diferentes instituciones generadoras de RPBI's: centros de salud, hospitales, clínicas, sanatorios, laboratorio de análisis clínicos, dentistas, médicos generales y especialistas, veterinarias, instituciones educativas, empresas de la zona industrial y clínicas de tatuajes y de acupuntura). El análisis de las encuestas aplicadas manifiesta lo siguiente:

- En general, los generadores de RPBI's conocen el tipo de enfermedades que se pueden transmitir por el manejo inadecuado de estos residuos.
- **Los micro y pequeños generadores** (dentistas, médicos generales, médicos especialistas y veterinarias) no conocen la normatividad aplicable para el manejo adecuado de los RPBI's, aunque sí han escuchado de esta misma; el 99% de éstos no llevan una bitácora de control de residuos generados, y sólo reportan a la autoridad el 3.44% de los RPBI's que generan.
- Los **generadores de RPBI's domiciliarios** son personas que acostumbran inyectarse o realizarse curaciones en sus viviendas, personalmente o a través de terceros. De manera general, estas personas no conocen las precauciones que se deben tener para manejar y dar una disposición adecuada a los RPBI's. Es importante que las autoridades brinden más información al respecto para que la población se entere de los riesgos a que puede estar expuesta. A fin de evitar riesgos a la población en general y a los "pepenadores", los generadores domiciliarios deben:

- a). Introducir sus RPBI's en botes (sin intentar re-encapuchar las agujas).
- b). Cerrar y sellar los botes con RPBI's antes de disponerlos en la basura.

Sería deseable que las autoridades implementaran centros de acopio de RPBI's en varios puntos de la ciudad, para que la población pudiera acudir a entregar sus RPBI's.

- De **las industrias grandes y medianas** instaladas en la Zona Industrial de San Luis Potosí, sólo el 25% de éstas disponen de sus RPBI's de manera adecuada, por medio de la única empresa prestadora de servicio autorizada en el Estado. La generación de RPBI's varía de manera significativa de una empresa a otra, según la interpretación que dan a la NOM-083-SEMARNAT-SSA-2005; por ejemplo, algunas de ellas reportan a las toallas sanitarias de sus trabajadoras como RPBI's, aumentando así el total de generación de sus residuos.
- Del total de los **laboratorios de análisis clínicos** que generan más de 20 kg por mes de RPBI's, el 7.47% dan disposición adecuada a los RPBI's por medio de una empresa recolectora autorizada y el 17.4% están dados de alta como generadores de RPBI's ante la SEMARNAT.
- Los laboratorios de análisis clínicos que generan menos de 20 kg por mes de RPBI's dan tratamiento *in situ* a sus RPBI's patológicos mediante esterilización o desinfección química con formol; los RPBI's no anatómicos los tratan mediante alcohol, xileno o rayos infrarrojos; y a las "agujas usadas" las incineran o cementan. La incineración no autorizada de los RPBI's es una práctica de tratamiento frecuente, que tiene por objeto evitar el pago de disposición final a través de una empresa autorizada.
- De acuerdo con los cálculos realizados, en el Estado de San Luis Potosí, los centros de atención a la salud (**grandes generadores**) que disponen de camas para la hospitalización de pacientes, generan un promedio mensual de 153.15 ton/mes y 1837.83 ton/año, asumiendo que las camas de Centros públicos se encuentran ocupadas al 100% y las de Centros Privados al 80%, los 365 días al año. Estas cifras no consideran a pequeños y micro generadores y a "otros" generadores entre los que se encuentran los rastros, instituciones educativas, y centros de atención antirrábicos, por lo que se puede concluir que son valores que se deben manejar con cierta reserva.
- Por su parte, **la empresa encargada de la recolección de los RPBI's** en el Estado reportó en su COA 2007 una disposición adecuada de 10.41 toneladas mensuales de estos residuos. De acuerdo con esta cifra, y considerando únicamente la cantidad de

RPBI's que producen en los grandes generadores, es probable que en el Estado de San Luis Potosí sólo se esté recolectando un 6.04% del total de RPBI's que se generan.

Las cifras anteriores manifiestan que a 13 años de publicada la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, en el estado de San Luis Potosí, las autoridades competentes no han implementado mecanismos adecuados de **vigilancia del cumplimiento de esta norma** por parte de los generadores de RPBI's. Cabe señalar, que las autoridades correspondientes manifiestan no contar con personal, ni con recursos suficientes para llevar a cabo las inspecciones necesarias.

Dada la variación de las cifras de generación de que disponen las diferentes autoridades sobre el número de generadores y la cantidad de RPBI's que se producen en el Estado de San Luis Potosí, es necesaria **una mayor relación entre dichas instituciones** para compartir información y crear un padrón confiable de estos datos, que permita una mejor vigilancia por parte de las autoridades competentes.

El acuerdo publicado en el D.O.F., el 14 de septiembre de 2005, separó la **vigilancia del cumplimiento** de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 de la manera siguiente: para la SSA, el manejo, almacenamiento transporte y capacitación del personal dentro de las instituciones generadoras; y para la PROFEPA, exclusivamente la disposición final de los RPBI's. Conforme con esto, la PROFEPA no tiene información actualizada sobre el manejo de los RPBI's en el Estado, ya que realiza inspecciones a los generadores de RPBI's sólo por denuncia pública.

La prevención del contagio de **enfermedades transmisibles** por el manejo de los RPBI's tiene como elementos de base la capacitación continua del personal que participa en la generación y/o el manejo de los RPBI's. El personal debe tener y utilizar adecuadamente el equipo de protección personal y el equipo de manejo adecuado para los diferentes tipos de RPBI's.

El análisis de los programas académicos de **instituciones educativas** que ofrecen carreras relacionadas con el cuidado de la salud y el manejo de alimentos, en cuyas prácticas de enseñanza se producen RPBI's y cuyos profesionales generarán también este tipo de residuos, no tienen considerados temas afines para informar y formar a los

estudiantes y futuros profesionistas en el manejo adecuado de los RPBI's. La consideración de temas relacionados a este respecto, resulta pues indispensable.

La información a la población en general y la capacitación del personal de las instituciones de salud relacionadas con el manejo adecuado de RPBI's, son actividades que presentan grandes oportunidades de mejora para las autoridades de la SSA y la SEMARNAT, así como para los responsables de centros privados de atención a la salud, laboratorios de análisis clínicos, veterinarias, rastros, clínicas de acupuntura y tatuajes, etc.

La correcta segregación en el origen y el manejo adecuado de los RPBI's reduce la cantidad de residuos a manejar, los riesgos para la salud y el ambiente, así como los costos de manejo, tratamiento y disposición final.

Finalmente, en el presente documento se identificaron los **equipos requeridos**, así como los controles y monitoreos ambientales de éstos, necesarios para la operación de **una Planta Tratadora de RPBI's en el estado de San Luis Potosí**. Dicha Planta cumplirá con los requisitos planteados en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, y disminuirá los costos por tratamiento y disposición final de los RPBI's, logrando que más generadores de esos residuos les den un manejo adecuado. Al final de esta tesis se presentan los Términos de Referencia para la Presentación de Protocolos de Pruebas que deberá considerar la Planta Tratadora de RPBI's para evitar emisiones contaminantes al suelo, agua o aire, derivadas del tratamiento de estos residuos.

ANEXOS

ANEXO I: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE INCINERACIÓN.

El método de evaluación de desempeño de los sistemas de incineración se diseñó para valorar los diferentes parámetros de operación de los incineradores, de acuerdo con rangos de operación satisfactorios. Este método se basa en su mayoría en los lineamientos establecidos en la NOM-098-SEMARNAT-2000, y en las normas aplicables en países donde la incineración es una práctica común.

El método incluye también otros parámetros que no están directamente relacionados con el proceso de incineración, pero que deben atenderse para mejorar el desempeño general de los incineradores. Así, se asignaron valores de acuerdo con una escala donde se distinguen condiciones y características de una operación ineficiente, satisfactoria o excelente, valoradas con los números 0, 1 y 2 respectivamente, como se muestra en la tabla 1 (Anabell, 2004).

Tabla 1 Criterios aplicados para valorar el desempeño de un sistema de incineración.

Parámetro Criterio de combustión	Rango	Valor (b)	Observaciones
Temperatura en CC1	>800°C	0	Combustión incompleta.
	800 a 1,000°C	2	Operación adecuada.
	< 1,000°C	1	Daño al material refractario.
Temperatura en CC2	> 850°C	0	Combustión incompleta.
	850 a 1,200°C	2	Operación adecuada.
	<1,200°C	1	Daño al material refractario.
Tiempo de retención de CC2	> 2 seg	0	Insuficiente para destrucción de compuestos orgánicos.
	? 2 seg	2	Suficiente para destrucción de compuestos orgánicos.
Pérdida de material volátil de las cenizas.	> 10 %	0	Representa combustión incompleta.
	5 % a 10%	1	Representa combustión satisfactoria.
	< 5 %	2	Garantiza la mejor combustión.
Criterios para el tratamiento de gases			
Control de partículas y gases ácidos.	Nulo	0	Se emiten contaminantes a la atmósfera.
	Básico	1	Hay remoción de partículas.
	Avanzado	2	Hay remoción de partículas y gases ácidos.
Temperatura de salida de los gases.	> 250°C	0	Altas probabilidades de generación de dioxinas.
	250 a 200°C	1	Se reduce la generación de dioxinas.
	< 200°C	2	La generación de dioxinas es casi nula.
Otros criterios importantes			
Almacenamiento de residuos	No adecuado	0	Genera condiciones de inseguridad en la planta.
	Adecuado	2	Existe buen manejo de los residuos.
0 Ineficiente, 1 Satisfactoria, 2 Excelente.			CC Cámara de combustión.

ANEXO II. INFORMACIÓN SOBRE LA CONSIDERACIÓN DEL TEMA DEL MANEJO DE RPBI'S EN LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LAS CARRERAS DE MEDICINA, ESTOMATOLOGÍA Y ENFERMERÍA IMPARTIDAS EN LA UASLP.

La Facultad de Enfermería imparte de manera obligatoria el tema de la norma de residuos peligrosos en las materias de: Fundamentos de Enfermería, semestre III y IV, Procesos Reproductivos en los semestres V, VI y VII, Enfermería en Procesos de Crecimiento y Desarrollo en el semestre VIII.

La Facultad de Ciencias Químicas en Ingeniería en Alimentos una materia optativa llamada "Manejo de residuos de la industria alimentaria" en el séptimo semestre. Se hace la observación que, según el programa desglosado, no incluye a los RPBI's específicamente. Sólo lo que marca la norma de residuos peligrosos en general. Esta facultad tiene un programa conjuntamente con la SEGAM impartido en septiembre como plan piloto, para revisar si esta información se podría impartir dentro de una materia en un futuro. Para el caso de las carreras de QFB e Ingeniería química, éstas generan residuos peligrosos derivados de análisis en su laboratorio, entre los que se encuentran productos químicos reactivos y metales pesados y no tóxicos, pero no se les da información a los alumnos sobre el manejo adecuado de los RPBI's.

