

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**BASES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE SITIOS
FACTIBLES PARA CONFINAMIENTOS
CONTROLADOS DE RESIDUOS PELIGROSOS
MENCION MINA, N. L.**

**OPCION III-C
(EXPERIENCIA PROFESIONAL)**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE**

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GARZA AVILA

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1998

TL

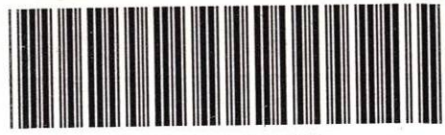
TD1045

.M6

G3

1998

c.1



1080110927

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



BASES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE SITIOS
FACTIBLES PARA CONFINAMIENTOS
CONTROLADOS DE RESIDUOS PELIGROSOS
MENCION MINA, N. L.

OPCION III-C
(EXPERIENCIA PROFESIONAL)

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
MIGUEL ANGEL GARZA AVILA

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1998

TL
TD1045
-ML
G3
1998



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

**BASES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE SITIOS FACTIBLES PARA
CONFINAMIENTOS CONTROLADOS DE RESIDUOS PELIGROSOS
MENCION MINA, N.L.**

**OPCION III-C
(EXPERIENCIA PROFESIONAL)**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GARZA AVILA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

**BASES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE SITIOS FACTIBLES PARA
CONFINAMIENTOS CONTROLADOS DE RESIDUOS PELIGROSOS
MENCION MINA, N.L.**

**OPCION III-C
(EXPERIENCIA PROFESIONAL)**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULLO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

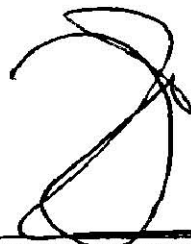
PRESENTA

MIGUEL ANGEL GARZA AVILA

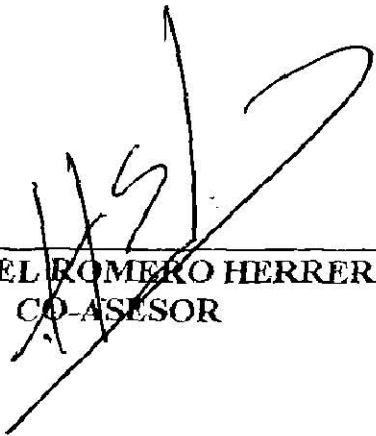
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

LOS MIEMBROS DEL COMITE DE TESIS RECOMENDAMOS QUE LA
PRESENTE TESIS DEL ING. MIGUEL ANGEL GARZA AVILA SEA
ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA



ING. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL
ASESOR PRINCIPAL



M.C. LEONEL ROMERO HERRERA
CO-ASESOR



ING. JAIME ALDAPE BOTELLO
CO-ASESOR

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

Por su apoyo, sacrificio y aliento que me supo brindar, para la culminación de mi carrera profesional.

A DIOS

INDICE

	PÁG.
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Evaluación de la situación en el mundo	3
2.2. Convenio de Basilea	5
2.3. La organización de cooperación para el desarrollo económico (OCDE)	6
2.4. Situación y problemática de los residuos peligrosos en México	6
2.5. Los residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia en México	11
2.6. Principales tipos de residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia a nivel mundial	12
2.7. Problemas por disposición inadecuada de residuos peligrosos	14
2.8. Distribución de la planta industrial para el manejo de residuos peligrosos	16
2.9. Aspectos de la legislación ambiental	22
III. OBJETIVO(S)	24
IV. MATERIALES Y METODOS	25
4.1. Materiales	25
4.1.1. Evaluación de sitios	27
4.2. Características técnicas	28
4.2.1. Geología. Información General	28
4.2.2. Geología en la región norte del estado de Nuevo León	35
4.3. Hidrología. Información General	36
4.3.1. Hidrología subterránea. Información General	39
4.3.2. Hidrología subterránea en la región del estado de Nuevo León	43
4.3.3. Hidrología superficial. Información General	44
4.3.4. Hidrología superficial en la región norte del estado de Nuevo León	47
4.4. Climatología. Información General	48
4.4.1. Climatología en la región norte del estado de Nuevo León	50
4.5. Aspectos ecológicos y culturales. Información General	51
4.5.1. Aspectos ecológicos y culturales en la región norte del estado de Nuevo León	51
4.6. Características sísmicas. Información General	52
4.6.1. Características sísmicas en la región norte del estado de Nuevo León	52
4.7. Topografía. Información General	52
4.7.1. Características topográficas en la región norte del estado de Nuevo León	53
4.8. Características demográficas y de las vías de comunicación. Información General	53
4.8.1. Crecimiento de centros urbanos. Información General	53
4.8.2. Características poblacionales en la región norte del estado de Nuevo León	53
4.8.3. Acceso. Información General	54
4.8.4. Características de las vías de comunicación en la región norte del estado de Nuevo León	54
4.9. Acuerdos Internacionales. Información General	54
4.9.1. Implicaciones de los acuerdos internacionales para la región norte del estado de Nuevo León	54
5.0. Resumen de los aspectos a considerar	55

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
VI.	CONFINAMIENTO MINA, N.L.	58
VII.	BIBLIOGRAFIA	73
VIII.	GLOSARIO	76
IX.	A N E X O S	79

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAG.
1	Exposición de poblaciones humanas a metales pesados por la disposición inadecuada de residuos peligrosos.	4
2	Ejemplos de exposición de poblaciones a confinamientos no controlados de residuos peligrosos.	4
3	<i>Los accidentes químicos más publicados.</i>	5
4	Estimación del volumen generado de residuos sólidos industriales, incluyendo los peligrosos así como el cambio porcentual en el periodo de 1990-1991	8
5	Variación porcentual de los datos oficiales publicados por SEDESOL y una estimación de acuerdo con los porcentajes calculados de generación de residuos peligrosos en relación con el total de los residuos industriales generados.	9
6	Residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia en México	11
7	Principales tipos de residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia a nivel mundial	13
8	Problemas de contaminación por disposición inadecuada de residuos peligrosos en México.	15
9	Planta industrial existente en México, dedicada al manejo de residuos peligrosos dentro de alguno de los pasos del ciclo administrativo de este tipo de residuos.	18
10	Distribución estatal de las industrias dedicadas al manejo de residuos peligrosos en México.	19
11	Clasificación general de las rocas por su contenido de materiales ..	30
12	Escala de Wentworth del tamaño de partículas para sedimentos ...	31

13	Clasificación de las rocas sedimentarias en base al tipo de partículas que las forman	32
14	Promedio mineralógico modal para 400 muestras de lutita y de fango	33
15	Permeabilidad en sedimentos	40
16	Permeabilidad de rocas consolidadas	41
17	Valores representativos de conductividad hidráulica	42
18	Valores representativos de porosidad	42
19	Capacidad de campo de materiales de origen sedimentario	46
20	Climas dominantes en el estado de Nuevo León	50
21	Selecciones particulares realizadas de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana-055-ECOL-93	55

FIGURAS

1	Ciclo de vida de los residuos peligrosos	7
2	Acumulación de residuos peligrosos en México	10
3	Efecto de los residuos peligrosos sobre el medio ambiente	16
4	Fases de la administración de los residuos peligrosos (No incluye transporte)	17
5	Zonificación de México en relación de las regiones establecidas para la Protección al medio ambiente por la Secretaría de Desarrollo Social (sin considerar la zona del Golfo de características eminentemente petroleras y que incluye Tamaulipas, Veracruz, y Tabasco e incluyendo la Franja Fronteriza en la zona norte)	20

	PAG.
6	Distribución geográfica de la Planta Industrial existente en México para el tratamiento y disposición de los residuos peligrosos 21
7	Región de estudio en la parte norte del Estado de Nuevo León 26
8	Diagrama general de los procesos involucrados en un proceso de selección de sitios 27
9	Representación diagramática del ciclo geográfico de los materiales rocosos 29
10	Características de los materiales rocosos en los sitios de alta factibilidad para el confinamiento de residuos peligrosos en la región -- norte del Estado de Nuevo León 37
11	Ciclo de vida del agua 38
12	Esquema de sección transversal ilustrando un acuífero confinado y no confinado 40

I. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del desarrollo social, industrial y tecnológico, el hombre ha lanzado un reto muy serio al equilibrio ecológico de su entorno. Lo que ha provocado una patología ambiental y ahora, ésta se revierte hacia la humanidad y al medio ambiente.

La tierra es un sistema cerrado con todos los recursos necesarios para mantenernos vivos, por lo que hay que tratar de convivir en armonía con ella, ya que sus reservas son vulnerables.

La cantidad de materia de nuestro planeta es fija y no existe nada que entre o salga de él, ha excepción de la energía solar en forma regulada y continua. Es esta energía la que impulsa a la materia a organizarse en esa sorprendente complejidad llamada vida.

Ciertas sustancias necesarias para la vida deben estar en movimiento continuo a través de la biosfera en forma de ciclos biogeoquímicos para poder llevar a cabo su función vital. Las sustancias químicas o nutrientes como el carbono, nitrógeno, oxígeno y el agua se intercambian a través de esos ciclos en la biosfera, impulsados por la energía solar.

Por esto la vida en la tierra, o en cualquier otro sistema cerrado dependen de factores importantes como son: el ciclaje de las sustancias químicas o nutrientes y el flujo de energía, si estos factores se ven afectados o alterados, la misma vida se alterará.

la biosfera puede considerarse como la suma de todos los ecosistemas. De ahí es fácil establecer una ecuación en la que el equilibrio de la biosfera será igual al equilibrio de todos los ecosistemas. Vista así, la ecuación revela que el desequilibrio de cualquier ecosistema afectaría la estabilidad de la biosfera.

Así pues que cada ecosistema opera de manera interdependiente para lograr un balance total y a esto se le llama equilibrio de la naturaleza, el cual se mantiene por la entrada de energía solar en forma unidireccional y por su interacción con los ciclos mayores de nutrientes.

Debe considerarse que la vida no sólo depende de la existencia de los ciclos biogeoquímicos (ciclos mayores de nutrientes) en una escala global o local, sino también del mantenimiento de un ritmo crítico de estos ciclos.

Cabe mencionar que la alteración del flujo de energía y de los ciclos biogeoquímicos han ocasionado efectos en la biosfera tales como: el fenómeno conocido como efecto de invernadero, así como aumentos en la temperatura que producirían cambios catastróficos en el clima global, éstos son solo por mencionar algunos (cita 1).

En los últimos dos siglos, el enorme crecimiento del conglomerado humano y el desarrollo de la industria y la tecnología han sido capaces de alterar los ciclos biogeoquímicos de la biosfera, el hombre se entronizó como el elemento más amenazador del equilibrio biológico por su enorme consumo de energía y la producción de grandes cantidades de desechos, afectando la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera.

Es preciso aprender a vivir en armonía con la naturaleza en vez de intentar conquistarla, es pues el cambio de actitud social el que podría en un momento dado mejorar las condiciones ambientales; mientras esto ocurre nace como respuesta a nuestras necesidades las alternativas del reciclaje, reuso, así como el establecimiento de confinamientos controlados tanto para residuos domésticos como industriales.

II. ANTECEDENTES

2.1. Evolución de la situación en el mundo

Se calcula que en el mundo se generan anualmente alrededor de 350 a 400 millones de toneladas de residuos peligrosos. Una gran parte de ellos proviene de industrias que contribuyen en forma importante a la economía de las sociedades industriales. Entre ellas están las industrias metalúrgicas del hierro y del acero o de metales no ferrosos y la industria química. Se suman otras fuentes como las actividades agrícolas -generadoras de residuos de plaguicidas-, las extractivas (por ejemplo, mineras y petroleras) y las de servicios (como los talleres automotrices que desechan aceites gastados).

La peligrosidad de tales residuos depende de su composición, ya que en la mayor parte de los casos se trata de mezclas complejas que contienen diversos tipos de sustancias. De ahí la importancia de contar con métodos analíticos que permitan realizar su caracterización.

Cabe señalar que en el comercio existen más de 100,000 sustancias y que solo para un número reducido de ellas se cuenta con información acerca de sus propiedades fisicoquímicas, su toxicidad y biodegradabilidad, aspectos que definen su peligrosidad para la salud humana y el ambiente.

Es en función de esas propiedades y de la forma en que se presentan los residuos, que se puede determinar su peligrosidad. Así por ejemplo, residuos peligrosos en forma líquida pueden constituir un riesgo para los mantos freáticos si penetran através de los suelos, en tanto que residuos particulados de pequeñas dimensiones pueden ser diseminados por el viento. En uno u otro caso, los residuos peligrosos pueden dar lugar a problemas transfronterizos si son arrastrados por agua o aire hacia países vecinos que no los generaron.

Las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el bienestar público, así como para el ambiente, han quedado ampliamente evidenciados por sucesos que pusieron de relieve que es más costoso remediar que prevenir. Tal es el caso de los eventos de intoxicación por mercurio y cadmio acaecidos en Japón, en los que grupos de individuos que ingirieron alimentos contaminados con residuos industriales sufrieron graves problemas de salud que llevaron a algunos a la muerte (cuadro 1).

Cuadro 1. Exposición de poblaciones humanas a metales pesados por la disposición* inadecuada de RP.