La Facultad de Ingeniería Agroindustrial no contempla dentro de su plan de estudios alguna materia relacionada con control de residuos peligrosos o en particular de los RPBI's, aunque se generan cultivos y cepas de estudios en su laboratorio.

La facultad de Medicina no contempla dentro de Plan de estudios alguna materia que señale el control, manejo y disposición final de los RPBI's.

En general los RPBI's generados por estas facultades son reportados por la prestadora de servicio PIREBS en el apartado de "cultivos y cepas", generados de la investigación y análisis con microorganismos en el laboratorio.

ANEXO III. RESUMEN DEL ACUERDO DE COLABORACIÓN PARA LA VIGILANCIA DE LA NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

En septiembre de 2005, en el D.O.F. se publicaron las bases de colaboración entre la SEMARNAT y la SSA con el que se pretende obtener un manejo integral de los RPBI's, con seguimiento por parte de las instituciones encargadas de la vigilancia del cumplimiento de los micro, pequeños y grandes generadores de RPBI's en el país, coordinado esfuerzos en el ámbito de sus respectivas atribuciones y competencias.

Este convenio se publicó de la manera siguiente:

Bases de colaboración que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales (SEMARNAT) con la participación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Salud (SSA), con la participación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, para coordinar esfuerzos y vigilar el cumplimiento de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 (D.O.F. 14 de septiembre de 2005).

La Secretaría de Salud declara:

II.2 Que de conformidad al artículo 3 de la Ley General de Salud es materia de salubridad general la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre, la organización, control y vigilancia de la prestación de servicios y de establecimientos de salud, la organización, coordinación y vigilancia del ejercicio de las actividades profesionales, técnicas y auxiliares para la salud, el control sanitario de productos y servicios y de su importación y exportación, el control sanitario del proceso, uso, mantenimiento, importación, exportación y disposición final de equipos médicos, prótesis, ayudas funcionales, agentes de diagnóstico, insumos de uso odontológico, materiales quirúrgicos, de curación y productos higiénicos, además del control sanitario de los establecimientos dedicados al proceso de los productos referidos, así como la salud ocupacional y el saneamiento básico.

La SSA en conjunto con la SEMARNAT y la PROFEPA se comprometen a:

1. Promover la realización de cursos, seminarios, talleres y congresos dirigidos a la capacitación del personal relacionado con el manejo y la vigilancia de los residuos

peligrosos biológico infecciosos, en apego a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, en el ámbito de sus respectivas competencias y atribuciones. Dichos cursos serán impartidos tanto al personal que labore en los establecimientos generadores, que comprenden los lugares públicos, sociales o privados, fijos o móviles, cualquiera que sea su denominación, que estén relacionados con servicios de salud y que presten servicios de atención médica, ya sea ambulatoria o para internamiento de seres humanos y utilización de animales de bioterio; así como los prestadores de servicios, refiriéndose a estos últimos como a toda empresa autorizada para realizar una o varias de las siguientes actividades: recolección, transporte, acopio, tratamiento y disposición final de los Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI's).

2. Llevar a cabo un intercambio continuo de la información generada a través del desarrollo de indicadores que permitan conocer el efecto de la aplicación de la norma en el ámbito de sus competencias
3. Llevar a cabo un intercambio continuo de información enfocado a alternativas de tratamiento, tecnologías, infraestructura y metodologías en materia de RPBI's, respaldadas por su efectividad.
4. Con el propósito de garantizar un eficaz cumplimiento de la normatividad, en lo relacionado con el manejo de los RPBI's, "SALUD", por conducto de "LA COFEPRIS", y "LA SEMARNAT", por conducto de "LA PROFEPA", se comprometen a proporcionar a los establecimientos generadores y prestadores de servicios a terceros de RPBI's, una guía de aplicación de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, para su cabal cumplimiento y minimizar los riesgos sanitarios y efectos al medio ambiente.
5. Promover ante los organismos facultados, la realización de investigaciones encaminadas a estudiar los efectos nocivos al ambiente y la salud, derivados del mal manejo de los RPBI's.
6. Coordinar y coparticipar en la expedición de criterios, lineamientos, disposiciones y normas que regulen las actividades relacionadas con el manejo de los RPBI's con las autoridades competentes en la materia.
7. Difundir a través de sus representaciones estatales, los beneficios que se persiguen con el presente instrumento, y promover su cumplimiento.
8. Instrumentar y desarrollar un procedimiento para el intercambio de información en materia RPBI's a nivel regional y estatal, que permita el eficiente cumplimiento y seguimiento del objeto previsto en el presente Convenio.

9. Comunicar a la contraparte la existencia de factores de riesgos para la salud o medio ambiente, según el caso.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriores la SSA se compromete a:

- a) Llevar a cabo, por conducto de "LA COFEPRIS", las actividades de vigilancia sanitaria de conformidad con lo establecido en el artículo 2 fracción XI del Reglamento de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y que incluye las actividades de evaluación, verificación y supervisión de las etapas establecidas en los numerales 6.2., 6.3., 6.3.1., 6.3.2., 6.3.3. y 6.3.4 de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, dentro de los establecimientos que otorgan la prestación de servicios de salud, tanto públicos como privados, para el cabal cumplimiento de la citada norma, conforme a sus atribuciones y competencias, establecidos en la Ley General de Salud, Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, y demás normas aplicables.
- b) Identificar y evaluar los riesgos sanitarios derivados del manejo de los RPBI's por los establecimientos generadores, en el estricto marco de su competencia y atribuciones.
- c) Establecer las políticas, procedimientos y criterios a que se sujetarán las autoridades sanitarias del país para el manejo de los RPBI's.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriores la SEMARNAT se compromete a:

- a) Llevar a cabo, por conducto de "la PROFEPA", la inspección y vigilancia en materia de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI's) para el cabal cumplimiento a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, en el ámbito de sus atribuciones y competencias y tomando en cuenta lo establecido en la cláusula tercera inciso a) del presente instrumento. Lo anterior en apego a lo indicado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y el Reglamento que para el caso de esta Ley se expida y demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables en materia de residuos peligrosos no considerados en este instrumento.
- b) Con el propósito de orientar a los generadores de RPBI's y a los prestadores de servicios a terceros para el manejo de los mismos, "LA SEMARNAT", por conducto de "LA PROFEPA", impartirá pláticas de capacitación respecto del cumplimiento de la normatividad en materia ambiental en la medida de sus posibilidades y de conformidad con sus atribuciones y competencias.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos se forma la Comisión de evaluación y Seguimiento (CES).

Para dar cumplimiento a la evaluación y seguimiento de las Bases de Colaboración objeto de este instrumento, las partes se comprometen a constituir una Comisión de Evaluación y Seguimiento (CES), la cual se integrará de común acuerdo por un número igual de representantes de cada una de ellas, así como un representante oficial permanente, quien será el encargado de coordinar todas las actividades asociadas.

El objetivo del CES es establecer un mecanismo de coordinación entre ambas instituciones, para la evaluación y seguimiento de las situaciones de riesgo derivadas de las actividades inherentes al manejo de los RPBI's, que permita atenderlas oportunamente de acuerdo al ámbito de sus respectivas competencias.

Para efectos de la organización, convocatoria, registro y seguimiento de acuerdos de las reuniones de esta Comisión, ésta será presidida por las partes de manera alternada, en forma anual, correspondiéndole la presidencia del primer año y a partir de la firma de este documento.

La CES que constituirán las partes, deberá sesionar en forma ordinaria cada seis meses o de manera extraordinaria a petición de alguna de las partes y tendrá las siguientes atribuciones:

1. Revisar, evaluar y dar seguimiento a las acciones desarrolladas con motivo de la ejecución de las presentes Bases de Colaboración;
2. Revisar la correcta coordinación de actividades para la ejecución del presente instrumento;
3. Proponer a las partes cualquier medida que contribuya a mejorar el cumplimiento de la Norma;
4. Resolver las controversias que pudieran presentarse con motivo de la ejecución e interpretación del presente instrumento;
5. Las demás que señalen oportunamente las partes.

ANEXO IV: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LOS RPBI'S DESDE EL GENERADOR HASTA LA DISPOSICIÓN FINAL.

Programa de Capacitación de la Empresa BIOCEN, S.A. de C.V.

Nota: Se cuenta con la autorización de la empresa BIOCEN para presentar este documento en la tesis.

OBJETIVO: Que los operadores de la empresa conozcan a detalle las actividades a realizar durante la recolección, el transporte y el almacenamiento temporal de los RPBI's, observando su seguridad personal y la seguridad del entorno, en orden y limpieza; además de documentar los datos correspondientes al lugar dónde se llevará a cabo la recolección.

I. De las operaciones de manejo de los RPBI's.

El operador es el encargado de los procedimientos de recolección, transporte y almacenamiento temporal de los RPBI's.

1. Los operadores deberán recibir la inducción al puesto, así como la capacitación necesaria en el manejo de los RPBI's, por parte del supervisor operativo.
2. A fin de realizar el manejo de los RPBI's, los operadores estarán familiarizados con los términos y vocabulario siguientes:
 - a) **Recolección:** acción y efecto de recolectar.
 - b) **Residuo:** parte que queda de un todo, aquello que resulta de la destrucción o de la descomposición de algo.
 - c) **Residuo Peligroso Biológico Infeccioso (RPBI's):** es el que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección, que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a los seres vivos y al ambiente, y que se generan en establecimientos de atención médica.
 - d) **Generador de residuos:** institución en la que se generan RPBI's resultado de sus actividades de atención médica, animal o humana.