Año	Lugar	Causa	Metal	Consecuencias
1953	Japón	Descargas de Hg en la bahía de Minamata	Metilmercurio	En 83 adultos y 40 recién nacidos de la población que ingirió pescado contaminado se desarrolló una intoxicación crónica que afectó principalmente su sistema nervioso central.
1960	Japón	Descarga de Cd, Pb y Zn en un río cercano	Cd	la población que utilizaba el agua para bebida e irrigación desarrolló una intoxicación crónica por Cd (itai-itai)

Cd = Cadmio, Pb = Plomo, Zn = Zinc, Hg = Mercurio, RP = Residuos Peligrosos

También son conocidos los impactos económicos que ocasionó la evacuación e indemnización de residentes de dos comunidades asentadas en áreas en las que se construyeron y abandonaron entierros de residuos industriales. En Love Canal, Nueva York, Estados Unidos, el presupuesto asignado por el gobierno para la remediación del sitio ascendió aproximadamente a 500 millones de dólares; mientras que en Lekkerkerk, países bajos, se estima que se gastaron cerca de 70 millones de dólares en la remediación (cuadro 2).

Cuadro 2. Ejemplos de exposición de poblaciones a confinamientos no controlados de R.P.

Periodo de operación	Sitio	Residuos	Año del Estudio	Hallazgos en la población expuesta
1920-1953	Love Canal, N.Y. E.U.	Compuestos orgánicos	1978	Bajo peso al nacer y menor desarrollo físico
1940-1977	New Bedford, Massachusetts, E.U.	Bifenilos policlorados (BPC's)	1983	Niveles sanguíneos con BPC's
1947-1971	Triana, Alabama, E.U.	Plaguicidas	1983	Hipertensión arterial
1964-1972	Hardeman Country, Tennessee, E.U.	Tetracloruro de carbono, Hexacloro, Pentadieno, Heptadieno	1978	Lesiones hepáticas transitorias
1970-1976	Lekkerkerk, Países Bajos	Metales y solventes orgánicos	1980	Niveles sanguíneos con hidrocarburos aromáticos

Hubo otros accidentes químicos muy difundidos acaecidos en Seveso, Italia, Bophal, India y Basilea, Suiza, que contribuyeron a desarrollar una actitud negativa por parte de las comunidades hacia el establecimiento y operación de instalaciones peligrosas en sus localidades (cuadro 3).

Cuadro 3. Los accidentes químicos más publicitados.

Año	Lugar	Sustancias involucradas	Consecuencias
1977	Seveso, Italia	Dioxinas	193 personas con efectos adversos en la piel (cloroacné) 733 personas evacuadas. 10,000 animales muertos.
1984	Bophal, India	Isocianato de metilo	2,000 personas muertas, 10,000 personas con efectos agudos. 100,000 personas afectadas en su bienestar.
1986	Basilea, Suiza	Plaguicidas, mercurio, etc	Contaminación del Río Rhin.

Un problema adicional y de amplias repercusiones fue el zarpeo de barcos de Estados Unidos de América y de Europa, buscando desembarcar residuos peligrosos en países en vías de desarrollo y que tuvieron que retornar su carga a su lugar de origen ante el rechazo generalizado de los países con los que habían establecido contacto para solicitar su admisión en su territorio.

Es en respuesta a tales prácticas que se han establecido políticas internacionales sobre los movimientos trasfronterizos de los residuos peligrosos y su regularización.

Por mencionar algunas de estas políticas como son el Convenio de Basilea y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).

2.2. Convenio de Basilea

Como ya se mencionó, la preocupación por el movimiento transfronterizo y la disposición final de los residuos peligrosos llevó a establecer el Convenio de Basilea en 1989, el cual persigue los siguientes objetivos:

1. Asegurar que la generación de residuos peligrosos se reduzca al mínimo.
2. Disponer de los residuos peligrosos en el país en el que se generan, en la medida de lo posible.
3. Mejor control de las importaciones y exportaciones.
4. Prohibir los embarques de residuos peligrosos hacia países que carezcan de capacidad legal, administrativa y técnica para manejar y disponer de ellos de manera ambientalmente idónea.
5. Cooperar en el intercambio de información, transferencia tecnológica y armonización de normas, códigos y lineamientos.

Con este convenio alrededor de 90 países han determinado prohibir la importación de tales residuos. Ver anexo 1

2.3. La Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico *

La OCDE es un organismo internacional constituido por Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Austria, Bélgica, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Suecia, Suiza y Turquía. del cual México ya forma parte.

Aquí se promueve la adopción de políticas, regulaciones y otro tipo de acciones relacionadas con el desarrollo económico y el ambiente.

Una de esas políticas es el control del movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, al cual se obligan los países miembros a través de asegurar que se proporcione a las autoridades competentes de cada país involucrado la información oportuna y adecuada, concierne a tales movimientos.

Así mismo, se recomienda adoptar las medidas necesarias para que las autoridades controlen la generación, el transporte y la disposición final, así como que hagan cumplir las leyes y regulaciones en la materia. Ver anexo 1

2.4. Situación y Problemática de los Residuos Peligrosos en México

En México el proceso de industrialización se inició de manera acelerada en los últimos 50 años, con una caracterización industrial preponderante en unas cuantas ciudades -entre las que destacan la zona metropolitana de la Cd. de México (ZMCM), Monterrey, Guadalajara y en algunos polos de desarrollo como Veracruz y la frontera norte. El país se caracteriza por la conformación de un porcentaje bajo de grandes empresas con tecnologías avanzadas de producción y un gran número de micro, pequeñas y medianas empresas (mas del 95%), muchas de ellas con procesos obsoletos de producción.

La planta industrial comprende básicamente cuatro tipos de industria:

1. Manufactureras.- madera, alimentos, textiles, tabaco, papel, plástico, industrias metálicas, automotriz, etc.
2. Extractivas.- minería y petróleo.
3. De la construcción.- empresas fabricantes de materiales afines.
4. Eléctrica.- todo lo relacionado a la generación de electricidad.

México enfrenta un reto importante que viene siendo la eliminación de las vastas y crecientes cantidades de residuos peligrosos, con el crecimiento de las sociedades industrializadas o en proceso de industrialización. Los productos residuales, consecuencia inevitable de los procesos de consumo, requieren de un adecuado manejo para minimizar el peligro a la salud pública y al medio ambiente.

México no ha estado exento de la problemática de los residuos peligrosos, y en los últimos años las implicaciones de este tipo de residuos en los ecosistemas y en la salud humana se han hecho presentes, incrementándose el número de problemas con muy diversos grados de afectación. Desde contaminación de innumerables cuerpos de agua por residuos industriales,

hasta intoxicaciones masivas por residuos altamente tóxicos descargados en sitios inadecuados.

Históricamente, las disposiciones hechas con la deficiente tecnología de tratamiento de residuos de décadas pasadas, han causado daños ambientales irreversibles y sufrimiento humano. Los problemas relativos a la disposición de residuos, cuyas ramificaciones reales o potenciales no han sido contempladas en su totalidad en las regulaciones existentes para la administración de residuos peligrosos, requieren de una mayor atención, enfocada a la prevención de graves problemas en un futuro no muy lejano.

Las limitaciones de muchas de las tecnologías usadas para la disposición de residuos en el pasado, son claramente inconvenientes a los representantes de la industria, gobierno federal, estatal y local, y a la sociedad en general. El desarrollo de mejores tecnologías disponibles para el manejo de residuos peligrosos y su adecuada planeación es esencial. Idealmente, un método de tratamiento y disposición resultan en la degradación de todos los materiales peligrosos degradables y en la transformación y/o inmovilización de los constituyentes remanentes para que éstos no representen un riesgo a la salud humana y al medio ambiente. Si bien todas las tecnologías se quedan lejos de este ideal, algunos métodos pueden proveer mayor efectividad que otros. La disposición en confinamientos controlados, es una alternativa de manejo de residuos peligrosos que representa en la actualidad el último eslabón en la cadena o ciclo de vida de los residuos peligrosos no degradables y no tratables (figura 1).

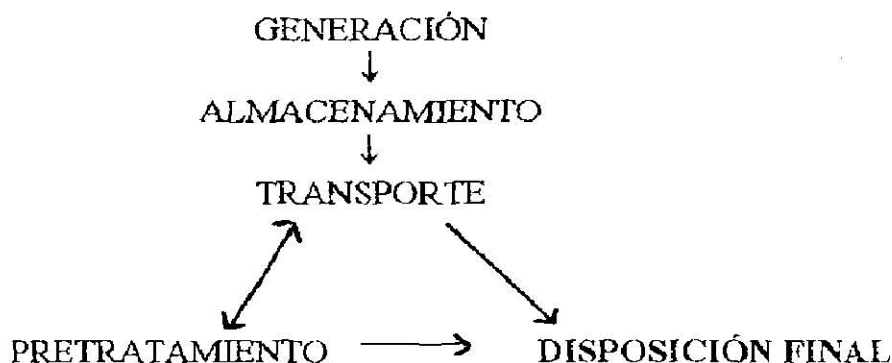


Figura 1. Ciclo de vida de los residuos peligrosos

Los confinamientos pretenden una disposición controlada de los residuos peligrosos sobre o dentro de un estrato superficial del suelo y en contenedores adecuados para ello, así como del diseño de celdas apropiadas para el almacenamiento de dichos contenedores o de los residuos depositados a granel, complementado con un monitoreo continuo de la administración de las operaciones y de la situación ambiental del entorno de una instalación para el confinamiento de residuos peligrosos. Este entorno comprende tanto las características superficiales como las subterráneas y la interacción del sistema de confinamiento con las comunidades biológicas existentes de este entorno.

Por otro lado, muchos sitios de disposición clandestina de residuos no han sido detectados y la problemática relacionada con ello es creciente, teniéndose además una falta de información en cuanto a la generación real de residuos, estando las cifras oficiales, por lo general, manejadas de acuerdo con las conveniencias políticas de los funcionarios públicos a cargo, como referencia, de acuerdo con los datos oficiales reportados por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) dentro de la serie Monográfica No. 3 "Situación de los residuos peligrosos en el mundo y en México", a pesar de existir un incremento en la producción global de residuos industriales, en México para el período 1990-1991 se presenta una disminución en la generación de residuos industriales peligrosos (cuadro 4), y tomando como referencia el porcentaje que representan los residuos peligrosos dentro del global de los residuos industriales presentado por la EPA (Environment Protection Agency), los índices reportados por SEDESOL estarían muy lejos de los valores esperados en base al total de los residuos industriales (cuadro 5).

El volumen estimado de generación de residuos como puede apreciarse en el cuadro 4, es de 450,000 ton/día de los diferentes tipos de industria -según cálculos para 1991- alrededor de 14,500 ton/día corresponden a residuos peligrosos, lo que equivale a cerca de 5.3×10^5 ton/año.

Cuadro 4. Estimación del volumen generado de residuos sólidos industriales, incluyendo los peligrosos así como el cambio porcentual en el periodo de 1990-1991 de acuerdo con datos reportados por SEDESOL 1993.

Actividad	1990		1991		% de cambio	
	ton/día	ton/año miles	ton/día	ton/año miles	ton/día	ton/año
Minería, Extractiva y de Fundición	300,000	109,500	327,500	123,187	9.2	12.5
Industria Química	70,500	25,732	81,000	29,565	14.9	14.9
Agroindustria	29,500	10,767	31,500	11,498	6.8	6.8
PELIGROSOS	15,500	5,657	14,500	5,292	6.5	-6.5
Total	415,500	151,656	450,000	169,542	8.3	11.8

Cuadro 5. Variación porcentual de los datos oficiales publicados por SEDESOL y una estimación de acuerdo con los porcentajes calculados de generación de residuos peligrosos en relación con el total de los residuos industriales generados.