- e) **Contenedor:** recipiente específico para la recolección de los RPBI's.
 - f) **Bolsas de recolección:** bolsas de plástico de colores amarillo o rojo, impresas con el símbolo internacional de riesgo biológico, de calibre específico y de composición química definida, para la recolección de este tipo de residuos.
 - g) **Báscula:** aparato que sirve para pesar, provisto de una plataforma donde se apoya el peso.
 - h) **Manifiesto:** documento en el que se registran los datos del generador de RPBI's, cantidad de residuos recolectados, datos de los transportistas, del tratador y del destino final de estos residuos.
 - i) **Almacenamiento temporal:** sitio en el que quedan resguardados RPBI's durante el tiempo permitido por la autoridad ambiental.
 - j) **Símbolo internacional de riesgo biológico:** símbolo a través del cual una sustancia, producto o residuo se identifica como portador de riesgo de contaminación biológica (infección).
- 3) La recolección de los RPBI's consta de los pasos siguientes:
- a) **Desplazamiento del vehículo autorizado para la recolección:** el operador y su ayudante se desplazarán al sitio de generación de los residuos, habiendo verificado que el vehículo de recolección se encuentre en perfectas condiciones mecánicas y de limpieza.
 - b) **Recolección en el sitio generador:** una vez en el sitio generador, el operador contactará al encargado del sitio, a fin de recolectar los residuos en los contenedores, bolsas y recipientes autorizados. No se pondrán recolectar residuos a granel o en bolsas no especificadas.
 - c) **Pesaje de los residuos:** en presencia del encargado o responsable del sitio generador, el operador y su ayudante pesarán los contenedores y registrarán los datos que aparecen en el manifiesto correspondiente.
 - d) **Verificación de los contenedores:** antes de subir los contenedores a los vehículos, el operador y su ayudante deberán verificar que aquéllos se encuentren herméticamente cerrados, a fin de evitar cualquier derrame o caída de los residuos recolectados.
 - e) **Colocación de los contenedores:** el operador y su ayudante deberán colocar los contenedores dentro de la caja del vehículo de tal forma que se evite el desplazamiento de los mismos.

- f) **Verificación del equipo de seguridad:** antes de recolectar los residuos, el operador deberá verificar que en el vehículo lleva el equipo de seguridad básico que consiste en delantal, googles, guantes, desinfectante, cubeta y jerga.
- g) **Elaboración del manifiesto de generación, transporte y eliminación.** El operador deberá registrar los datos que se solicitan en el manifiesto del generador de residuos.
- h) **Bitácora del uso del vehículo.** Después de cada recolección, el operador deberá registrar los datos siguientes en la bitácora de uso del vehículo:
- Institución a la que acudió a recolectar residuos.
 - Cantidad de residuos recolectados.
 - Hora a la que se presentó en la institución
 - Hora a la que abandonó la institución.
 - Observaciones generales.
 - Nombre del responsable que lo atendió y firmó el manifiesto.
- 4) **Transporte y almacenamiento de los residuos.** Una vez registrada la información solicitada, el operador se trasladará a la institución siguiente marcada en la ruta de recolección, hasta cubrir la capacidad del vehículo. Finalmente, transportará los residuos al sitio de almacenamiento temporal.
- 5) **Entrega de los documentos.** Los operadores tienen la obligación de entregar a la empresa BIOCEN todos los documentos generados durante el proceso de recolección, entre los que se encuentran los documentos que indican el volumen de los residuos recolectados, manifiestos, facturas de combustible generadas, información proveniente de los clientes, etc.

II. Procedimiento para la limpieza de la caja refrigerada destinada al almacenamiento temporal de los RPBI's.

La limpieza de la caja refrigeradora destinada al almacenamiento temporal de los RPBI's consta de los elementos siguientes:

- 1) La caja refrigeradora para el almacenamiento temporal de los RPBI's deberá ser limpiarse cuidadosamente después de vaciar su contenido. Esta acción se realiza regularmente, una vez por semana.

- 2) Para fines de limpieza, la caja refrigeradora estará apagada a fin de aumentar la temperatura de ésta por arriba de los 10°C y que se pueda limpiar con facilidad.
- 3) Una vez vaciado el contenido, se barre el interior de la caja refrigeradora a fin de eliminar residuos sólidos tales como piedras, pasto o cualquier residuo pegado en la base de los contenedores.
- 4) Una vez barrido, en una cubeta de 19 litros se prepara una solución 1/10 con el detergente biodegradable, bactericida y germicida. Con esta solución se limpian paredes y pisos, enjuagando la jerga regularmente hasta su limpieza total.
- 5) El detergente restante y a la jerga se les agrega una solución de cloro al 10%, a fin de inactivar cualquier posibilidad biológica. Se dejan en esta solución durante 1 hora.
- 6) La caja refrigeradora se vuelve a encender y la acción de limpieza se repite después de la siguiente descarga de residuos.

III. Procedimiento de limpieza al que se someten los vehículos de recolección de RPBI's.

Los vehículos de recolección deben someterse a un proceso de limpieza, el cual consta de las etapas siguientes:

- 1) Antes de cada recolección, se verifica que los vehículos estén limpios.
- 2) La limpieza de los vehículos, tanto de su exterior como del interior, de la carrocería y de la caja donde se transportan los residuos se realiza diariamente.
- 3) Para la limpieza exterior de los vehículos se usa solamente agua y una jerga; el jabón se emplea únicamente cuando la unidad tiene tierra pegada. Se utiliza una cubeta de 19 litros en la que se enjuaga la jerga de forma regular hasta que la unidad queda limpia.
- 4) El interior de la caja primeramente es barrido y en seguida limpiado con jabón biodegradable, con acción bactericida y germicida, o bien con una solución al 10% de hipoclorito de sodio.
- 5) Tanto las paredes como el piso de la caja se limpian con la solución preparada, la cual, después de usada, cae a un tanque de lixiviados integrando a la propia unidad. De ahí, la solución se deposita en un contenedor para líquidos herméticos y se envía a tratamiento.
- 6) La jerga se lava en una solución con cloro al 10% y la solución restante se vacía en el mismo contenedor de líquidos.

IV. Almacenamiento temporal de RPBI's (Estación de Transferencia).

Una vez que la ruta de recolección es completada, los vehículos llegan al centro de acopio para realizar el trasvase de los contenedores de almacenamiento temporal a la cámara refrigerada (que se ubica en dicho centro). La estiba de los contenedores se realiza por filas de cinco contenedores a lo ancho por tres a lo alto. En el caso de los contenedores para residuos punzocortantes, éstos son ubicados por separado, dentro de la misma caja; en caso de que dichos contenedores se encuentren en mal estado o sin tapa, son depositados dentro de otro contenedor para almacenamiento temporal, visiblemente identificado, a fin de evitar accidentes.

El transporte de los RPBI's del centro de acopio a la planta de tratamiento se lleva a cabo según el programa previamente diseñado, el cual toma en cuenta la generación de residuos y que la caja refrigeradora se encuentre a un máximo de un 75% de su capacidad. En caso de que la caja se encuentre a dicha capacidad antes del periodo normal de transporte, se programan rutas extraordinarias para trasladar los RPBI's a la planta de tratamiento y evitar la saturación de la capacidad de dicha cámara.

En cada uno de los procesos de trasvase y traslado de los contenedores, el personal utiliza el equipo de seguridad necesario y se apega a los procedimientos y planes de emergencia instituidos previamente por la empresa. En el centro de acopio, estos procesos son supervisados por el encargado de la operación (supervisión de rutas), el cual se encarga también del llenado de la documentación necesaria.

V Tratamiento de RPBI's.

Sterimed, S.A. de C.V. cuenta actualmente con dos plantas autorizadas para el tratamiento de los RPBI's, en las cuales se utilizan los métodos de esterilización e incineración.

1. Los vehículos de transporte de RPBI's que llegan a la planta de tratamiento se conducen a un área de descarga. En este punto, los contenedores se descargan de los vehículos y se colocan en plataformas móviles para ser llevados a proceso.

2. Los residuos patológicos se llevan al área de incineración en donde permanecen almacenados en una cámara refrigerada, hasta que se acumula una carga completa.
3. El incinerador es de doble cámara y se controla automáticamente. La cámara primaria se encuentra programada a 550°C y la secundaria a 950°C. El incinerador se utiliza para tratar únicamente residuos patológicos; esto es, aproximadamente un 3% del total de los RPBI's que se reciben. De esta forma se incinera exclusivamente lo que por norma debe ser incinerado, disminuyendo al máximo las posibles emisiones a la atmósfera. Las cenizas resultantes son enviadas a confinamiento, en un relleno sanitario.
4. Los residuos no anatómicos son llevados al proceso de esterilización en una autoclave de alto vacío, controlada automáticamente.

El ciclo de esterilización. A fin de permitir el contacto inmediato del vapor con los residuos a tratar, el aire se extrae de la cámara, creando vacío. A continuación, se inyecta vapor saturado hasta alcanzar una temperatura de 140 °C; esta temperatura se sostiene por un periodo de 30 minutos para garantizar una eficiencia alta de destrucción de microorganismos.

Una vez cumplido el periodo de esterilización, el vapor se extrae mediante la bomba de vacío, para evitar su condensación dentro de la cámara y evitar que se agregue agua a los residuos. El vapor extraído de la cámara se condensa para reutilizarse en la generación de vapor.

Completado el ciclo, los residuos son descargados y triturados para volverlos irreconocibles, según lo marca la norma NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Los residuos estériles y triturados son enviados a confinamiento en un relleno sanitario como residuos no peligrosos.

Los esterilizadores cuentan con un graficador que registra los datos siguientes de forma constante: fecha, hora, presión y temperatura. Estos datos permiten verificar en todo momento que los ciclos cumplan con las condiciones óptimas de operación, y así garantizar la esterilización de los residuos.

Los esterilizadores no presentan emisiones contaminantes a la atmósfera, ni al drenaje; es por ello que el 97% de los RPBI's se tratan con esta tecnología.

5. Desinfección de contenedores y de vehículos de transporte. En la planta de tratamiento de RPBI's se cuenta con un área de lavado y de desinfección de contenedores y de vehículos de transporte (Ver párrafo III de este Anexo). Los contenedores secados se envían de vuelta a las unidades médicas o centros de acopio.

6. Disposición final. Los residuos tratados mediante esterilización se consideran residuos municipales no peligrosos y por lo tanto pueden ser dispuestos sin peligro en un relleno sanitario. SteriMed envía los residuos tratados mediante esterilización a la dirección siguiente:

Lugar: Neza 1

Ubicación: Municipio de Netzahualcóyotl, Edo. De México.

Superficie: 40 has.

Superficie destinada a actividad de confinamiento: 400 m².

Condiciones específicas: Recolectora King Kong, S.A. de C.V.

Fuente:

BIOCEN, S.A. de C.V.

SteriMed, S.A. de C.V.

Lic. Ricardo González González (Director).

Jesús Goytortua No. 390-105, Col. Tangamanga, C.P. 78260 San Luis Potosí, S.L.P.

Nota: La empresa PIREBSA que recolecta actualmente los RPBI's en San Luis Potosí tiene el mismo domicilio.

ANEXO V: ENCUESTA PARA SERVICIOS DE SALUD.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ. FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
MESTRIA EN HIDROSISTEMAS (OPCIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL)

TESIS: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN SAN LUIS POTOSÍ
Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL
ENCUESTA PARA SERVICIOS DE SALUD

TIPO DE SERVICIO QUE PRESTA	DENTISTA () VETERINARIA () LAB. ANALISIS CLÍNICOS () MÉDICOS ESPECIALISTAS () OTROS ()	
NOMBRE DEL ENCUESTADO (OPCIONAL)		
DOMICILIO (OPCIONAL)		
SERVICIO QUE PRESTA EL ESTABLECIMIENTO SITUACIONES, OPERACIONES, CURACIONES, ETC.		
¿CONOCE LAS ENFERMEDADES QUE SE PUEDEN TRASMITIR POR EL MANEJO INADECUADO DE LOS RPBI's QUE SE GENERAN EN LOS CENTROS DE SALUD? MENCIONELAS		
¿CONOCE LA NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL MANEJO DE LOS RPBI's?	SI ()	NO ()
ENUNCIE EL NOMBRE DE LA NORMA CORRESPONDIENTE		
¿EL SERVICIO DE SALUD A SU CARGO ESTÁ REGISTRADO COMO GENERADOR DE RPBI's?		
TIPO DE RPBI's GENERADOS:	CANTIDAD DE RPBI's GENERADOS KG/MES	RESIDUOS TRATADOS IN SITU KG/MES
SANGRE ()	SANGRE _____	SANGRE _____
CULTIVOS Y CEPAS ()	CULTIVOS Y CEPAS _____	CULTIVOS Y CEPAS _____
PUNZOCORTANTES ()	OBJETOS _____	OBJETOS _____
ANATÓMICOS ()	PUNZOCORTANTES _____	PUNZOCORTANTES _____
NO ANATÓMICOS ()	ANATÓMICOS _____	ANATÓMICOS _____
MUESTRAS DE ORINA Y EXCREMENTO ()	NO ANATÓMICOS _____	NO ANATÓMICOS _____
JERINGAS Y AGUJAS ()	MUESTRAS DE ORINA Y EXCREMENTO _____	MUESTRAS DE ORINA Y EXCREMENTO _____
ALGODONES CON SANGRE ()	JERINGAS Y AGUJAS _____	JERINGAS Y AGUJAS _____
MEDICAMENTO CADUCO ()	ALGODONES CON SANGRE _____	ALGODONES CON SANGRE _____
VACUNAS ()	MEDICAMENTO CADUCO _____	MEDICAMENTO CADUCO _____
OTROS ()	VACUNAS _____ OTROS _____	VACUNAS _____ OTROS _____
TIPO DE TRATAMIENTO DE LOS RPBI's IN SITU:	TOTAL DE RPBI's ENVIADOS A TRATAMIENTO KG/MES	
ESTERILIZACIÓN ()	SANGRE _____ CULTIVOS Y CEPAS _____	
MICROONDAS () INCINERACIÓN ()	OBJETOS PUNZOCORTANTES _____ ANATÓMICOS _____	
DESINFECCIÓN QUÍMICA () TRITURACIÓN ()	NO ANATÓMICOS _____ MUESTRAS DE ORINA Y EXCREMENTO _____	
AUTOCLAVE () RADIACIÓN UV ()	JERINGAS Y AGUJAS _____ ALGODONES CON SANGRE _____	
RAYOS INFRARROJOS () OTROS ()	MEDICAMENTO CADUCO _____ VACUNAS _____	
INDIQUE _____	OTROS _____	
EMPRESA RECOLECTORA DE LOS RPBI's		
EMPRESA QUE DA TRATAMIENTO A LOS RPBI's		

NOMBRE DEL ENCUESTADOR: _____
FIRMA DEL ENCUESTADOR: _____

FECHA: _____

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFREDO AVILA GALARZA, PROFESOR-INVESTIGADOR, CIEP, FACULTAD DE INGENIERÍA

ANEXO VI: TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA PRESENTACIÓN DE PROTOCOLOS DE PRUEBA.

Introducción

El Instituto Nacional de Ecología, a través de la SEMARNAT y de la Dirección de Materiales y Residuos Especiales, y con el fin de verificar la eficiencia de los equipos de tratamiento de residuos sólidos para evitar emisiones contaminantes y cuidar la salud de la población, ha elaborado los términos de referencia siguientes para la presentación de Protocolos de Pruebas (CEPIS, 1996).

El objetivo general de este subcapítulo es presentar la formulación e instrumentación de los Protocolos de Prueba, para verificar la eficiencia de los equipos de tratamiento de residuos sólidos que operan en los centros de salud.

Un **Protocolo de Prueba** es un programa de verificación e inspección aplicado por una organización para el control de la calidad y de la operación de un equipo, proceso o servicio, así como de sus condiciones de seguridad y confiabilidad. La autoridad competente emitirá un dictamen al continuar la prueba.

El control positivo es el número probable (NMP) de microorganismos que se tienen en una muestra después del tratamiento, ya libres de temperatura y de agentes químicos.

A continuación se presentan los lineamientos de referencia para la elaboración del Protocolo de Pruebas.

VI.1 Protocolo de Prueba para Equipos de esterilización y desinfección química.

El control y erradicación de las infecciones se inicia con la limpieza, desinfección y esterilización a todos los niveles, desarrollando parámetros y protocolos de los equipos

médico-hospitalarios y de los residuos que son tratados in situ para garantizar la destrucción de todo tipo de gérmenes.

1. **Objetivo.** Evaluar la capacidad del sistema para inactivar esporas bacterianas, resistentes a germicidas y/o al calor, durante el procedimiento normal del tratamiento de los residuos, a través de inóculos microbianos significativos y materia orgánica, en cargas de residuos subrogados.
2. **Definición de los parámetros de operación del equipo.** Se describen las condiciones normales de operación del equipo como son temperatura, presión y tiempo de residencia de los residuos. En caso de desinfectantes se dará la concentración empleada, además de la descripción del tratamiento. Se debe presentar un diagrama de flujo de la operación.
3. **Definición de las muestras a tratar.** Se definen los residuos a tratar, dando una cantidad aproximada según su tipo, señalando si son patológicos, su área de procedencia: enfermería, laboratorio, comedor, limpieza general, etc.
4. **Definición de microorganismos que se utilizarán.** Para comprobar la eficiencia del equipo se hace una inoculación con los microorganismos siguientes:
 - a) *Bacillus stearothermophilus*. Para esterilización donde se utilice vapor seco y/o húmedo por autoclave, microondas y radiación.
 - b) *Bacillus subtilis*. Para desinfección química.Además, se deben mencionar las características de resistencia del microorganismo inoculado en los residuos a los tratamientos térmicos o desinfectantes químicos como son: presión, temperatura, humedad, pH, concentración, etc.
5. **Técnicas analíticas utilizadas.** Se describen y anexan las técnicas empleadas para la preparación de los inóculos y para la recuperación y el recuento de las bacterias. Se especifican los medios y reactivos a utilizar para demostrar la eficiencia de un tratamiento de los RPBI's.
6. **Evaluación de la eficiencia del equipo.** Para la evaluación de la eficiencia del equipo se llevan a cabo las acciones siguientes:
 - a) Se realiza una prueba en blanco (muestra sometida a tratamiento, sin agente desinfectante o esterilizante).
 - b) Se realiza un testigo positivo (muestra sin tratamiento).

Las muestras para los sistemas de esterilización deben usar un inóculo de concentración mínima de 1×10^5 ufc/gr (unidades formadas de colonias por gramo) por

el método de conteo en placas. Los sistemas de desinfección deben usar una concentración que permita evaluar una reducción de microorganismos de un 99.999%. Se recomienda usar una concentración mínima de 1×10^8 ufc/gr de inóculo, cuando se utilicen métodos de conteo en placa.

Las muestras se colocan dentro del sistema de manera que cubran las partes más representativas de la geometría de éste. El sistema se valúa al 85% y al 100% de su capacidad real de carga. La emisión de compuestos contaminantes a la atmósfera y las descargas de agua residual se monitorean de acuerdo con la normatividad en la materia. Se deberán monitorear también, los remanentes en residuos sólidos que señala la Dirección General en Materia de Residuos Especiales del Instituto Nacional de Ecología.

7. **Expresión de resultados.** Para la cuantificación de la concentración de las bacterias recuperadas, al final del proceso se utiliza generalmente el logaritmo de reducción en base diez, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Log}_{10} \text{reducción} = \text{Log}_{10} \text{Cp} - \text{Log}_{10} \text{Cf} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

$\text{Log}_{10} \text{Cp}$ = Concentración del control positivo al final del tratamiento, sin temperatura y sin agente desinfectante.

$\text{Log}_{10} \text{Cf}$ = Concentración final de microorganismos después del tratamiento con temperatura y agente desinfectante.

8. **Control de calidad.** Se citan las técnicas y procedimientos para el control de calidad durante la preparación de reactivos, el muestreo y la recuperación de esporas al final del tratamiento.

VI.2 Protocolos de Prueba para Equipos de Incineración.

La elaboración del protocolo de pruebas para el equipo de la incineración de residuos consta de las doce etapas siguientes:

1. **Objetivo.** El objetivo que se persigue es comprobar que el equipo incinera eficientemente los residuos sin emitir compuestos tóxicos al aire ambiente.

2. **Flujograma.** En el flujograma se marcan las etapas de las que consta el protocolo y las empresas que participan.
3. **Descripción y operación del tratamiento.** Se dan las características del equipo tales como capacidad de carga, chimenea, cámaras de combustión, tipos y capacidad de quemadores, aislamiento de las cámaras, sistema de alimentación, capacidad calorífica total, tipo de combustible que se utiliza, sistemas de seguridad con que cuenta, y tiempo de retención de los residuos y de los gases de combustión.
Desde la alimentación, se describe la forma en que el incinerador opera y cómo se controlan la entrada de los residuos, el encendido y el apagado de los quemadores. Se presenta un diagrama de flujo de operación.
Condiciones de operación del incinerador. Se documenta cuál es el tiempo de precalentamiento, las temperaturas que se alcanzan durante este periodo y las temperaturas normales de operación.
4. **Condiciones de prueba.** Para conocer la calidad de los gases de salida de la chimenea de cada incinerador, se realizan las pruebas variando la alimentación del incinerador, como se muestra a continuación.
 - a) Prueba N° 1. Se realiza sin alimentación de residuos.
 - b) Prueba N° 2. Se realiza al 85% de la alimentación.
 - c) Prueba N° 3. Se realiza al 100% de alimentación.
 - d) Prueba N° 4. Se realiza al 100% de alimentación con una cantidad conocida de PVC (Policloruro de vinilo).
5. **Evaluación de emisiones a la atmósfera.** Cuando el incinerador está operando en condiciones normales, se miden las emisiones a la atmósfera siguientes:
 - a) Partículas suspendidas totales.
 - b) Monóxido de carbono.
 - c) Óxidos de nitrógeno.
 - d) Ácido clorhídrico.
 - e) Plomo.
 - f) Cadmio.
 - g) Cromo total.
 - h) Arsénico.
 - i) Dibenzodioxinas policloradas.
 - j) Dibenzofuranos policlorados.
6. **Técnicas analíticas empleadas.** Se citan las técnicas analíticas utilizadas según las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que no exista NOM, se empleará algún método utilizado en otros países; esto para asegurar el control de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Tabla VI.1 Parámetros de control para incineradores de residuos hospitalarios.