DATOS	1990		1991	
	(10%)*	(15%)*	(10%)*	(15%)*
Factor de generación(*)				
Oficiales	15,500	15,000	14,500	14,500
Estimados	41,500	62,325	45,000	67,500
Variación porcentual	167.74	302.09	210.34	365.51

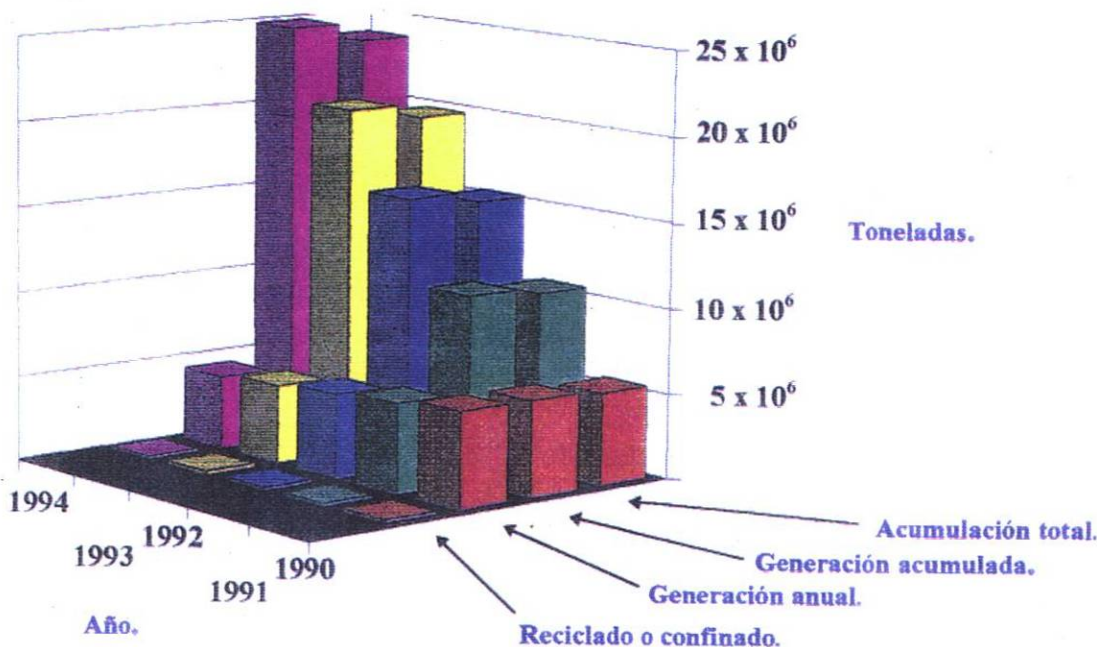
*Nota: *El rango estimado en la generación de residuos peligrosos en relación con la cantidad total de residuos industriales fluctúa del 10 al 15% (EPA, 1980).*

$$\text{Variación Porcentual} = \left(\frac{\text{valor estimado} - \text{valor oficial}}{\text{valor oficial}} \right) \times 100$$

Como parte fundamental, además de la generación anual de residuos peligrosos, la compleja problemática ambiental de éstos, se agrava por la acumulación anual de los residuos, y la falta de infraestructura para su administración, manejo y control, lo cual genera un problema de magnitud considerable, y es aun mayor el número y severidad de las consecuencias que esto pueda tener en un futuro próximo.

Partiendo de los datos oficiales, considerando que solamente se reciclan o confinan el 3.9% de los residuos peligrosos, reportados por SEDESOL, la cantidad de residuos acumulados sin ningún tipo de tratamiento y sin una disposición controlada, se incrementa prácticamente en una proporción igual a la cantidad generada por año. Esto significa que cada año el problema se incrementa en 5'000,000 de toneladas de residuos peligrosos aproximadamente.

Suponiendo utópicamente, que antes de 1990 no se hubiese generado un solo kilogramo de residuos peligrosos, y usando el porcentaje de disminución reportado por SEDESOL para la generación de residuos peligrosos, y haciendo la suposición que se mantuvo año con año, tendríamos una acumulación aproximada de 24,000,000 toneladas circulando en los ecosistemas del país. Figura 2.



AÑO	RP GENERADOS (TON)	RP RECICLADOS O CONFINADOS (TON)	RP GENERADOS TOTALES (TON)	RP ACUMULADOS TOTALES (TON)
1990	5,448,000	208,752	5,657,000	5,448,248
1991	5,292,000	208,752	10,949,000	10,531,496
1992	4,950,700	208,752	15,899,700	15,273,410
1993	4,631,300	208,752	20,531,000	19,696,006
1994	4,332,600	208,752	24,863,600	23,819,880

Figura 2. Acumulación de residuos peligrosos en México.

(Las cantidades de la tabla están calculadas suponiendo que antes de 1990 no se generaron residuos peligrosos, que la disminución porcentual en la generación de RP reportada por SEDESOL, se mantiene año con año, y del mismo modo la cantidad de RP reciclados o confinados).

Los resultados obtenidos en la estimación anterior, nos permiten visualizar con mayor claridad la problemática existente en materia de residuos peligrosos en México. Aún más, fuentes extraoficiales, consideran que existen acumulados en México, alrededor de 100,000,000 toneladas de residuos peligrosos. Tomando en cuenta esta cifra, la cantidad de residuos peligrosos per capita, en México, sería aproximadamente de una tonelada.

Otro problema, envuelto dentro de la problemática de los residuos peligrosos, es la cantidad de compuestos peligrosos que entran al país de manera legal o ilegal, los residuos peligrosos generados por las empresas maquiladoras que no son retornados a su país de origen (se estima que 44 toneladas por día de residuos peligrosos provenientes de la industria

maquiladora, son dispuestas inadecuadamente), y los residuos no cuantificados, que son producto de la utilización inadecuada de compuestos tóxicos, tal es el caso de los plaguicidas y pesticidas usados con fines agrícolas. Estos residuos no están considerados dentro del total de los residuos peligrosos reportados, por no ser generados en la planta industrial nacional.

2.5. Los residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia en México

Cuadro 6.

RESIDUOS	PORCENTAJE
Solventes	36.2
Aceites y grasas	12.89
Pinturas y barnices	7.71
Soldadura Pb-Sn*	5.63
Resinas	4.45
Ácidos y bases	2.72
Derivados del petróleo	2.46
Metales pesados	2.01
Adhesivos	1.69
Freón	1.15
Lodos	1.15
Silicon	0.54
Tintas	0.35
Plásticos	0.26
Otros	20.79

* Pb - Plomo . Sn = Estaño

2.6. Principales tipos de residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia a nivel mundial

Definición de Residuos Peligrosos (RP)

Los RP en materia de desechos representan la fracción de mayor riesgo para el equilibrio ecológico y la salud humana. Como RP, la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente), define en el capítulo I, artículo 3, fracción XVIII a "todos aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológicamente infecciosas (CRETIB) representan un peligro para el equilibrio ecológico. Ver NOM-052-ECOL-93 el Anexo 4

Dentro de las clasificaciones internacionales de residuos peligrosos se incluyen a los residuos aislados, mezclados o en solución; a los sólidos, líquidos o lodos generados como subproductos de procesos; y los aceites gastados, resultantes de la limpieza de maquinarias e instalaciones. Estos residuos están considerados como un peligro potencial para la salud humana y el ambiente, en virtud de sus propiedades físico-químicas y toxicológicas.

Así mismo se consideran residuos peligrosos aquellas materias primas y productos químicos que caducan, se deterioran, se retiran del mercado o dejan de utilizarse; lo cual plantea la existencia de múltiples fuentes generadoras de residuos, eventualmente sujetas a regulación y control (por ejemplo, los residuos peligrosos que se generan en el hogar no son normados). ver cuadro 7.

Cuadro 7. Principales tipos de residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia a nivel mundial.

Residuos peligrosos (ejemplos)

Ácidos y Alcalis

Comprenden una gran variedad de sustancias, las más comunes de las cuales se producen y emplean en grandes cantidades; tal es el caso de las mezclas crómica y sulfonítrica, del agua regia, las soluciones residuales de procesos electroquímicos, las soluciones alcalinas de lavado y fabricación de papel y celulosa. Estas soluciones acuosas pueden disolver y movilizar metales en los suelos y contaminar cuerpos de agua.

Asbestos

Bajo estas denominaciones se incluye un grupo de fibras minerales naturales empleadas en la generación de gran cantidad de productos, prácticamente indestructibles y no flamables; sin embargo, los asbestos ocasionan problemas respiratorios en los trabajadores expuestos a ellos en el ambiente laboral. Se considera a la crocidolita, un tipo especial de asbesto y la principal forma de asbesto involucrada en el desarrollo del cáncer del pulmón y de la pleura.

Cianuros

Son ampliamente utilizados, particularmente en el beneficio de metales y en la síntesis de productos químicos tales como plaguicidas y polímeros. Los cianuros se caracterizan por su gran toxicidad.

Fenoles

Son sustancias altamente corrosivas y peligrosos en su manejo; empleadas para producir resinas, herbicidas, desinfectantes y otros.

Plaguicidas (herbicidas e insecticidas)

Son en sí productos peligrosos pero, además, durante su síntesis se pueden generar sustancias intermedias con propiedades que las hacen tan peligrosas como los residuos de los propios plaguicidas; en el caso de las dioxinas que estuvieron involucradas en el accidente ocurrido en Seveso, Italia.

Cuadro 7. Continuación

Bifenilos policlorados (BPC's)

Al igual que los bifenilos polibromados (BPB's), han tenido un amplio uso como aislantes eléctricos y plastificantes (fabricación de películas plásticas aplicadas a utensilios de cocina), así como antiseccantes. Por su gran persistencia y sus efectos tóxicos, se ha buscado a nivel mundial prohibir su producción y sustituirlos por sustancias menos peligrosas.

Metales pesados

La toxicidad de un gran número de ellos es bien conocida, así como su persistencia y capacidad de bioacumulación, razones por las cuales su manejo está sujeto a regulación y control.

Residuos de pinturas

Los procesos de producción de pinturas, barnices y lacas se caracterizan por generar grandes cantidades de RP que incluyen: mezclas de solventes orgánicos, hidrocarburos aromáticos, derivados halogenados, cetonas y aldehídos, resinas vinílicas, acrílicas y epóxicas; pigmentos y colorantes diversos, algunos a base de metales pesados.

Residuos de gases combustibles del petróleo

En los procesos de extracción del petróleo se genera gas natural y gas de petróleo, considerados ambos como RP si no se utilizan integralmente.

Residuos de petróleo

Los procesos de extracción, destilación y cracking generan mezclas de sustancias que pueden convertirse en RP, tales como: hidrocarburos aromáticos policíclicos, asfaltenos, azufre y metales pesados.

Solventes orgánicos

En este grupo se incluyen hidrocarburos alifáticos y aromáticos, sus derivados halogenados, cetonas, aldehídos, ésteres, éteres y otras sustancias. Se emplean en gran diversidad de procesos, en particular en la limpieza de equipos y motores y en la industria electrónica.

Nota: las propiedades físicas y químicas de los RP se encuentran en el anexo 2 así como las biológicas infecciosas.

2.7. Problemas por disposición inadecuada de residuos peligrosos

En México, los problemas de disposición inadecuada de residuos peligrosos no son nuevos y desde 1962 por mencionar algo más cercano se han presentado en el país este tipo de conductas con la afectación consecuente del medio ambiente y de la salud de los habitantes de las zonas afectadas.

Este tipo de disposiciones inadecuadas van desde almacenamientos en patios de empresas hasta descarga de aguas contaminadas.

En el cuadro 8 se presentan algunos de estos casos, así como las consecuencias que estos eventos han tenido sobre el medio ambiente y el ser humano.

Cuadro 8. Problemas de contaminación por disposición inadecuada de residuos peligrosos en México.

AÑO	SITIO	MATERIALES Y MEDIOS	EFFECTOS
1962	Torreón, Coah.	Escoria con arsénico almacenada en los patios de una empresa metalúrgica	Contaminación de suelos y agua de pozos cercanos. Intoxicación en la población aledaña.
1974-1977	Tuhtitlán, Edo. de México	Residuos de cromo almacenados a cielo abierto y descarga de aguas residuales de una empresa productora de cromita.	Contaminación de suelo y agua en el poblado. Presencia de cromo en la sangre de los pobladores.
1984-1985	Tlalnepantla, Edo. de México	Residuos de extracción de aceites vegetales arrojados clandestinamente a un basurero municipal.	Quemaduras severas a niños y adultos.
-----	Diferentes	Reciclado de baterías de automóvil con alto contenido de plomo.	Intoxicación aguda y crónica en los miembros de las familias involucradas
-----	Diferentes	Reutilización de envases que contenían plaguicidas.	Intoxicación aguda de la población expuesta, principalmente campesina.
1992	Cd. Guadalupe, N.L.	Descarga de aguas residuales con cromo de una empresa de galvanoplastia.	Contaminación del suelo y agua. Muerte de ganado vacuno.

Como se puede observar, el país no ha estado exento de la problemática ambiental en materia de residuos peligrosos, y del mismo modo los costos ambientales han sido elevados, siendo aun más altos los costos de salud humana y consecuentemente los costos de rehabilitación y limpieza serán mucho mayores. La SEDESOL estima que se generan alrededor de seis millones de toneladas de residuos peligrosos al año; lo que equivaldría a 30 millones de tambores de 200 litros de residuos peligrosos.

En cuanto al tipo de residuos es muy variado, desde metales pesados hasta solventes y agentes desengrasantes en estado sólido, líquido y en forma de lodos. Por ejemplo, dentro de los considerados residuos peligrosos se encuentran los aceites lubricantes gastados (NOM-052-ECOL-93). México genera más de 5 millones de litros de aceites lubricantes gastados cada año, lo anterior equivale a un derrame similar al del buque "EXXON Valdés" cada treinta días y la infraestructura existente en México no tiene la suficiente capacidad para tratar una generación de aceites de esa magnitud. En la figura 3 se pueden apreciar los efectos contaminantes con residuos peligrosos.