Parámetro	Norma
Localización de puertos y determinación del	NMX-AA-09/1993.
Número de puntos transversos.	
Contenido de humedad.	NMX-AA-54-1978.
Composición volumétrica.	NMX-AA-35-1976.
Partículas suspendidas totales.	NMX-AA-10/1974.
Monóxido de carbono.	Celda electroquímica/NMX-AA-35-1976.
Ácido clorhídrico.	NOM-AA-70-1980.
Plomo.	Método 12 de la EPA adaptado.
Mercurio.	Método 12 de la EPA adaptado.
Cromo total.	Método 12 de la EPA adaptado.
Arsénico.	Método 12 de la EPA adaptado.
Dibenzodioxinas policloradas.	Método 23 de la EPA.
Dibenzofuranos policlorados.	Método 23 de la EPA.

7. **Equipo de muestreo.** Se cita el equipo de muestreo para cada uno de los parámetros.
8. **Evaluación de las cenizas.** Una vez terminado el muestreo de los gases de combustión, se obtiene una muestra representativa de las cenizas para realizarles el análisis CRETIB de acuerdo con la NOM-053-SEMARNAT-1993.
9. **Presentación de resultados.** Los resultados de las emisiones a la atmósfera se reportan en mg/m^3 , a condiciones normales de presión de una atmósfera, a temperatura de 25°C y corregidos al 7% de oxígeno.
10. **Experiencia del laboratorio.** Las experiencias del laboratorio que van a realizar los muestreos y los análisis, así como del personal que interviene directamente en ellos se presentan en forma resumida. El laboratorio debe estar acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).
11. **Hojas de campo.** Como supervisión y seguimiento de calidad, tanto para la operación del equipo como para el muestreo, se elaboran unas hojas de campo en donde se marcan paso a paso, las condiciones de operación y de muestreo (Tabla VI.2).

Tabla VI.2 Ejemplo de Hoja de campo.

Operación del incinerador		
¿Se efectúa secuencia en frío para verificar que todos los componentes del incinerador estén en perfectas condiciones?	Si	No
Durante las pruebas de secuencia en frío verificar:		
a) Capacidad de almacenamiento.		
b) Puertas de alimentación.		
c) Quemadores.		
d) Sistema de tratamiento de gases.		
Una vez verificado que todos los componentes están bien se procede a iniciar el arranque del incinerador y del tratamiento de gases.		
Hora de encendido del incinerador.		
Hora de encendido del equipo para el lavado de gases.		
¿El incinerador ha alcanzado sus temperaturas de precalentamiento?	Si	No
Se verifica mediante las siguientes temperaturas:		
a) Temperatura en la cámara primaria.		
b) Temperatura en la cámara secundaria.		
c) Hora en que alcanzó estas temperaturas.		
Una vez alcanzado el precalentamiento, se alimenta el incinerador.	Si	No
¿Después de una hora de iniciada la alimentación se alcanza la estabilización del equipo?	Si	No
Indicar las temperaturas a las cuales se alcanza la estabilización del equipo.		

- 12. Referencias.** Poner todas las referencias para la realización del protocolo de prueba. Ejemplo: Términos de Referencia para la Elaboración de Protocolos de Prueba del INE-SEMARNAT de la Dirección de Materiales y Residuos Especiales (Claire, 1996).

VI.3 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental.

Dentro de los términos de referencia para la presentación de prueba de los equipos de tratamiento de los RPBI's, se contempla también el monitoreo ambiental para asegurar el control y seguimiento de los impactos sobre la salud del personal y del entorno. Se pueden citar: ruido, radiactividad, humedad relativa, temperatura, partículas suspendidas totales, partículas viables biológicas, explosividad, lixiviados y biogás; estudios de

evaluación en fuentes fijas, descargas de aguas residuales e indicadores biológicos, entre otros (Montes de Oca, 1996).

El **objetivo general** de los monitoreos ambientales de las diferentes técnicas o tratamientos para los RPBI's generados en los establecimientos de salud es prevenir y controlar los impactos ambientales que se pudieran generar, a fin de evitar daños al ambiente y riesgos a la salud.

La metodología utilizada para el desarrollo del monitoreo ambiental de los RPBI's considera los equipos y procedimientos siguientes:

- 1) Equipo y procedimiento para determinar el ruido.
- 2) Equipo y procedimiento para determinar la radiactividad.
- 3) Equipo y procedimiento para muestreo y análisis de partículas suspendidas totales.
- 4) Equipo y procedimiento para muestreo y análisis de partículas viables biológicas.
- 5) Equipo y procedimiento para muestreo y análisis de lixiviados o agua residual.
- 6) Equipo y procedimiento para determinar la explosividad.
- 7) Equipo y procedimiento para muestreo de biogás.
- 8) Equipo y procedimiento para determinación de datos meteorológicos.
- 9) Equipo y procedimiento para muestreo de indicadores biológicos.
- 10) Equipo y procedimiento para muestreo de fuentes fijas.
- 11) Equipo y procedimiento para muestreo de residuos peligrosos.

Con el fin de establecer la logística de un programa de monitoreo ambiental, se presentan los criterios siguientes para los RPBI's generados en establecimientos de salud, una vez que se conoce la finalidad de dicho programa.

- 1) Tipo de técnica para el manejo, tratamiento y disposición final de los RPBI's.

<ol style="list-style-type: none"> a) Incineración. b) Esterilización con agentes químicos. c) Esterilización con vapor. d) Esterilización por radio ondas. 	<ol style="list-style-type: none"> e) Esterilización por micro ondas. f) Esterilización por radiación. g) Relleno sanitario.
---	---
- 2) Ubicación.

<ol style="list-style-type: none"> a) Dentro de zonas de alto riesgo. b) Asentamientos colindantes. c) Topografía y geología. 	<ol style="list-style-type: none"> d) Zonas de amortiguamiento. e) Área de estudio.
--	---

3) Residuo.

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| a) Cantidad. | c) Lugar de procedencia o |
| b) Características. | pretratamiento dado. |

VI.4 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Ruido.

El objetivo del monitoreo ambiental del ruido es la medición de los impulsos de presión para convertirlos en presión acústica, expresada en unidades de decibles (dB). La medición se realiza dentro de las áreas cerradas con más personal y/o en las áreas abiertas con mayor actividad.

El ruido está considerado como un contaminante de alto riesgo para la salud humana, y se le pueden atribuir síntomas y signos clínicos como náuseas, cefalea, irritabilidad, inestabilidad, ansiedad, insomnio, somnolencia y pérdida del apetito. El umbral del malestar físico se ubica en la región de los 80 dB.

La intensidad acústica del ruido que causa dolor es muy superior a la que provoca la pérdida auditiva, cuando se está sometido a ella habitualmente varias horas al día; por lo que se debe evitar, incluso, la exposición breve a esos niveles.

El nivel de ruido en áreas externas se determina en los lugares considerados como más ruidosos, empleando un sonómetro digital. Los resultados que se obtienen se fundamentan en base a la norma NOM-11-STPS-1993. Relativa a las condiciones de higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, para determinar si sobrepasa el límite permisible.

El nivel de ruido en las áreas internas se mide en forma ponderada y continua, de acuerdo a lo indicado en las normas siguientes.

- 1) NOM-80-STPS-1993. Higiene industrial, medio ambiente laboral, determinación del nivel sonoro continuo equivalente.
- 2) NOM-11-STPS-1993. Relativa a las condiciones e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

- 3) NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

VI.5 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Radiactividad.

El objetivo del monitoreo ambiental de la radiactividad es la medición de las radiaciones ionizantes y electromagnéticas con el fin de detectar las radiaciones, colocar dispositivos de seguridad y establecer procedimientos de trabajo adecuados en áreas abiertas y cerradas.

El tiempo de vida más corto de una radiación ionizante es de 12.35 años y el más largo de 4.7×10^{10} años. La radiación que reciben las células de los organismos vivos puede variar, dependiendo de su estructura y funcionamiento; de aquí que cada célula reciba la intensidad de la radiación en dosis diferentes y su alteración difiera. Esta alteración puede variar desde ligera hasta ruptura cromosómica de las células sanguíneas, pasando por la esterilidad, pérdida de cabello, malformaciones, cáncer, el acortamiento de la vida y la muerte (Montes de Oca, 1996).

Es indispensable que el parámetro de radiactividad se mida en las áreas de interés internas y externas, a fin de determinar los niveles de radiaciones presentes por efectos ionizantes en el ambiente. Las radiaciones proceden de dos fuentes: los rayos cósmicos que vienen del espacio y los radionucleidos presentes en el suelo, agua y aire.

El reglamento para determinar si un área se encuentra fuera de la normatividad corresponde al documento del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Este documento, de acuerdo a la normativa de 1997, recomienda un límite de seguridad de dosis de radiactividad en áreas exteriores e interiores efectivo para individuos del orden de 0.01 a 0.04 mR/hora (Montes de Oca, 1996).

El equipo necesario para medir la radiactividad consiste en un Medidor Geiger y un cronómetro. La medición que se realiza corresponde a la concentración derivada en aire y la contaminación superficial de cualquier dispositivo o material que emita radiaciones.

VI.6 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Partículas suspendidas totales (PST).

El objetivo de este monitoreo ambiental es el reconocimiento, la evaluación y el control de las partículas o polvos suspendidos totales en el aire, por el método del muestreador de alto volumen para los casos de áreas abiertas y de ambiente laboral (Montes de Oca, 1996).

El equipo necesario para medir las PST consiste en: a) Filtros pesados a peso constante, b) Muestreador de alto volumen o portafolio con bomba de muestreo personal, c) Medidor de flujo, d) Termómetro, e) Barómetro, f) Cronómetro, g) Balanza Analítica y h) Foliador.

El muestreo de las PST consta de las etapas siguientes:

- 1) Inspeccionar a contra luz cada filtro para detectar posibles orificios u otras imperfecciones.
- 2) Hacer funcionar previamente el muestreador o bomba a fin de lograr la temperatura de operación.
- 3) Limpiar el equipo, colocar la gráfica y colocar el dispositivo en el punto de muestreo.
- 4) Instalar el filtro en el muestreador. La carga rugosa del filtro deberá estar hacia arriba.
- 5) Registrar la lectura del indicador de flujo y, en caso necesario, la presión barométrica y la temperatura ambiente. Determinar la velocidad del flujo del muestreador y si está dentro del rango aceptable (1.1 a 1.7 m³/min, para el muestreador de alto volumen, y de 1.5 a 2L/min, para el muestreo de ambiente laboral/personal). Utilizar otro filtro o ajustar la velocidad de flujo del muestreador.
- 6) Registrar la información que identifique el muestreador (número del filtro, sitio, fecha del muestreo, hora de inicio, hora de terminación del muestreo, condiciones ambientales, así como el nombre, la persona o área para muestra laboral).
- 7) Colocar el dispositivo de control de tiempo para activar y detener el muestreador de modo que funcione el periodo que sea requerido.
- 8) Verificar cada hora el funcionamiento del equipo y la caída de presión en una gráfica del medidor de flujo.

- 9) Registrar la lectura del indicador y, en caso necesario, la presión barométrica y la temperatura ambiente.
- 10) Detener el muestreador y quitar cuidadosamente el filtro. Tocar únicamente los bordes del filtro; doblar el filtro a lo largo, de modo que solamente se toquen entre sí las superficies con las partículas y colocarlo dentro de un sobre (utilizar guantes).
- 11) Anotar los datos de campo como hora de término y el tiempo transcurrido.
- 12) Anota en la hoja de registro del filtro todos los factores de interés tales como: las condiciones meteorológicas, actividades de construcción, tormentas de arena o las posibles interferencias o actividades específicas de la persona o área a la que se le colocó el filtro que pudieran afectar la representatividad de la muestra.
- 13) El filtro, con sus hojas de campo respectivas, se entrega al laboratorio.

Medición de PST en exteriores.

La medición de las partículas suspendidas totales se realiza con el equipo de alto volumen según la Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de estas partículas en el aire ambiente, así como el procedimiento para la calibración de equipos.

Para ambiente laboral, la NOM-024-SSAI-1993 establece el criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales, con valor permisible de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la concentración de partículas suspendidas totales como medida de protección de la población.

Los muestreadores de alto volumen se ubican en función de la disponibilidad y el acceso a los sitios, a la infraestructura, la energía eléctrica, el libre acceso, la seguridad y la vigilancia. Se consideran también las condiciones climáticas favorables: dirección y velocidad del viento, humedad, precipitación pluvial etc.

Para realizar un muestreo adecuado que determine la concentración de las partículas suspendidas totales en áreas abiertas, se requiere el apego a las normas antes mencionadas para tratar de proteger a la población que labore dentro del sitio y que no tengan efectos nocivos y daños a la salud de la población vecina.

En general, las concentraciones más altas de partículas se presentan con mayor frecuencia en la época de estiaje, dando lugar a la suspensión de partículas. Una

atmósfera seca favorece el transporte de las partículas. En la época de lluvia, las concentraciones de partículas en el aire disminuyen; esto se debe a que la precipitación pluvial arrastra el suelo a las partículas por lo que la atmósfera queda limpia. El límite permisible de partículas en el aire que es de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Montes de Oca, 1996).

Medición de partículas suspendidas totales en interiores.

El método aplicado para el muestreo de polvos totales en ambiente laboral se basa en la NOM-085-STPS-1994 por el método de determinación gravimétrica. Los ambientes laborales deben contar con equipos de extracción y ventilación adecuada, así como con un estudio de higiene industrial en el rubro, para determinar la concentración de polvos presentes.

VI.7 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Partículas viables biológicas.

El objetivo de este monitoreo ambiental es la determinación y la evaluación de los microorganismos presentes en el aire, a partir de un muestreo que simula la respiración humana y separa las partículas en respirables y no respirables.

Los microorganismos y virus tienen alto efecto sobre la salud de la población si se encuentran dispersos en el aire. En los criterios de contaminación por partículas viables biológicas se consideran microorganismos como: coliformes, hongos y salmonella y la concentración de éstos se compara la tabla de Pierre Boutin la cual se toma como base para determinar el grado de contaminación por partículas biológicas, ya que no existe una forma que especifique la manera de realizar el muestreo (Tabla VI.3). La contaminación por partículas biológicas es un parámetro que debe determinarse en interiores y exteriores en los centros de salud.

Tabla VI.3 Tabla de Pierre Boutin para determinar el grado de contaminación por partículas viables.

UFC/m ³	Cabezal Andersen
Menor a 200.	No contaminado.
A partir de 200 hasta 800.	Ligeramente contaminado.
De 801 hasta 2,500.	Contaminado.
De 2,501 hasta 8,000.	Muy contaminado.
Mayor a 8,000.	Fuertemente contaminado.

UFC Unidad Formadora de Colonias.

Ya que la humedad favorece el desarrollo de colonias bacterianas, la concentración de éstas en el aire es mayor en la época de lluvias que en la época de estiaje.

El equipo necesario para medir las partículas viables biológicas consiste en un Cabezal Andersen, cajas petri con medios de cultivos selectivos, bomba de succión de 1/10 de H.P. y un tripié.

El muestreo de las partículas viables biológicas consta de las etapas siguientes:

- 1) Desinfectar perfectamente el área de trabajo con fenol o alcohol al 5%. La desinfección se debe realizar en un lugar cerrado.
- 2) Retirar de la hielera las cajas petri con medios de cultivo, para que alcancen la temperatura ambiente en un tiempo de 30 a 40 minutos.
- 3) Etiquetar las cajas petri con medios de cultivo, anotando entre otros: la determinación del sitio de muestreo, la zona de muestreo, la fecha y el tiempo de muestreo.
- 4) Limpieza del cabezal con fenol al 5% o con alcohol.
- 5) Colocar los medios de cultivo en el cabezal Andersen.
- 6) Ubicar el punto de muestreo y colocar el equipo en el tripié a una altura de 1.50m, para posteriormente accionar la bomba a flujo constante durante el tiempo de muestreo.
- 7) Retirar las cajas petri e incubarlas para su lectura e identificación en laboratorio.

Para realizar la medición de las partículas viables biológicas se emplean agares selectivos contenidos en cajas petri desechables y colocadas en el cabezal Andersen de dos etapas. El cabezal consta de dos placas con 200 orificios cada una; en la primera placa, los orificios tienen un diámetro de 1.5 mm y en la segunda éstos son de 0.4 mm. Este equipo de muestreo de dos etapas caracteriza a las partículas viables en partículas respirables y no respirables. Las partículas no respirables se detienen a nivel garganta y las respirables llegan a nivel pulmón.

VI.8 Protocolo de Prueba para el Monitoreo de Lixiviados y aguas residuales.

El objetivo de este monitoreo ambiental es muestrear, analizar y caracterizar las aguas residuales o lixiviados, que se producen en los centros de salud o laboratorios que

manejan elementos biológicos, con el fin de darle un seguimiento y control a los líquidos generados en el tratamiento de los residuos (Montes de Oca, 1996).

Actualmente no se cuenta con una norma específica para la generación de lixiviados; sin embargo, existen dos normas ambientales aplicables:

- 1) NOM-029-SEMARNAT-1993.- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de hospitales.
- 2) NOM-031-SEMARNAT-1993.- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de actividades agroindustriales de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. Esta norma incluye los veinte parámetros obligatorios siguientes:

1) Temperatura	2) Cadmio	3) Cromo hexavalente
4) Potencial de Hidrógeno	5) Cianuros	6) Cromo total
7) Sólidos sedimentables	8) Cobre	9) Flúor
10) Grasas y aceites	11) Zinc	12) Mercurio
13) Conductividad eléctrica	14) Fenoles	15) Níquel
16) Sustancias activas al azul de metileno	17) Plomo	18) Plata
19) Arsénico	20) Aluminio	

Se debe considerar la temporada en la que se realizará la toma de muestras, ya que la lluvia es un factor que altera notablemente las concentraciones de los parámetros determinados. Esta modificación consiste en una dilución provocada por la infiltración de agua de lluvia a través del suelo y que a su paso arrastra residuos orgánicos e inorgánicos (INE, 1998).

VI.9 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de la Explosividad.

El objetivo de este monitoreo ambiental es la medición del por ciento de explosividad (%) en la zona de interés, con el fin de localizar las áreas peligrosas y evitar cualquier contingencia.

El límite de explosividad para una muestra de metano en aire es del 7% al 17%; además, se debe considerar la posible migración del metano en terrenos permeables, ya que puede avanzar grandes distancias y llegar a generar eventualidades desde mínimas, hasta afectaciones graves a la integridad de la población vecina a la zona de estudio (Montes de Oca, 1996).

La explosividad se determina en áreas externas e internas en donde se considere que existan o manejen sustancias explosivas. Además de los controles normales se debe considerar el monitoreo ambiental, por ejemplo, en registros para descargas de aguas residuales, los pozos o respiradores, etc. Las áreas de trabajo deben ser medidas y monitoreadas continuamente por la acumulación de gas explosivo que pudiera fugarse y afectar a la salud humana.

Actualmente no existe una normatividad que rija la explosividad de forma específica. Los resultados que se obtienen son variables tanto en sitios externos como internos, ya que van desde 0% al 100% de explosividad en la escala que maneja cualquier dispositivo. El equipo necesario para medir la explosividad es el explosímetro.

VI.10 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental del Biogás.

El objetivo de este monitoreo ambiental es la medición del por ciento de explosividad (%), con el fin de localizar las áreas peligrosas, seguir su mitigación por el subsuelo y evitar cualquier contingencia por la acumulación de metano (Montes de Oca, 1996).

Estos gases se deben de monitorear en los sitios de disposición final de los residuos peligrosos. Los gases biológicos que, en concentraciones altas, son considerados peligrosos para el medio ambiente y la salud son los siguientes:

- a) CH₄ (metano) No tiene olor ni color; no calienta espontáneamente pero puede ser explosivo y causa fuego; es de baja solubilidad y difícil de metabolizar.
- b) CO₂ (dióxido de carbono). No tiene olor ni color. Es considerado como un asfixiante.
- c) H₂S (sulfuro de hidrógeno). Sustancia venenosa (a 700 ppm en aire es mortal). De olor muy molesto e inflamable.

El biogás se genera mediante la descomposición de los residuos ya sea de forma aerobia o anaerobia. La composición del biogás puede variar repentinamente, por lo que su monitoreo debe llevarse a cabo de forma continua. Es importante resaltar que la época de lluvias favorece el incremento de biogás debido al aumento de humedad en los residuos.

Actualmente no existe una norma que rija los valores del biogás, pero su comportamiento se analiza por medio de la cromatografía de gases que determina el porcentaje presente de cada componente.