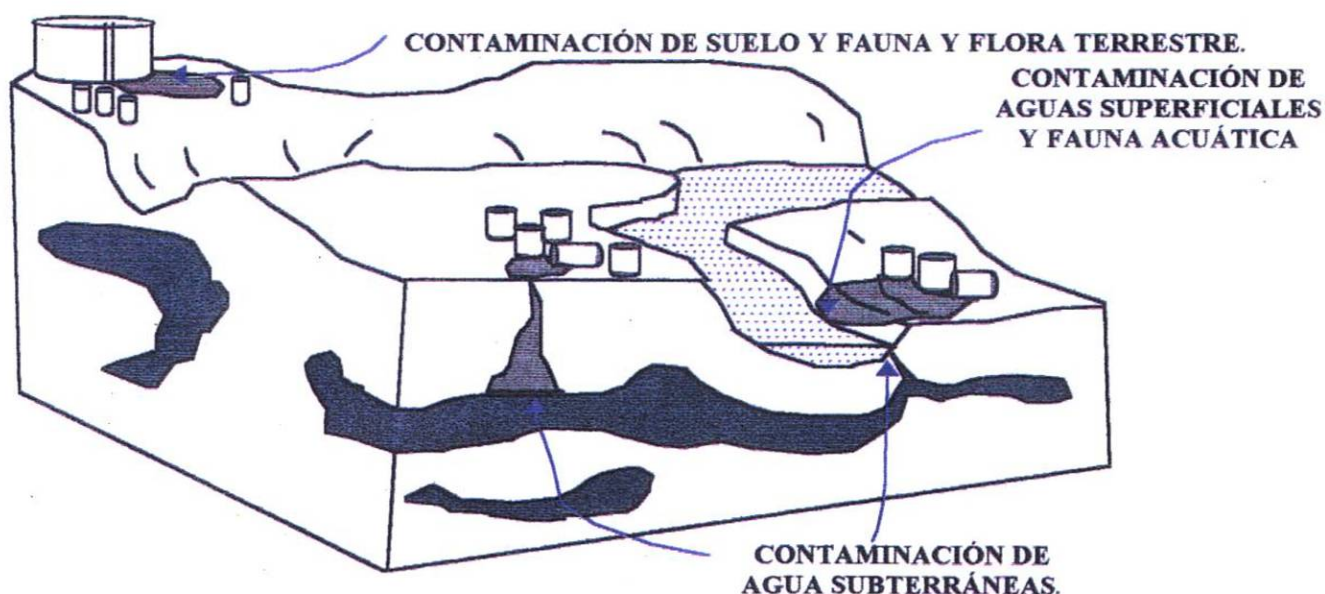


Figura 3. Efecto de los residuos peligrosos sobre el medio ambiente.

Para evitar en cierto porcentaje los efectos por contaminación son necesarios los confinamientos de residuos peligrosos, los cuales representan el último eslabón en la cadena del ciclo de vida de estos residuos dentro de los procesos industriales de producción (ver figura 1).

2.8. Distribución de la planta industrial para el manejo de residuos peligrosos

En México se viven serias carencias en cuanto a la infraestructura necesaria para el manejo y disposición de residuos peligrosos. Son considerablemente pocas las instalaciones existentes que se dedican a satisfacer alguna parte del proceso administrativo de los residuos peligrosos (figura 4). Contándose solamente con instalaciones para el reciclado de muy pocos residuos en cantidad y en especie (solventes, plomo, aluminio, zinc y aceites), incineración de tres tipos de residuos (productos farmacéuticos caducos, productos químicos caducos y envases de plaguicidas), y para la disposición final existen solo ocho confinamientos controlados de los cuales solamente tres son públicos (ver cuadro 9)

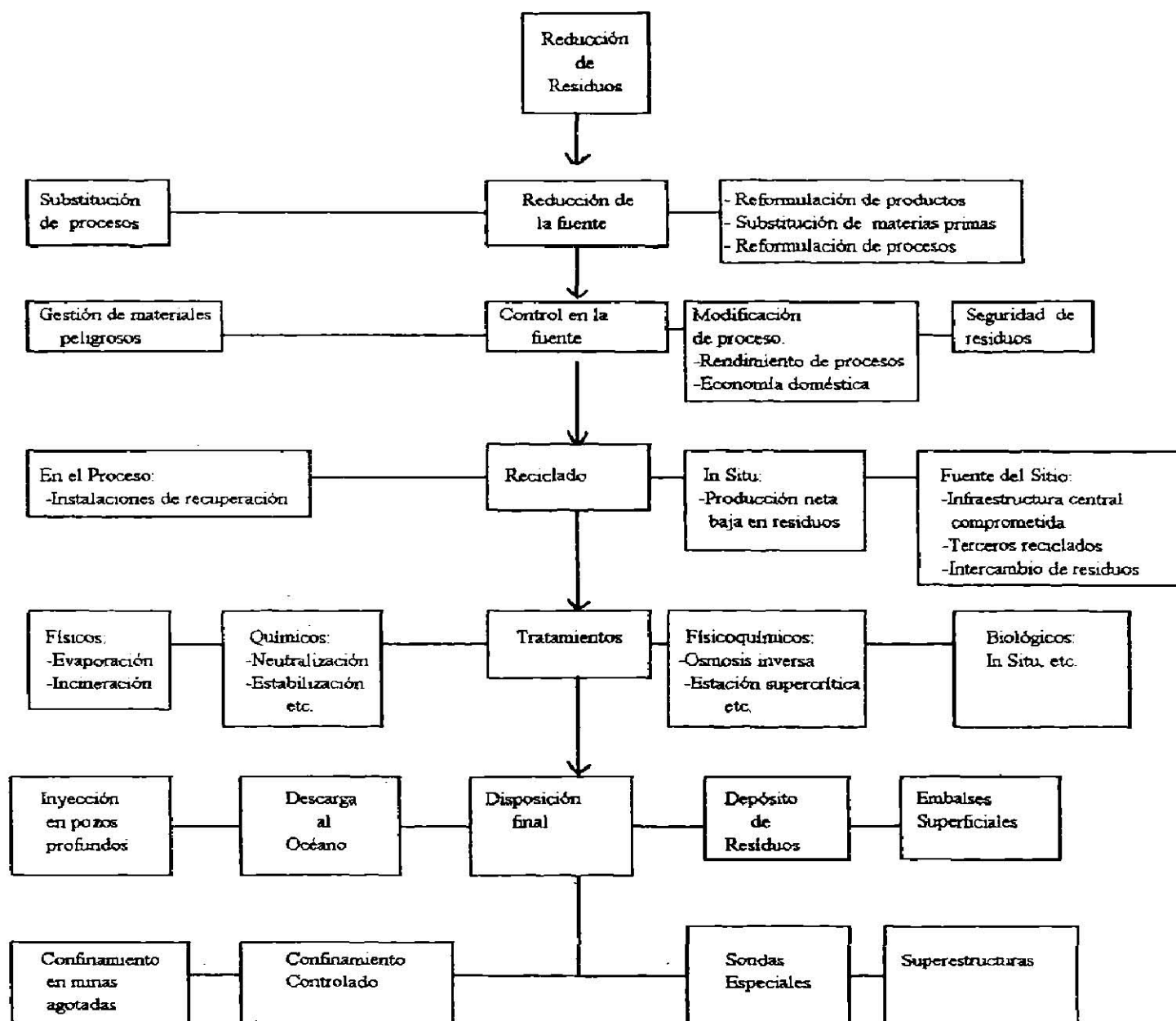


Figura 4. Fases de la administración de los residuos peligrosos (No incluye transporte)

Cuadro 9. Planta industrial existente en México, dedicada al manejo de residuos peligrosos dentro de alguno de los pasos del ciclo administrativo de este tipo de residuos.

FASES	EMPRESAS
Reducción de residuos	
↓	
Reducción en la fuente	
↓	
Control de la fuente	3 almacén temporal
↓	
Reciclamiento	7 recicladoras de solvente 6 recicladoras de metales 4 recuperadoras de aceite 1 planta de recuperación, procesamiento y limpieza de subproductos y residuos de petróleo.
↓	
Tratamiento	2 incineradores
↓	
Disposición final	4 confinamientos privados de residuos peligrosos. 3 confinamientos públicos de residuos peligrosos. 1 confinamiento público de residuos industriales no peligrosos.

(Falta incluir en esta relación a dos almacenes temporales)

Geográficamente, la distribución de las industrias involucradas está concentrada en algunos polos de crecimiento industrial como son el Estado de México, el Distrito Federal y Jalisco, en la zona centro del país, donde se concentra una parte muy importante del total de industrias relacionadas con el manejo de residuos peligrosos; Nuevo León y Tamaulipas en la zona noreste con una cantidad considerablemente menor de plantas en relación con la capacidad industrial en la zona, Sonora y Baja California Norte, en la zona noroeste. Sin embargo, la capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos resulta considerablemente inferior a las necesidades del país, ya que cada año solo el 3.9% del total de residuos peligrosos generados en el país son reciclados o confinados.

La ubicación general de las empresas dedicadas al manejo o disposición de los residuos peligrosos por estado se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Distribución estatal de las industrias dedicadas al manejo de residuos peligrosos en México. Fuente SEDESOL, 1993.

ESTADO	CANTIDAD	TIPO DE INSTALACIÓN
Baja California Norte	1	Recicladora de solventes
	1	Recicladora de metal
	1	Confinamiento (privado)
Chihuahua	1	Recicladora de solventes
	1	Recicladora de metal
	1	Almacén temporal
Estado de México, Distrito Federal	3	Recicladora de solventes
	1	Recicladora de metal
	2	Recuperadora de aceite
	1	Incinerador
Jalisco	1	Confinamiento (privado)
	2	Almacenes temporales
	1	Incinerador
Nuevo León	2	Confinamientos (privados)
	1	Recicladoras de metal
	1	Recuperadora de aceites
Puebla	1	Confinamiento (público) RIMSA
	1	Recicladora de solventes
Querétaro	1	Recuperadora de aceites
San Luis Potosí	1	Confinamiento (público) (clausurado a la fecha Nov. 97)
Sonora	1	Recicladora de solventes
	1	Confinamiento (público)
Tamaulipas	1	Recicladora de metal
TOTAL	29	

Existen ocho confinamientos de residuos industriales, de los cuales uno es para residuos no peligrosos (no esta contemplado en el cuadro No. 10) y siete para residuos peligrosos. Además, se cuenta con 2 incineradores privados en operación, una empresa con equipo móvil para tratamientos de residuos peligrosos in situ (no esta contemplada en el cuadro No. 10), 17 plantas de tratamiento de residuos peligrosos y 3 almacenamientos temporales.

Como se puede apreciar en el cuadro 10, existe una concentración de 15 empresas en la zona centro del país, en la cual de acuerdo con la cantidad de residuos reportados por SEDESOL, se genera en esta zona la mayor cantidad de residuos peligrosos con aproximadamente 7615 ton/día (figura 5). En el caso de la zona norte, incluyendo la frontera, se generaron 3,133 ton/día (figura 5) y existiendo un total de 14 plantas instaladas, de las cuales 5 se encuentran en la región Nuevo León-Tamaulipas. El patrón de concentración industrial de empresas dedicadas al manejo de residuos peligrosos se presenta en la (figura 6), en el cual se aprecia con mayor claridad la falta de infraestructura en la región Nuevo León-Tamaulipas.

Es importante en consecuencia, el desarrollo de nuevas plantas industriales dedicadas al manejo de residuos peligrosos para afrontar la generación actual y sobre todo la generación acumulada; así como el desarrollo de nuevas plantas bajo los más estrictos estándares científicos con el fin de lograr las mínimas posibilidades de efectos nocivos al medio ambiente y a la salud humana.

CANTIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN MEXICO POR DIA

(Fuente: SEDESOL, 1993)