El equipo necesario para medir el biogás está compuesto de: bomba de vacío, globos metalizados y cromatógrafo de gases. Se debe tener extrema precaución durante el muestreo por el peligro de explosividad, además de evitar contaminar la muestra con aire ambiente que diluya la concentración.

VI.11 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Indicadores biológicos.

El objetivo de la medición de indicadores biológicos es verificar la destrucción de los microorganismos patógenos en los RPBI's, a partir de los indicadores de prueba que demuestren la eficiencia del tratamiento.

El equipo necesario para verificar la destrucción de los microorganismos patógenos consta de: indicador específico, frascos o bolsas estériles, material de laboratorio, hieleras y hielo.

El método de verificación de la destrucción de los microorganismos patógenos de los RPBI's considera las acciones siguientes:

- 1) De acuerdo al equipo o a la técnica de control, se utiliza el indicador biológico adecuado a una concentración de microorganismos mínima específica, para cada cantidad conocida de muestra.
- 2) Se selecciona(n) la(s) técnica(s) y microorganismo(s) a utilizar (Tabla VI.4):

Tabla VI.4 Técnicas para verificar la destrucción de los microorganismos patógenos en los RPBI's e indicadores biológicos que se utilizan.

Técnica	Microorganismo a utilizar
Química	Bacillus subtilis
Vapor húmedo	Bacillus estereotermophilus
Calor seco	Bacillus subtilis y Aspergillum niger

- 3) Se introducen al equipo de tratamiento. Las ampollitas (debidamente entre mezcladas con los RPBI's).
- 4) Se deben utilizar muestras recuperables.
- 5) Se debe evitar el crecimiento de microorganismos sin control antes y después de la prueba.
- 6) El inóculo se transporta al laboratorio para su reproducción y crecimiento controlado.
- 7) El conteo de microorganismos se realiza de acuerdo a la norma NOM-092-SSA 1/1994.

VI.12 Protocolo de Prueba para el Monitoreo Ambiental de Fuentes fijas.

El objetivo del monitoreo ambiental de fuentes fijas consiste en demostrar la eficiencia de operación del equipo, para mantener las emisiones al aire en los límites máximos permisibles y no contaminar el medio ambiente. Esto se logra a partir del análisis de diversos compuestos emitidos al aire.

Para verificar la operación del equipo de incineración, esterilización o desinfección se realizan diversas pruebas:

- a) **Prueba sin carga.** Proceso de combustión del gas L.P. Se determinan los parámetros siguientes: densidad de humo, partículas suspendidas totales, óxidos de nitrógeno, óxidos de carbono y dióxido de azufre.
- b) **Pruebas con carga.** Se determinan los parámetros siguientes: partículas suspendidas totales, monóxido de carbono, ácido clorhídrico, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, plomo, cadmio, mercurio, cromo total, arsénico, dibenzodioxinas y dibenzofuranos.

Las pruebas se realizan adicionando cargas de residuos normales y bajo condiciones controladas de adición de plásticos, ya que éstos contribuyen en gran manera a la generación de compuestos clorados tales como dibenzodioxinas y dibenzofuranos. Estos

parámetros, en particular, deben medirse a temperaturas inferiores a 300°C en los gases de la chimenea; a temperaturas mayores no son detectados, pero eso no indica que no se encuentren presentes.

Se verificará la peligrosidad de las cenizas y de los residuos que se obtienen de los procesos de incineración, desinfección, o esterilización de los residuos RPBI's a través de un análisis "CRETIB", determinando los parámetros listados en las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993, realizando un análisis comparativo para definir su disposición final.

El equipo para medir las emisiones a la atmósfera a partir de fuentes fijas es el siguiente:

- 1) Equipo calibrado para muestreo isocinético en fuentes fijas.
- 2) Equipo para medir NO_x por quimiluminiscencia.
- 3) Equipo electrónico y de impresión en campo para medición bióxido y monóxido de carbono, oxígeno, eficiencia de combustión y exceso de aire.
- 4) Equipo para muestreo de dibenzodioxinas y dibenzofuranos debidamente acondicionado, junto con la resina respectiva y su certificación.
- 5) Material de laboratorio.
- 6) Material de muestreo.
- 7) Reactivos.

Los métodos de medición de las emisiones a la atmósfera contemplan los puntos siguientes:

- 1) De acuerdo al equipo o técnica de control se verifican las condiciones de operación y de salida de emisiones de la fuente fija, con el fin de determinar los parámetros a medir según las normas NOM-AA-09 y NOM-AA-10.
- 2) Los parámetros que se miden se indican en la Tabla VI.5.

Tabla VI.5. Parámetros que se miden en el monitoreo de fuentes fijas.

Parámetro	Método
Dióxido de carbono.	NOM-085-SEMARNAT-1993.
Monóxido de carbono.	
Exceso de aire.	
Óxidos de nitrógeno.	
Partículas suspendidas totales.	
Dioxinas y furanos.	Método 23 de la EPA.
Metales pesados (plomo, arsénico, cromo total, cadmio y mercurio).	Método 12-A de la EPA.
Ácido clorhídrico.	Norma NOM-AA-70.
Humedad.	Norma NOM-AA-54.
Composición gaseosa en base seca.	Norma NOM-AA-35.

- 3) En todos los casos a muestrear se debe dar aviso de los muestreos a las autoridades ambientales. Los muestreos deben ser realizados por empresas reconocidas y autorizadas por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

VI.13 Protocolo de Prueba para el Análisis de los Residuos Peligrosos.

El tratamiento de los RPBI's debe cumplir con ciertos requisitos para la disposición final de éstos, con el fin de no contaminar el ambiente y de mantenerse en los límites máximos permisibles de los diferentes parámetros que indica la normativa.

El equipo de muestreo necesario para el análisis de los residuos peligrosos es el siguiente: muestreadores, frascos de vidrio de 2 litros con rosca, frascos de vidrio de 1 litro con rosca, material de laboratorio y hieleras y hielo.

El análisis de los residuos peligrosos consta de las etapas siguientes:

- 1) Muestreo por método de cuarteo de la forma más representativa posible.
- 2) La muestra obtenida en frasco a volumen muerto se emplea para realizar las primeras pruebas.
- 3) Analizar los residuos según las normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993, para determinar las características CRETIB de éstos.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Álvarez R., 2002. Evolución de la salud Pública y la Medicina Preventiva. 3ª Ed. México el Manual Moderno. pp. 3-11.

Albert Lilia A. 1990. Curso Básico de Toxicología Ambiental, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud p. 32 Editorial Limusa.

ANIQ-SETIQ. 1992. Guía de respuestas iniciales en caso de emergencias, ocasionadas por materiales peligrosos: ANIQ-SETIQ. 1ª Ed.

Brunner, C. R. 1993. Hazardous Waste Incineration. McGraw-Hill. 2ª Ed. U.S.A. pp.460.

Anabell. 2004. INE. Evaluación de la incineración de los residuos peligrosos.
Sitio web: <http://www.ine.gob.mx/ueaje/publicaciones/gacetas/381/anabell.html>
Fecha de consulta: 22 de octubre de 2008.

Barry Commoner. 1990. En Paz con el Planeta. Biblioteca de Divulgación científica, Muy Interesante. España.

Bejarano Fernando, 1994. Greenpeace México. Por una Producción Limpia de Desechos Tóxicos. Cuadernos para una sociedad sustentable. Frierich Ebert Stiftung y Grupo de Estudios Ambientales, A.C. (Selección y comentario al capítulo de la Agenda XXI y Foro paralelo de las ONGs).

Browner Carol. 2000. EPA. Justicia Ambiental.
Sitio Web: <http://www.epa.gov/espanol/envjusticefaq.htm>
Fecha de consulta: 21 de octubre de 2008.

CEPIS. Lima 1992. León Suematsu Guillermo, Sandoval Quintero Carlos, Terry Berro Carmen, Larrea Idiarte Fernando, Wharwood Gina. Saneamiento ambiental en los servicios de atención de salud. Metodología para la evaluación y diagnóstico de las condiciones sanitarias de las unidades de servicios de atención de salud.

CEPIS. 1996. Guía para el manejo interno de residuos sólidos en centros de atención de salud.
Sitio web: www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/repind62/guiamane/guianex1.html
Fecha de consulta: 8 de agosto de 2008.

CEPIS. 1996. Formulación e Instrumentación de Protocolo de Prueba.
Sitio web: <http://www.cepis.org.pe/bvsair/e/repindex/rep62/Formula/Formula.html>
Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2004.

CEPIS. 1997. REPINDEX No. 61. Riesgos ocupacionales de los trabajadores de la salud.
Sitio web: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep61/index.html>
Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2004.

CEPIS. 1997a. REPINDEX No. 62. Residuos Hospitalarios. Manejo y Disposición Final de Residuos Sólidos en establecimientos a la Salud. Sitio web:
<http://www.bvsde.paho.org/cdromrep66/fulltexts/eswww/proyecto/repidisco/publica/repindex/rep062.html>
Fecha de consulta: el 12 de noviembre de 2004.

CEPIS. Cantanhe de Álvaro. 1997b. Artículo. La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención a la salud. Sitio web:

CEPIS. 2002. Sistema de tratamiento y disposición final de residuos sólidos hospitalarios. Sitio web: <http://www.cepis.org.pe/cursoreas/e/ful/centros/modul.pdf>
Fecha de consulta: 3 de octubre de 2004.

CEPIS-OPS. Villena Chávez Jorge, Monge Gladys. 1997. Guía para el manejo interno de Residuos sólidos en los centros de atención a la Salud. Sitio web <http://www.cepis.opsoms.org/cdromrepi96/fulltexts/bvsars/e/ful/centros/guia/guia.pdf>
Fecha de consulta: 25 de julio de 2008

CEPIS-OPS. 1999. Manual para el Manejo de Desechos en establecimientos a la salud. Sitio web: <http://www.cepis.org.pe/cdromrepi96/fulltexts/eswww/ful/centros/guia/guia/manajuma.html>
Fecha de consulta: 6 de junio de 2004

Catálogo Oficial de Plaguicidas. 1996. Comisión Intersecretarial para el Control y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest).

Claire Van Ruymbeke. 1996. Control Ambiental e Ingeniería. Sitio web: <http://www.cepis.org.pe/eswww/ful/centros/guia/guia/formula/formula.html>
Fecha de consulta: 13 de abril de 2004.

Corte y Pasta: Minimización y Dirección de Basuras de la Investigación Biomédica. Vol. 108, banco de datos: La Élite de la Búsqueda académica "Minimización y dirección de basuras" (EBSCO) Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 25, 953.

Cortinas de Nava Cristina y Sylvia Vega Gleason. 1993. Residuos Peligrosos en el mundo y en México. Serie Monografías núm. 13. SEDESOL. INE.

Díaz Barriga Fernando. 1996. Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud. Rev. Salud Pública MX. México. p. 280-291.

D.O.F. 14 de septiembre de 2005. Bases de colaboración que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales (SEMARNAT) con la participación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Salud (SSA), con la participación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, para coordinar esfuerzos y vigilar el cumplimiento de la norma oficial mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Ehlers Victor, Steel Ernest. 1985. Saneamiento Urbano y Rural. "Eliminación de Desperdicios Hospitalarios", pp. 412-426.

EPA-1. Environmental Protection Agency. 1987. Los problemas asociados con la dirección de basuras arriesgadas de las instituciones educativas. Inc. Washington, DC: U.S. en el Banco de Datos: La Élite de la Búsqueda académica (EBSCO) Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

EPA Environmental Protection Agency. 1992. Programa de Eliminación de Desechos Médicos, California State Polytechnic University, Pomona. Sitio web: http://www.cadperu.com/virtual/file.php?1/moddata/data/3/10/880/EL_USO_EFFECTIVO_DEL_AUTOCLAVE.pdf Fecha de consulta: 3 de octubre de 2004.

EPA. Environmental Protection Agency. 1993. Code of federal regulations, Standards for the tracking and management of medical waste. Washington, DC: Government Printing Office. Pp. 190-259.

EPA Environmental Protection Agency. 1994. Medical waste incinerators. Background information for proposed standards and guidelines. North Carolina; p.131 (EPA 453/R 94/045a).

EPA. Environmental Protection Agency. 1995. Introduction to hazardous waste incinerators. Washington, D.C. EPA. p. 264-265.

EPA. Environmental Protection Agency. 2000. Interim Groundwater Remedy Remedial Design, Standard Chlorine of Delaware Site New Castle County, Delaware, USEPA Work Assignment No. 038-RDRD-03H6. Sitio web: http://www.epa.gov/reg3hscd/super/sites/DED041212473/fgdr/Final_GW_Basis_of_Design.pdf
fecha de consulta: 13 de agosto de 2008.

EPA. Environmental Protection Agency. 2001. EPA-CICA 452/F-03-021. Hoja de Datos-Tecnología y Control de Contaminantes al Aire. Sitio web: <http://www.epa.gov/ttn/catdir2/fregens.pdf>
Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2004.

EPA. Environmental Protection Agency 1998. "Guía de Dirección medioambiental para los Laboratorios Pequeños". EPA 233-B-98-001. Washington, DC: U.S., en Banco de datos: La Élite de la Búsqueda académica (EBSCO) Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

EPA. Environmental Protection Agency. 1988. Environmental Protection Agency 1998. La Minimización Oportunidad de Valoración "Manual de Residuos desechados". EPA/625/7-88/003. Cincinnati, OH, U.S. en Banco de Datos: La Élite de la Búsqueda académica (EBSCO) Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

EPA. Environmental Protection Agency. 1990. artículo EPA/625-20/009. Selected Hospital Waste Streams. Sitio web: <http://www.p2pays.org/ref/02/01059.pdf>
Fecha de consulta: 3 de octubre de 2008.

Freijo, José Luis; Gschwind, Ernesto. 2000. Boletín La Radiación Gama y sus Aplicaciones. Estructplan revista ambiental Argentina.

Garfias Vázquez Margarita; González Martínez Simón. 1996. Alternativas de Tratamiento y Manejo de los Residuos Peligrosos, p. 473-482. Universidad Autónoma de México, Programa Universitario de Medio Ambiente.

Germed. 1996. Gestión y Tratamiento de los Residuos Generados en los Centros de Atención a la Salud. Costa Rica. Sitio web: <http://www.ccss.sa.cr/germed/gestamb/samb05b.html>.
Fecha de consulta: 9 de octubre de 2004.

Gestión de Residuos Sólidos, 2ª Ed.; Secretaría de ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid 1982.

González L. 1982. Historia de las Calles de México. Vidas y costumbres de otros tiempos. México D.F. Ed. Gómez-Gómez Hnos. pp. 18-19.

Greenpeace. 2001. Alternativas a la Incineración de Residuos Hospitalarios. Sitio web: <http://www.ecoportal.net/content/view/full/21534>
Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2008.

Greenpeace. 1993. Jugando Con Fuego. Incineración de Residuos Peligrosos. 2ª Ed., Madrid, España. Sitio web www.greenpeace.org.ar/informes/2394.pdf
Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2008.

Greenpeace. Iza Kruskewska. 1995. ¿Qué es la producción limpia?. Estrategias para promover la producción limpia. Traducción. Sitio web. www.greenpeace.org.ar.
Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2008.

Greenpeace. 1993. Efectos de los organoclorados en la salud pública. Resumen del informe "Body of evidence: The Effects of Chlorine on Human Health". De Michelle Alsopp y Pat Costner. Sitio web. www.greenpeace.org.ar.
Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2008.

Grundemann Mangum. EPA. 1992. Prevención de la infección en áreas quirúrgicas. Capítulo "C" Desinfección. Environmental Protection Agency. Ediciones Harcourt-Saunders. pp.205, 223, 242.

Guerra E. INE-SEMARNAT. 1999. Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000. Instituto Nacional de Ecología.

IAWG International Ash Working Group. 1997. Municipal Solid Waste Incinerator Residues. Elsevier. Amsterdam. pp. 974.

INE. 2002. Situación Actual de los Residuos Peligrosos. Sitio web <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/139/situacion.html>
Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2008.

INEGI Estadísticas de Medio Ambiente, México, 1997.Censo Económico 2004, industria mediana y grande en San Luis Potosí.

Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí. 2000. Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

Ley General de Salud. Publicada en D.O.F. el 7 de febrero de 1984.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. D.O.F. 28 de enero de 1988.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. D.O.F. 8 de octubre de 2003.

Manahan Stanley E. 1990. Hazardous Waste Chemistry, Toxicology and Treatment. Editorial Lewis Publishers, pp.235-239.

Monge Gladys. 1997. HDT 69/70: Manejo de Residuos en Centros de Atención de Salud.
Sitio web <http://www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/rapidisc/publica/hdt/hdt069.html>
Fecha de consulta: 9 de octubre de 2004.

Monreal, Julio. 1991. Consideraciones sobre el manejo de residuos de hospitales en América Latina. San Salvador: Organización Panamericana de la Salud.

Montes de Oca Raúl. 1996. Curso de manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud. INE-SEMARNAT.

NOM-004-SCT-2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM.005-SCT-2000. Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-010-SSA2-1993 Para la Prevención y Control de la Infección por el virus de la Inmuno-deficiencia Humana.

NOM-013-SSA2-1994 Para la prevención y Control de Enfermedades Bucales.

OSHA. 1992. Departamento del Trabajo de EU 3134. Exposición a patógenos transmitidos por la sangre en el trabajo. Sitio Web. <http://www.osha.gov/Publications/OSHA3134/osha3134.html>
Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2008.

Paul Connet. 1997. The Ecologist Asia. Vol. 5, Num. 2. p. 72-91 March/April 1997, NY 13617. U.S. Traducción Tlatotli, A.C. México.

Paul E. Tippens. Física, Conceptos y Aplicaciones. Ed. Mc. Graw Hill. p 269

Power. 1996. Power Online, Combu-charger Regenerative Thermal-oxidizer System Provides Phased, Low-solvent VOC Abatement. Sitio web.
www.poweronline.com/case-studies/cs121296.html
Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2008.

PROFEPA. 2002. Misión-Visión de la PROFEPA. Sitio web.
<http://www.profeпа.gov.mx/PROFEPA/Conozcanos/QuienesSomos/Vision.htm>
Fecha de consulta 14 de septiembre de 2008.

Reglamento de Autotransporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la SCT, publicado en el D.O.F. 7 de abril de 1993.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Publicación en el DOF el 25 de noviembre de 1988.

Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1984.

REMEXMAR. 1997. Revista Industria Ambiental. Vol. 1. No. 6, SEMARNAT anexo 1 ¿Qué hacer para obtener financiamiento para equipo de control ambiental? Fuentes de Financiamiento para Apoyar la Gestión Ambiental y la Competitividad Industrial, Red Mexicana de Manejo Ambiental de residuos REMEXMAR. pp. 14-15.

Reyna Vergara Virgilio. Noviembre 1996. Instituto Nacional de Ecología-CEPIS Disposición final de RSES. Curso de manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud.
Sitio web. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarpi/fulltext>
Fecha de consulta: 15 de agosto de 2004

Rivero Serrano Octavio, Ponciano Rodríguez Guadalupe y González Martínez Simón. UNAM 1996. Los Residuos Peligrosos en México. Editores PUMA.

Romo Ruiz Óscar. México D.F. 1996. Movimiento Transfronterizo de Residuos Peligrosos en el Primer Simposio Nacional sobre Residuos Peligrosos, 11 al 13 de Noviembre de 1996. Memorias, Conferencias. Semarnap/Unam/Concamin.

Santoleri Joseph J, Theodore Louis, Reynolds Reynolds Joseph. 2000. Introduction to Hazardous Waste Incineration. 2nd Ed. pp.133.

SCT. 1993. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

SSA. 2002. Secretaría de Salud. Misión, Visión y Valores. Sitio web http://portal.salud.gob.mx/contenidos/secretaria/mision_vis_valores.html
Fecha de Consulta: 14 de septiembre de 2008.

SSA. 2003. Padrón de establecimientos de servicio a la salud registrados ante esta secretaria. Documento interno.

SEMARNAT. 1996. ANEXO I, Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos REMEXMAR Definición Intersectorial de Problemas Relacionados con Residuos Peligrosos y Acciones Propuestas para Resolverlos.

SEMARNAT 4. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Sitio web. <http://www.semarnat.gob.mx>

SEMARNAT 2003. Misión de la SEMARNAT. Sitio web. <http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/Pages/misionvision.aspx>
Fecha de Consulta: 14 de septiembre de 2008.

SEMARNAT 2007a. Infraestructura en México de residuos peligrosos y generación. Sitio web. <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/paar/rp/infraestructura>
Fecha de Consulta: 14 de septiembre de 2008

SEMARNAT,2007. Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos. Sitio web. <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/residuospeligrosos/biologicos/biologicos.pdf>
Fecha de Consulta: 15 de septiembre de 2008.

STPS. Instructivo No. 12. Marzo 1992. Relativo a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen almacenen o transporten fuentes generadoras o emisoras de radiaciones ionizantes capaces de producir contaminación en el ambiente laboral; STPS.

Sunyer 1994. Revista "Eliminación de los residuos clínicos: entre la seguridad y la eficiencia". vol 103 p. 52-59, 67-88, Medicina Clínica (Barcelona).