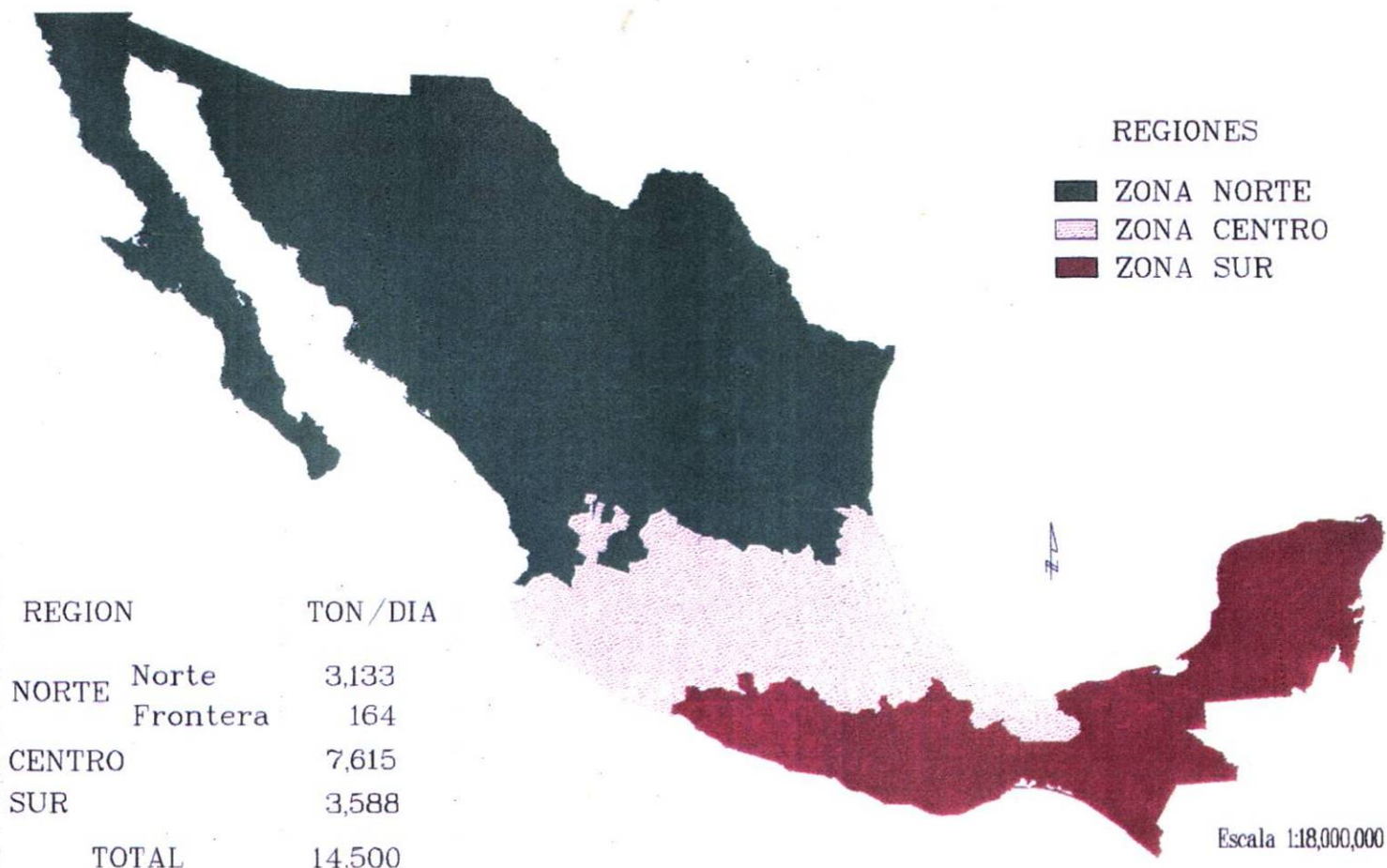


Figura 5

Zonificación de México en Relación de las Regiones Establecidas para la Protección al Medio Ambiente por la Secretaría de Desarrollo Social (Sin considerar la Zona del Golfo de características eminentemente Petroleras y que incluye Tamaulipas, Veracruz y Tabasco e incluyendo la Franja Fronteriza en la Zona Norte)

DISTRIBUCION DE LA PLANTA INDUSTRIAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

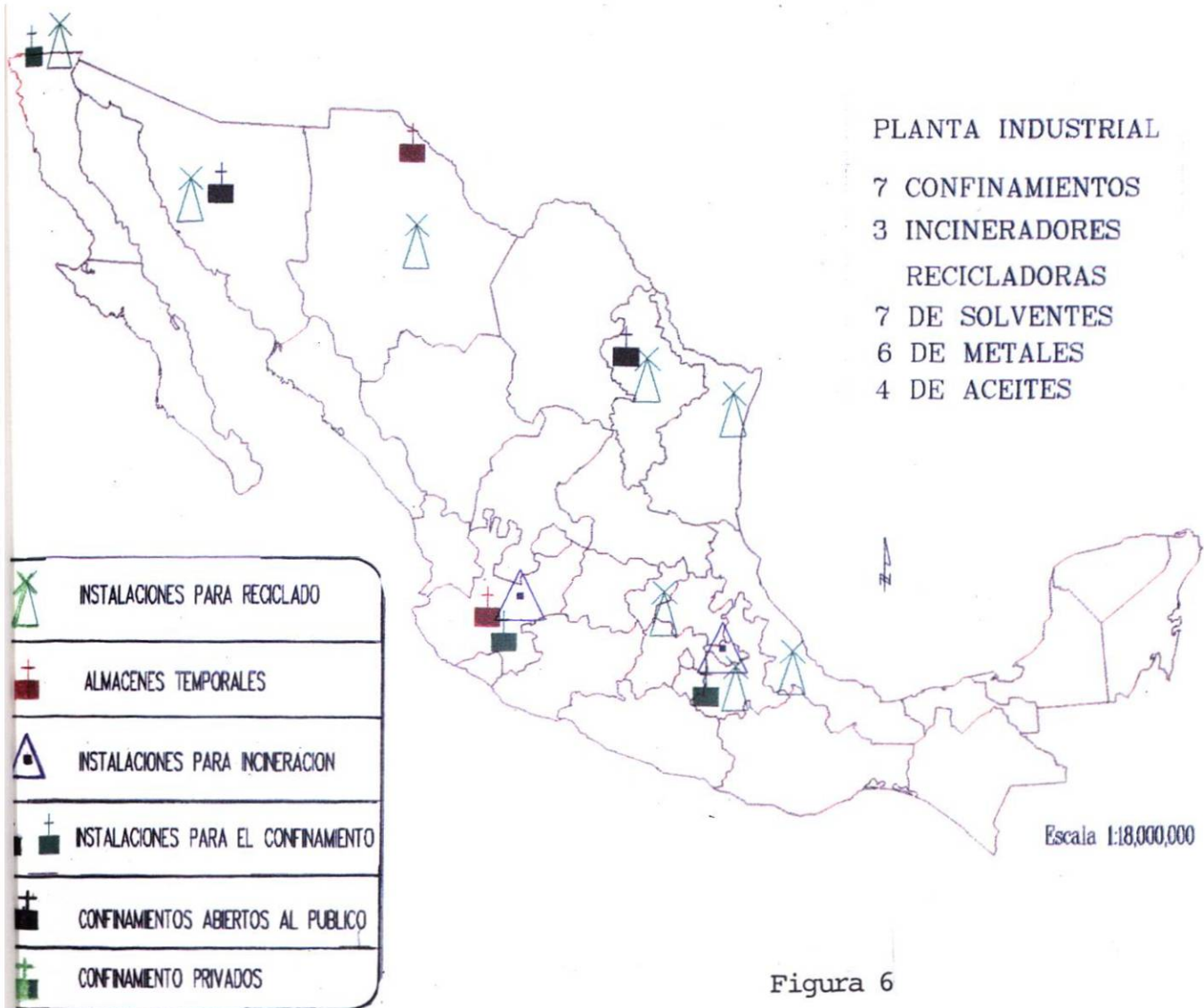


Figura 6

Las Instalaciones Graficadas en el Mapa corresponden con el Numero Total de Instalaciones Existentes, se Muestran Densidades de Ubicacion Geografica

Distribucion Geografica de la Planta Industrial Existente en Mexico para el Tratamiento y Disposicion de los Res duos Peligrosos. Fuente SEDESOL (1993)

2.9. Aspectos de la legislación ambiental.

En México existe actualmente un marco jurídico e institucional del cual derivan leyes, reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que fueron realizadas por las diferentes dependencias gubernamentales con relación al manejo de residuos peligrosos y protección al medio ambiente.

Dentro de los reglamentos de residuos peligrosos los cuales fueron publicados el 25 de noviembre de 1988 en el Diario Oficial de la Federación de la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente). Estos reglamentos establecen el registro obligatorio del generador de residuos y la expedición de una autorización para operar la empresa ligada a la manifestación de impacto ambiental.

De igual forma se regula el transporte, el almacenamiento, la recolección y la disposición final de estos residuos, así como los sitios para su confinamiento. (ver anexo 3).

Las Normas Oficiales Mexicanas sobre residuos peligrosos en los años 1988 y 1989 se llamaban Normas Técnicas Ecológicas (NTE's) y en octubre de 1993 cambian a Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

La LGEEPA a través de las NOM establece los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deben observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes; que causen o puedan causar desequilibrios a los ecosistemas o al medio ambiente en general; y que además permitan uniformar principios, preceptos, políticas y estrategias de conservación y restauración de los recursos naturales. (ver Anexo 4.)

A continuación se mencionan las Normas Oficiales Mexicanas:

La legislación específica, para el manejo de los residuos industriales peligrosos en México es reciente y data apenas desde hace 10 años, al publicarse la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en 1988, en el reglamento de la misma ley el 25 de noviembre de 1988 con 5 capítulos, el capítulo I que contienen las disposiciones generales, el II que regula la generación, el III del manejo de los residuos industriales peligrosos, el IV de las medidas de seguridad y sanciones y el V de la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos y 7 normas oficiales mexicanas, en ese entonces normas técnicas ecológicas, que establecen 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-052-ECOL-93), la NOM-053-ECOL-93 que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción a los residuos para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; la NOM-054-ECOL-93 que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos, así como 4 normas para la disposición final, la NOM-055-ECOL-93, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos y biológico infecciosos, la NOM-056-ECOL-93 que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias, la NOM-057-ECOL-93 que establece los requisitos que deben observarse para el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento y la NOM-058-ECOL-93 que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado.

De lo anterior se desprende, que la legislación de la materia es muy reciente y antes de 1988 las industrias generadoras de residuos industriales peligrosos no tenían ninguna obligación legal para manejar de manera ortodoxa los residuos industriales peligrosos, debido a ello se depositaban en sitios inadecuados que han sido fuertemente impactados por lo que constituye un alto costo remediar y está considerado como un pasivo ecológico del país.

Al año de 1998 no se cuenta en el país con legislación que establezca los procedimientos y criterios que deberán aplicarse para la evaluación y restauración de sitios contaminados con residuos industriales peligrosos.

III. OBJETIVOS

Los objetivos son:

Conocer los aspectos generales de la selección de sitios y operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Mencionar los términos de referencia para la selección de sitios con alta factibilidad para el establecimiento de confinamientos controlados de residuos peligrosos.

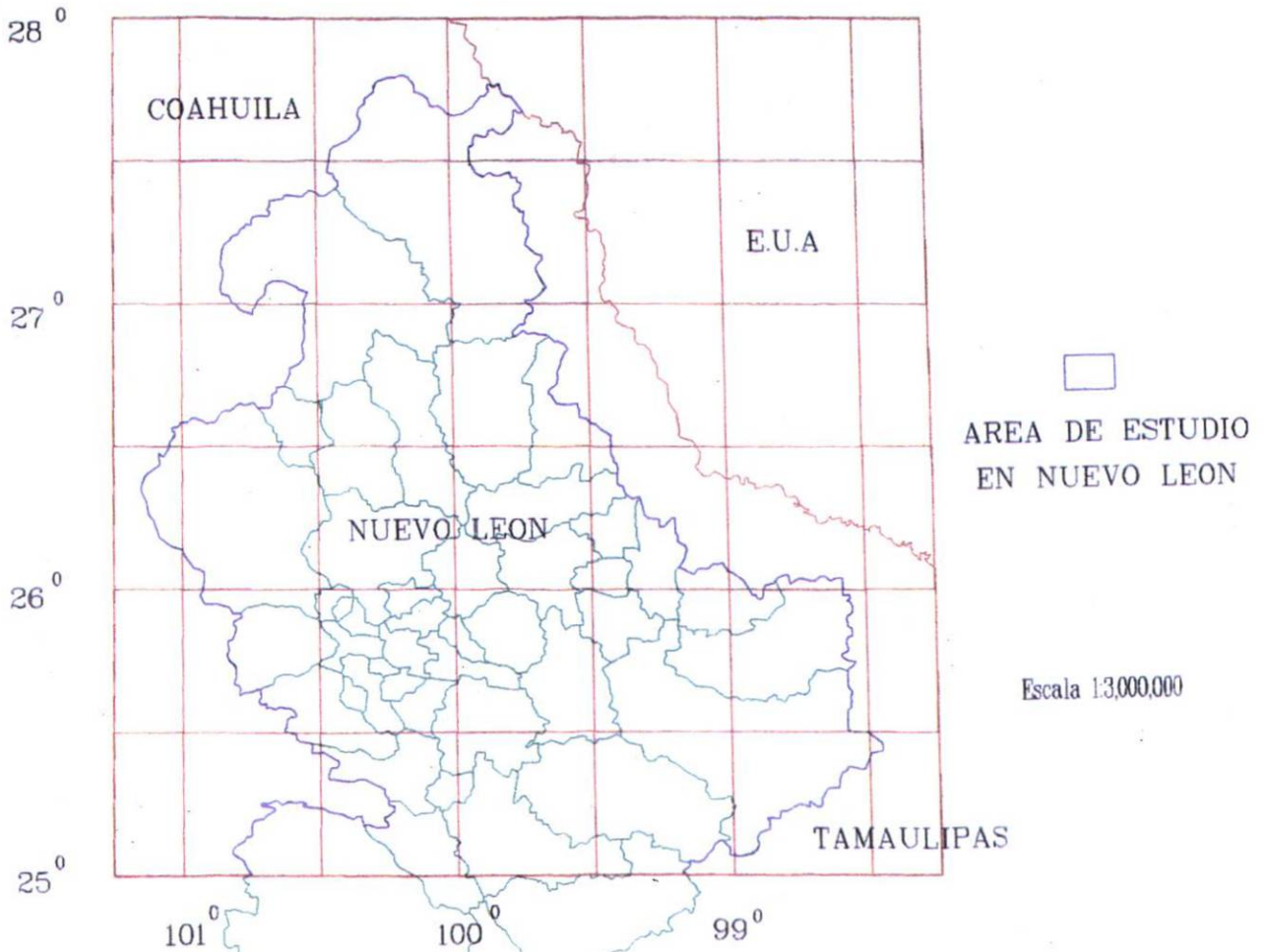
IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

La siguiente información esta basada en un estudio que se realizó de la región Norte del Estado de Nuevo León (incluye el municipio de Mina, N.L.) ver figura 7, para la selección de sitios factibles para el establecimiento de confinamientos controlados de residuos peligrosos. A través del sistema de información geográfica (SIG).

Esta información esta comparada con la NOM-055-ECOL-93 como medio de referencia.

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



AREA DE ESTUDIO:

TOTAL
76,771.098 KM²

EN NUEVO LEON
45,190.98 KM²

Figura No. 7

Region de Estudio en la Parte Norte
del Estado de Nuevo Leon

4.1.1. Evaluación de Sitios

En la selección de sitios potenciales a considerarse como candidatos para la instalación de confinamientos para residuos peligrosos, el adecuado conocimiento del sitio provee las bases para la toma de decisiones con un menor riesgo. En la presente sección se establecen las características generales de acuerdo a la normatividad vigente, así como las características que se encuentran en la parte norte del estado de Nuevo León. Como parte de ello, se presentan algunas descripciones de las características que son la base en la toma de decisiones en la evaluación del sitio, partiendo de características con parámetros objetivos de medición, que deben ser llevadas al campo de la interpretación cartográfica para la selección de atributos cuyos criterios de medición no son absolutos, por desprenderse de un atributo no numérico.

Dentro de la evaluación y selección de los sitios potenciales, y de acuerdo con la NOM-055-ECOL-93, deben tomarse en cuenta los siguientes objetivos:

A) Las características del sitio deben minimizar la probabilidad de contaminación de las regiones que circundan el lugar, por impactos al medio ambiente en aguas profundas, aguas superficiales o a través de emisiones atmosféricas.

B) Las características del sitio deben ser tales que minimicen el riesgo a la salud pública y al medio ambiente en caso de explosión accidental, fugas accidentales u otros riesgos asociados a las sustancias peligrosas.

La selección cuidadosa de los sitios es crítica, ya que los operadores de confinamientos tienen muy poco control sobre los procesos naturales (por ejemplo: granizadas, lluvias, inundaciones, etc.), o sobre influencias sociales extremas (por ejemplo: desarrollos industriales, desarrollo urbanos, fluctuaciones en las tasas de crecimiento poblacional, movimientos migratorios humanos, etc.).

La evaluación de sitios tiene dos ramas principales: Las características técnicas y las características demográficas y de las vías de comunicación (sociales). Dentro de las primeras se incluyen geología, hidrología, climatología, sismología y topografía del terreno. Dentro de las características demográficas y de las vías de comunicación: Crecimiento poblacional, accesibilidad, aspectos ecológicos especiales, sitios históricos o arqueológicos importantes, etc. ver Figura 8.

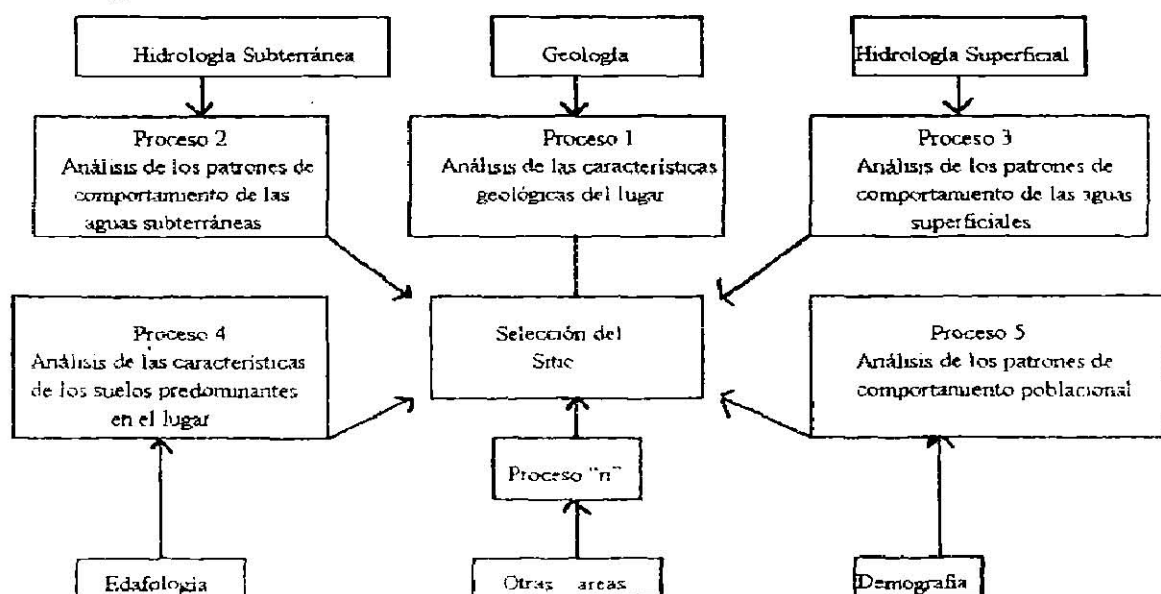


Figura 8. Diagrama general de los procesos involucrados en un proceso de selección de sitios.

4.2. Características Técnicas

Dentro de los criterios de evaluación de sitios, las características técnicas representan los parámetros de seguridad que servirán como base para el desarrollo de las obras ingenieriles necesarias para garantizar el control de los residuos y su adecuada disposición final, así como evitar la dispersión de los eventos contaminantes que pudiesen generarse.

4.2.1. Geología. Información General

Como geología se entiende el estudio de los materiales rocosos en su deformación, rasgos estructurales, composición y configuración de los rasgos físicos, sus relaciones mutuas, los procesos superficiales y subterráneos, así como la historia de las capas rocosas basado en las relaciones entre estas capas, los sedimentos superficiales, la morfología, el desarrollo evolutivo de los organismos y sus relaciones con el ambiente expresadas en registros sedimentarios y en las antiguas relaciones geográficas (cita 3).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-93 en la sección 5.1.1. fracción 2 se establece que el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 metros asentándose por su parte en la sección 5.1.1., fracción 3, que un sitio para el confinamiento de residuos peligrosos debe ubicarse en una zona en que el acuífero subyacente sea confinado, y que las características del material ubicado entre éste y la superficie, sean tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en dicho material antes de llegar al acuífero, con un tiempo de flujo de la superficie al manto freático mayor de 300 años. Es decir, considerando la profundidad y los tiempos de flujo, los índices de permeabilidad deberán encontrarse en valores menores o iguales a 2.11×10^{-8} m/s. Esta condición será uno de los principales puntos de partida para la selección de los materiales rocosos sobre los cuales sea factible establecer un confinamiento controlado. De manera general, es importante conocer las características del basamento rocoso, así como el grado de consolidación de los materiales sobre el mismo. Es decir el tipo de material del que están constituidas las formaciones rocosas, el tipo de suelo, su textura y profundidad; dentro de lo cual está incluido como una característica de gran importancia las permeabilidad de ambos estratos (cita 4).

Las características de los materiales rocosos, son consecuencia de los cambios sufridos por las rocas a través del tiempo, cambios conocidos como el Ciclo Geológico de las Rocas (Figura 9).

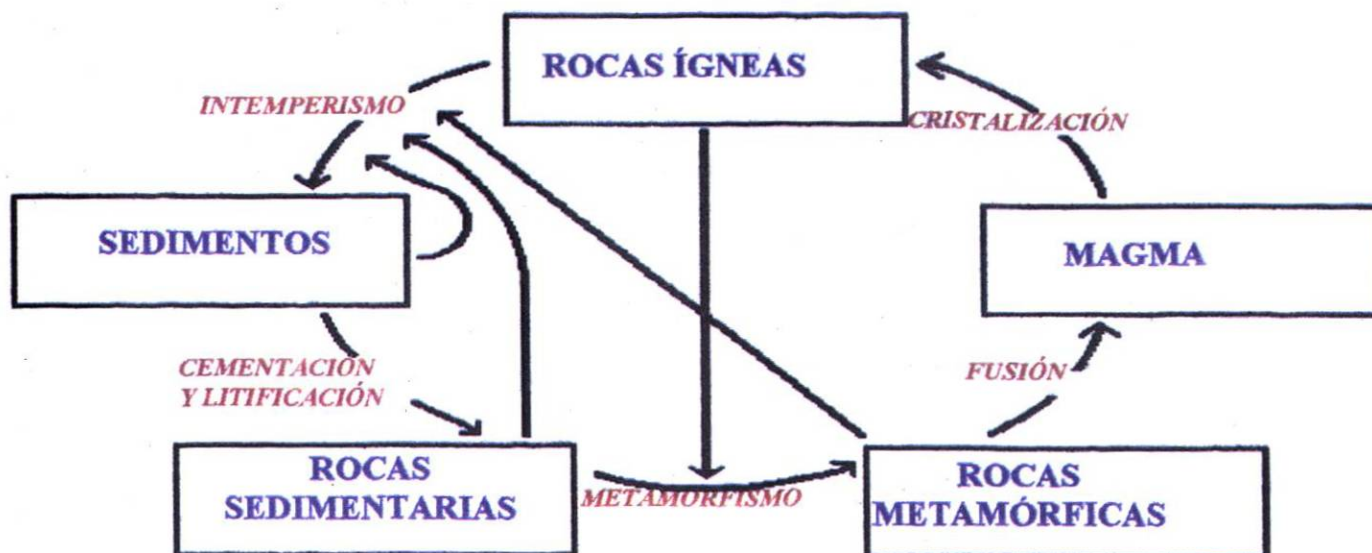


Figura 9. Representación diagramática del ciclo geológico de los materiales rocosos.

Este ciclo involucra cambios profundos en las características de los basamentos rocosos, que se ven reflejados en las condiciones generales de los sitios. Las condiciones de acumulación de aguas por los basamentos rocosos, infiltración, escorrentías, etc., se ven afectadas por el punto que ocupen las rocas dentro del ciclo de vida de las mismas y por tanto la orientación del estudio en este punto hacia determinado tipo de estratos rocosos. En el caso particular, de la disposición final de residuos peligrosos en la zona norte de Nuevo León, se consideran por su extensión y características, como basamentos más importantes a aquellos de tipo exógeno, y dentro de éstos, aquellos de origen sedimentario.

Las rocas exógenas comprenden rocas de tipo sedimentario e ígneo extrusivo, y representan el 75% de los materiales de la superficie de la Tierra y solo del 5 al 10% de los materiales de la corteza terrestre. La mayoría están formadas por granos de arcilla, arena, conchas y guijarros de tamaño variable. La distribución de las rocas sedimentarias en la superficie es lo que ha facilitado su estudio. Las rocas sedimentarias están compuestas por material erosionado de algún terreno preexistente, transportado al lugar de acumulación y depositado allí. Tal material es el producto del molino sedimentario, y su naturaleza ulterior está determinada por lo que entra al molino en la fuente de suministro, por lo que le sucede en tránsito y mientras está expuesto en el sitio de depósito, y por las modificaciones durante y después del enterramiento (cita 5).

La naturaleza del ambiente de depósito determina las características de las rocas sedimentarias resultantes. Algunos de los parámetros que influyen el tipo de roca son:

- Tipo de agente transportador (agua, viento, hielo).
- Características de flujo del fluido de disposición (velocidad, variación en velocidad).
- Tamaño, forma y profundidad del cuerpo de agua y circulación del agua (cuenca lacustre o marina).
- Parámetros geoquímicos (temperatura, presión, contenido de oxígeno, pH).
- Tipo y abundancia de los organismos presentes.
- Tipo y composición de los sedimentos en el medio.

Estos factores proporcionan su propia forma geológica sobre los sedimentos y las rocas resultantes para un ambiente particular. El paso final para que se convierta el agregado sedimentario en roca es la Litificación. El más básico proceso de litificación es la compactación; los depósitos sedimentarios pierden su condición y son gradualmente compactados a un estado más denso a medida que se acumulan materiales sobre ellos. Si la compactación es suficiente, el sedimento se convertirá en roca. Como procesos paralelos de litificación, la expulsión de agua de los espacios entre partículas genera fuerzas de compactación mayores. En el caso de los sedimentos arcillosos, la fuerza de atracción interparticular también funciona como un mecanismo de compactación. Los sedimentos ricos en arcillas tienen en consecuencia un mayor grado de compactación que los sedimentos arenosos (cita 5).

Sin embargo, el tipo de roca formado no depende únicamente de la composición del material que la forma, sino que está estrechamente involucrado con el proceso a partir del cual se dio origen a los materiales sedimentarios, y consecuentemente con los tamaños de partícula que componen dicha roca. Del mismo modo el tamaño de partícula está íntimamente ligado con el origen de los sedimentos. En el cuadro 11 se presentan algunos tipos de rocas sedimentarias incluyéndose el tipo de material que las forman así como el origen de los sedimentos.

Cuadro 11. Clasificación general de las rocas por su contenido de materiales (cita 6)

CLASE	ORIGEN	PRINCIPAL TIPO DE ROCA
SÍLICE Y SILICATOS DOMINANTES		
Fragmentadas:		
Gruesa	Mecánico	Conglomerado
Mediana	Mecánico	Arenisca
Fina	Mecánico	Lutita
No obviamente fragmentada	Mecánico	Pedernal
CARBONATOS DOMINANTES	Químico(a)	Caliza
SALES SOLUBLES DOMINANTES	Químico	Yeso y sal de roca
FOSFATOS DOMINANTES	Químico(b)	Roca fosfórica
MATERIA CARBONACEA DOMINANTE	Químico	Carbón
DIVERSAS	Mixto	Rocas de tipo poco común (formaciones de hierro, etc.)

(a) y (b) algunas son de origen mecánico

Una de las características distintivas dentro de las rocas sedimentarias, es la textura, definida como aquella relación entre la forma y el tamaño de las partículas en una roca o sedimento. Se presentan dos clases particulares Clástica y No Clástica. Las rocas clásticas están compuestas de agregados minerales individuales o fragmentos de rocas. Donde estos fragmentos han sido erosionados, transportados, y depositados, y el origen de la roca puede describirse como detrital. Si la textura es no clástica, las rocas han sido formadas por precipitación química en soluciones acuosas. De tipo pueden observarse rocas formadas tanto por procesos orgánicos como inorgánicos.

De acuerdo con el tamaño de la partícula se encuentran rocas sedimentarias compuestas por guijarros hasta talcos, la clasificación más utilizada es la de Wentworth (1922). (cuadro 12). El tamaño de las partículas está estrechamente relacionado con el proceso erosivo al que fue sometido, y a la duración de este proceso.

Cuadro 12. Escala de Wentworth del tamaño de partículas para sedimentos.
(cita 7).

NOMBRE DE LA PARTÍCULA	TAMAÑO (mm)
Canto rodado	mas de 256
Guijarro	64 - 256
Grava	4 - 64
Granulo	2 - 4
Arena	1/16 - 2
Limo	1/256 - 1/16
Arcilla	menos de 1/256

Al consolidarse las partículas sueltas (cuadro 12), se forman rocas distintivas de acuerdo con el tipo de partículas dominantes. Por ejemplo, las arcillas al perder agua cambian de volumen transformándose en lutitas; la primera es plástica, moldeable y se encuentra generalmente en la superficie del terreno o muy cerca de él; mientras que la segunda es dura y generalmente estratificada, o sea, que empieza su estado de litificación, y por lo general aparece a cierta profundidad. Las lutitas generalmente presentan muy baja permeabilidad por los minúsculos espacios existentes entre las partículas. Para el caso de las arcillas, éstas presentan resistencia al flujo de agua por las características de polaridad de sus partículas.

Se presenta a continuación el tipo de basamento rocoso que generalmente se forma a partir de las partículas mencionadas ver cuadro 13.

Cuadro 13. Clasificación de las rocas sedimentarias en base al tipo de partículas que las forman (cita 8).

NOMBRE DE LA PARTÍCULA	ROCA CONSOLIDADA
Canto rodado	Conglomerado o brecha
Guijarro	Conglomerado o brecha
Grava	Conglomerado o brecha
Granulo	Arenisca
Arena	Arenisca
Limo	Limolita o Lutita
Arcilla	Lutita

Se presentan a continuación breves descripciones de algunas de las principales rocas sedimentarias.

a) **Conglomerados.** - Roca compuesta por guijarros o fragmentos de rocas redondeadas por efecto de su arrastre por los ríos. El tamaño típico de partícula es de 4 - 64 mm de diámetro. Las capas tienden a ser discontinuas y relativamente delgadas. Los principales materiales cementantes son el sílice, calcita, y limolita. Los conglomerados de extensión restringida pueden indicar la presencia de una antigua corriente fluvial; si ocupan áreas

extensas puede sugerir la existencia de playas marinas o avances del mar sobre el área continental (cita 9).

b) **Arenisca.** - Rocas sedimentarias formadas por partículas de arena, de tamaño entre 1/6 y 4 mm, como las partículas que se encuentran comúnmente en ríos y playas. Cerca del 25% del total de rocas sedimentarias está formado por areniscas. De acuerdo con el tamaño se les clasifica en finas, medianas y gruesas. Son producidas por la desintegración de rocas preexistentes, en donde las partículas de arena han sobrevivido al intemperismo químico en la fuente, y al intemperismo y fricción durante el transporte. Los granos pueden ser muy variables en su composición química, de acuerdo con su origen, dependiendo de las rocas de donde se derivan y de su ambiente climático. En muchas de las areniscas los espacios vacíos entre partículas no son rellenos completamente por el agente cementante; parte de estos espacios permanecen abiertos permitiendo el libre flujo de soluciones acuosas que percolan. En algunas areniscas, estos espacios están rellenos de limo o arcilla, dificultando el paso de líquidos. Texturalmente se diferencian dos tipos de areniscas, denominadas arenitas y grauvacas; la diferencia principal estriba en el contenido de limos y arcillas, para la primera el volumen no pasa del 5%, y en el caso de la segunda contiene más del 15% (cita 9).

c) **Lutita.** - Rocas constituidas por partículas de grano fino. Representan aproximadamente la mitad del total de las rocas sedimentarias de los continentes. El término lutita es utilizado para describir las rocas laminadas arcillosas, las fangolitas y las limolitas. Se han acumulado en una gran variedad de ambientes. La composición de las lutitas es difícil de determinar, y consisten en su mayoría de minerales arcillosos, en el cuadro 14 se presenta una composición basada en el análisis modal de 400 muestras representativas de lutita. Los minerales arcillosos son todos complejos de hidrosilicatos de alúmina, este tipo de complejos presentan áreas superficiales grandes y fuerzas intraparticulares suficientemente fuertes como para detener el flujo de líquidos a través de ellos.

Cuadro 14. Promedio mineralógico modal para 400 muestras de lutita y de fango.

MINERAL	PORCENTAJE EN PESO
Cuarzo	30.8
Feldespato	4.5
Minerales arcillosos	60.9
Óxidos de hierro	menos de 0.5
Carbonatos	3.6
Otros minerales	menos de 2.0
Materia orgánica	1.0

Generalmente las lutitas se depositan en lagos, llanuras de inundación de los ríos, en los pantanos, en lagunas someras costeras, grandes deltas, en la plataforma continental y en la mayor parte de la zona batial (cita 9).

d) **Caliza.** - Este tipo de roca sedimentaria consiste principalmente de calcita o carbonato de calcio producido por organismos marinos o por precipitación. Para el caso de los animales marinos, estos forman la calcita a partir de los iones calcio y bicarbonato disueltos en el agua. En el caso de la precipitación, bajo ciertas condiciones ambientales, el carbonato de calcio sedimenta en lagunas, lagos, plataformas o cuencas marinas. Estas rocas forman el 22% del volumen de las rocas sedimentarias existentes. La caliza generalmente es dura y cristalina, pero se raya con la navaja y efervesce activamente con el ácido, especialmente, con el ácido clorhídrico. Su color es variable de acuerdo con el contenido de impurezas que contenga, desde el blanco lechoso, al amarillento, gris-café y negro. Reaccionan químicamente con soluciones acuosas que pasan a través de ellas y disuelven lentamente parte de la roca. Los lodos calcáreos consisten en partículas muy finas de calcita y argonita cuyo tamaño promedia aproximadamente 3 micras de longitud (cita 9).

La formación de calizas es el resultado del aumento de tamaño de los poros entre los granos y, tal vez, la formación de grandes cavidades en la roca, las cuales se dan como producto de la disolución de las rocas carbonatadas por acción del agua. Las calizas son de gran importancia como rocas productoras de petróleo, y como bancos de materia prima de cal y cemento. Cuando la caliza tiene un alto contenido de magnesio (más del 25%), se le denomina Dolomita. La mayoría de estas rocas se originan por una sustitución progresiva del calcio por magnesio, el reemplazamiento completo implica una disminución en volumen hasta del 12.3%, lo que da lugar a importantes espacios porosos (cita 9).

e) **Yeso.** - Roca sedimentaria incluida dentro de las evaporitas, denominadas así por su origen. Se encuentra con mayor frecuencia en depósitos casi superficiales. Se localiza en estratos masivos o en vetas que rellenan fracturas y cavidades en otra roca cualquiera. Se originan por la evaporación del agua de mar, lo que provoca la precipitación de las sales contenidas en ella al alcanzar sus puntos de saturación; la precipitación del yeso comienza hasta que se ha alcanzado una evaporación del 70%. Son rocas muy intemperisables y que reaccionan fuertemente con los ácidos (cita 9).

f) **Roca Fosfática.** - Compuesta principalmente de fosfato de calcio. Pueden constituir depósitos de guano y acumulaciones de restos de esqueletos pertenecientes a vertebrados. Los estratos sedimentarios consisten de nódulos y gránulos, comúnmente de color negro o café obscuro (cita 10).

g) **Carbón.** - Hay diferentes tipos de carbón, las variedades importantes son lignito, betumen y antracita. Estos diferentes tipos de carbón pueden diferenciarse entre sí por medio de sus propiedades físicas y químicas. Los constituyentes del carbón sufren cambios postdeposicionales. Los constituyentes primarios son carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Otros elementos como el azufre se encuentran en cantidades menores. Los medios más comunes de deposición son pantanos de agua dulce. En estos lugares las plantas se asientan en la parte inferior de los pantanos, y debido a que están protegidos de la atmósfera la oxidación es muy restringida (cita 10).

En general se considera que por sus características especiales, los materiales rocosos consolidados ricos en arcillas proporcionan niveles de seguridad más altos en el atrapamiento e

inmovilización de posibles lixiviados, esto gracias al tamaño de partícula y a las enormes fuerzas intraparticulares que provocan una malla de partículas que impide el libre movimiento de fluidos dentro de las rocas. Por otro lado, los conglomerados presentan tamaños muy grandes de partículas formando capas discontinuas que permiten un flujo mayor del agua a través de ellos; las areniscas presentan una gran cantidad de espacios vacíos entre las partículas, no rellenos por el material cementante lo que provoca una alta porosidad y permeabilidad; las calizas son materiales rocosos altamente intemperisables gracias a la composición química de la roca (principalmente carbonatos de calcio), lo que la convierte en una roca altamente reactiva al ácido clorhídrico y fácilmente erosionable por líquidos, y los yesos, al igual que las calizas, son muy intemperisables y reaccionan fuertemente con los ácidos.

4.2.2. Geología en la región norte del estado de Nuevo León

Si se analizan los tipos de rocas presentes en Nuevo León, se puede apreciar que en la parte norte del estado existen numerosas regiones de afloramiento de lutitas y lutitas-areniscas. En el caso del estado de Nuevo León afloran principalmente rocas de tipo sedimentario de origen marino (depósitos clásticos y químicos de la edad mesozoica). La mayor parte de las rocas que forman grandes estructuras plegadas (sinclinales y anticlinales) que caracterizan a la Sierra Madre Oriental, son del mesozoico. El Estado queda comprendido dentro de tres provincias. La Llanura Costera del Golfo Norte, La Gran Llanura Norteamericana y la provincia de la Sierra Madre Oriental.

La Llanura Costera del Golfo Norte comprende la porción central del estado de Nuevo León y la mayor parte de los afloramientos rocosos pertenecen al Cretácico Superior y están constituidos por lutitas, sobresaliendo conglomerados discordantes del terciario. Las estructuras características de las rocas del Cretácico están formadas por numerosos pliegues de pequeñas dimensiones. Importantes afloramientos de lutitas se encuentran en Ciénega de Flores, oeste de Marín, Pesquería, oeste de Cadereyta de Jiménez, Allende, sur de Montemorelos y norte y sur de Linares.

La provincia de la Sierra Madre Oriental ocupa la mayor parte de la porción occidental del estado; existen afloramientos de arenisca y lutita-arenisca del Triásico; lutitas y asociaciones con calizas y areniscas del Cretácico Superior y conglomerados del Terciario en los márgenes de la Sierra Madre Oriental. Se encuentran afloramientos de lutitas de Cretácico Superior en el sur de Villa de García, este de Ramos Arizpe, oeste de Potrero, noroeste de Salinas Victoria, sureste de Villa de García, Monterrey y Rayones; asociaciones de lutitas-areniscas en la parte central y este de Mina, en San José de la Popa. en el sur de Villa de García, sur de Santa Catarina. sureste de Monterrey y oeste de Allende.

Dentro de la Gran Llanura Norteamericana, que ocupa la porción nororiental del estado, las rocas más antiguas pertenecen al Cretácico Superior, y están constituidas por asociaciones de lutita-arenisca y conglomerados. Existen afloramientos del Terciario compuestos por sedimentos marinos, constituidos por sedimentos clásticos (lutitas y lutitas asociadas con areniscas y conglomerados). Las estructuras geológicas de esta provincia son pequeños pliegues sinclinales y anticlinales producidos por la deformación de las rocas sedimentarias del Cretácico Superior. Se encuentran afloramientos del Cretácico constituidos por lutitas al

noreste de Anáhuac y este de Vallecillo; y afloramientos de lutita-arenisca al norte de Anáhuac y noroeste de Lampazos de Naranjo. Existen también afloramientos de lutita-arenisca del Terciario al oeste de Colombia, sur de Anáhuac, norte de Paras, sur de Agualeguas, este de Melchor Ocampo, este de Doctor Coss, sur de General Bravo, este de Ramones y sur de China Ver figura 10.

4.3. Hidrología. Información General.

El agua en su proceso de transformación en el medio ambiente, pasa por distintos escenarios tomando muy diferentes patrones de comportamiento (figura 11). No son iguales los procesos que involucra el agua dentro, sobre o fuera de la superficie de la tierra. Como parte del estudio de estos patrones de comportamiento y de las características del escenario sobre el cual se mueve el agua, la hidrología, tanto superficial como subterránea, juegan un papel preponderante en el desarrollo de las sociedades que ha formado el hombre. En especial en el desarrollo de proyectos relacionados con la disposición de residuos peligrosos (cita 11).

La hidrología permite al hombre alcanzar más conocimientos acerca de la forma de conservar y proteger el recurso. La hidrología superficial y subterránea, son factores básicos a considerar dentro de los proyectos ambientales, que involucren el agua de alguna manera; ya sea como parte del proceso productivo o como punto de impacto de los desechos producidos por el proceso productivo.

Normativamente, la protección del agua en relación con el establecimiento de sitio para la disposición final de residuos peligrosos es el punto más importante y sobre el cual giran la mayoría de las consideraciones a tomar para una adecuada selección de terreno.

**Sitios con Alta Factibilidad
para el Confinamiento de
Residuos Peligrosos**

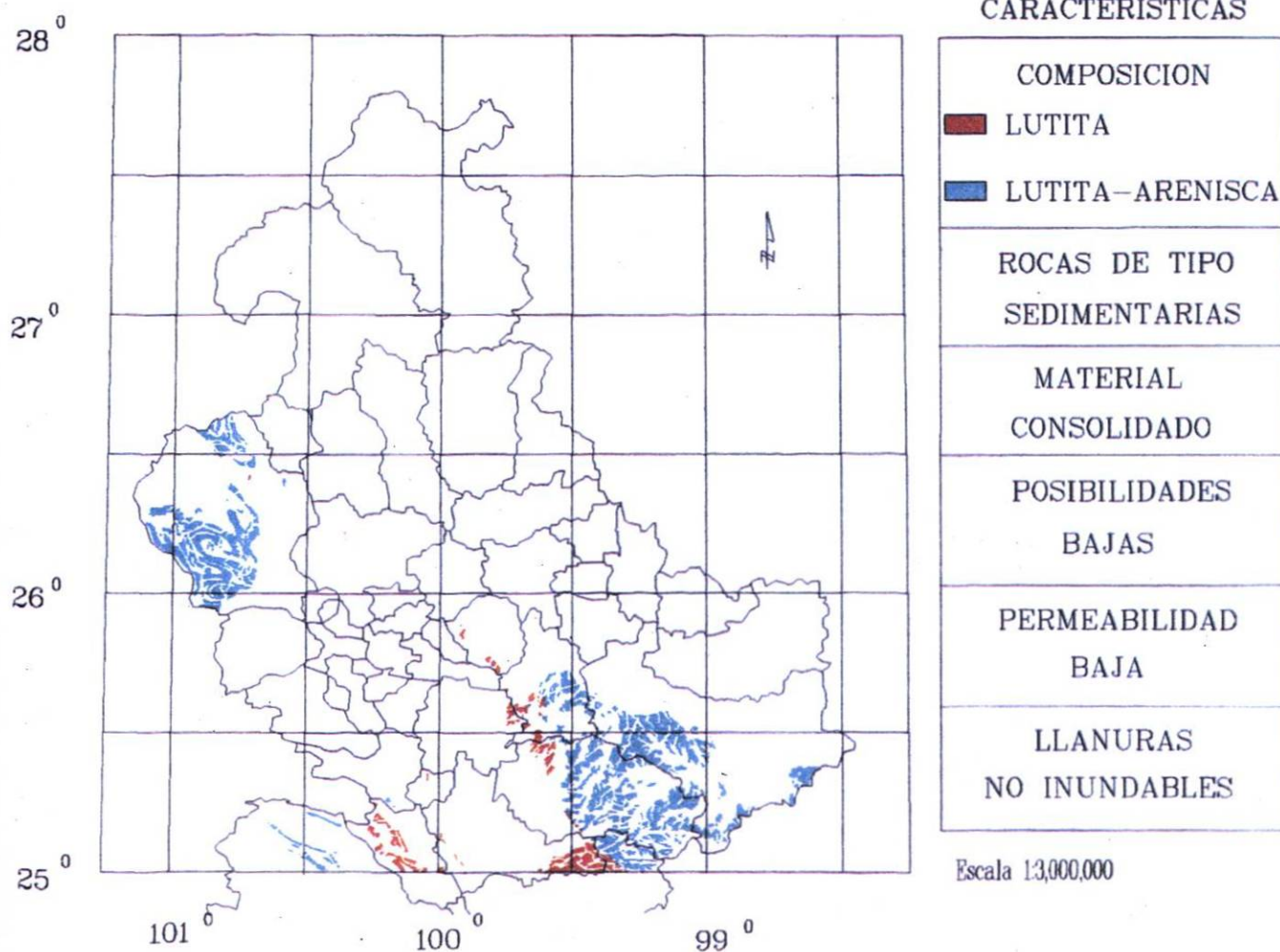


Figura No 10

Características de los Materiales Rocosos en los Sitios de
Alta Factibilidad para el Confinamiento de Residuos
Peligrosos en la Region Norte del Estado de Nuevo Leon

NOTA.- La posibilidades bajas se refieren a la capacidad de formacion de acuíferos en los estratos rocosos

Cuando se tienen selecciones inadecuadas de sitio, los problemas de contaminación de aguas se vuelven un problema crítico de enorme magnitud, ya que el arrastre de materiales peligrosos por agua se convierte en una fuente de dispersión que afecta la mayor parte del ciclo hidrológico, además de las implicaciones para el medio ambiente y el hombre. La contaminación de las corrientes superficiales se convierte en uno de los mejores medios de dispersión de los materiales peligrosos por la elevada cinética que este tipo de sistemas tienen, y consecuentemente la impactación de áreas toma proporciones significativas.

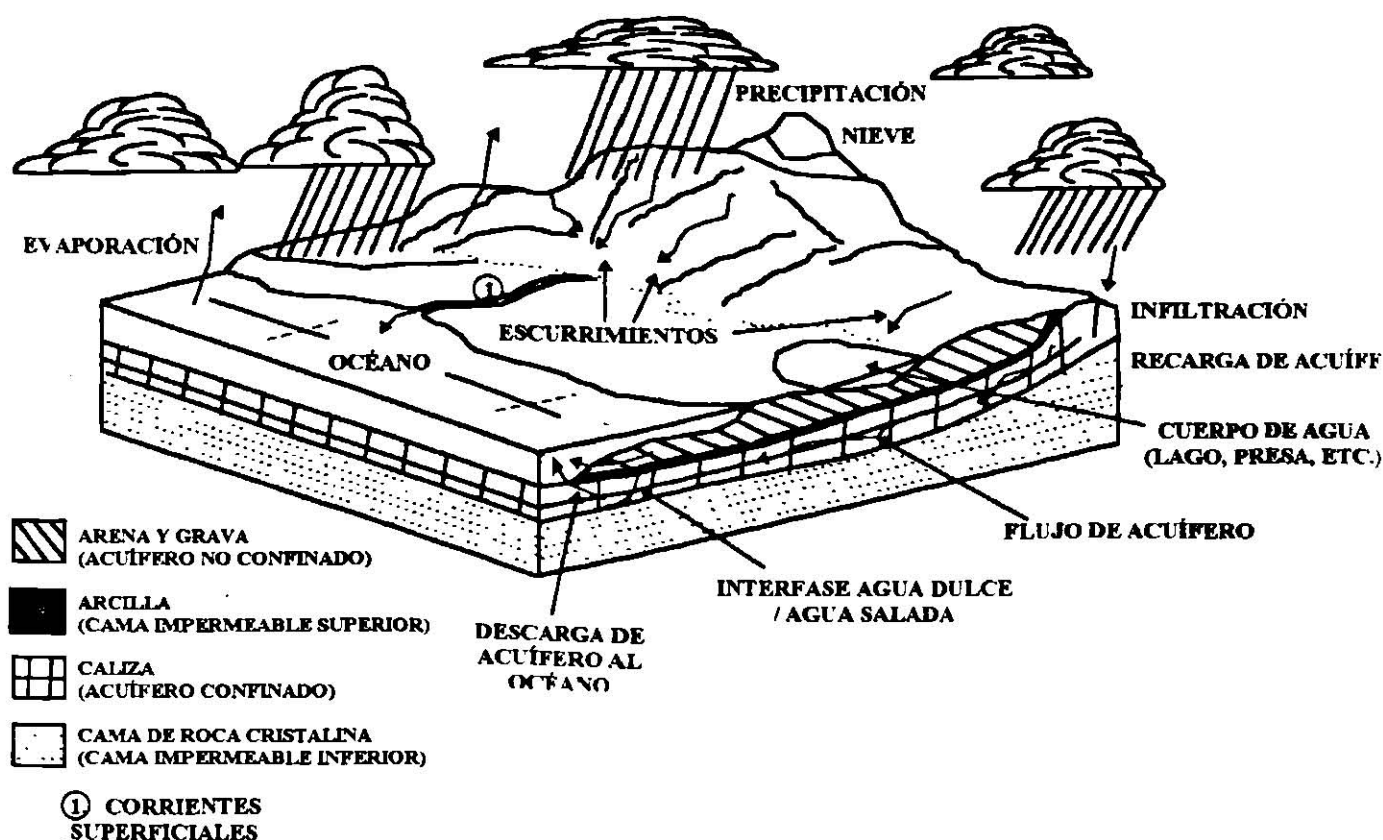


Figura 11. Ciclo de vida del agua (cita 12).

4.3.1. Hidrología subterránea. Información General

El agua es un recurso abundante cerca de la superficie de la Tierra, la humedad que es retenida en los materiales rocosos es conocida como agua subterránea. Muy cerca de la superficie se tiene en forma de película que cubre las rocas y como gotas que llenan parcialmente las grietas e intersticios entre las partículas. A mayor profundidad el agua satura completamente los huecos existentes. Esta última constituye una importante fuente de agua dulce para innumerables usos. Cuando el agua se extiende de manera continua en toda la capa de rocas (arenas, aluvión, etc.), se presenta la formación de un acuífero, principalmente en estratos rocosos no consolidados. La posición y forma de los receptáculos subterráneos influye en las condiciones en que se encuentran las aguas alojadas en ellos. Es decir, las características de las rocas establecen las condiciones para la acumulación y el movimiento del agua a través de ellas. Dentro de los principales factores que influyen en la formación de acuíferos tenemos la permeabilidad, conductividad hidráulica, porosidad, y capacidad de campo (cita 12).

Normativamente la hidrología subterránea se encuentra contemplada en la NOM-055-ECOL-93, sección 5.1.1, fracciones 5.1.1.1, 5.1.1.2 y 5.1.1.3 referentes a las condiciones geohidrológicas, que involucran parámetros como tiempo de flujo y profundidad que determinan una permeabilidad del material rocoso sobre el que se asentaría un confinamiento controlado, del mismo modo se incluyen las características del tipo de acuífero, el cual, debe de ser confinado y preferentemente la zona no debe estar conectada con ningún tipo de acuífero. Esto representa la base de la protección de las principales fuentes de agua para la mayoría de las actividades humanas como son los acuíferos. En este punto, es muy importante conocer las características de permeabilidad, conductividad hidráulica y porosidad de los materiales rocosos en el subsuelo, ya que en base a ello se seleccionarán aquellas regiones con una menor capacidad para el movimiento y la acumulación de agua en las capas rocosas subterráneas, que puedan provocar con ello la posible formación de un acuífero. Si bien a partir de éstos diferentes parámetros es necesario interpretar la información existente a nivel cartográfico en el país.

a) Acuíferos

Un acuífero es una unidad geológica que puede almacenar y transmitir agua. Es decir, es una formación, estrato o grupo de formaciones que contienen agua en cantidad suficiente que pueden funcionar como suministro de agua por su extracción a través de pozos. Generalmente se presentan en materiales no consolidados como gravas, arenas, areniscas, rocas graníticas con fisuras, basaltos vesiculares, cienos con cavidades formadas por aguas ácidas, etc. Por otro lado, un acuítard se presenta en una formación rocosa con un movimiento de agua apreciable pero con una tasa de transmisibilidad tan baja que es insuficiente la cantidad de agua disponible para su extracción en pozos individuales, tal es el caso de las arcillas intercaladas con areniscas, un acuicludo es al contrario de un acuífero, es una formación, estrato o grupo de formaciones que presentan una capacidad de transmisión muy baja así como una movilidad del agua en los estratos también muy baja, tal es el caso de las formaciones rocosas compuestas por materiales arcillosos (cita 13).

Los acuíferos varían en profundidad, extensión lateral y espesor, pero en general son clasificados como confinados o no confinados, un acuífero no confinado es aquel cuyo manto de agua varía en forma ondulante y pendiente, dependiendo de las áreas de recarga y descarga, pozos de bombeo y permeabilidad. Las elevaciones y caídas en el manto acuífero corresponden a los cambios en volumen del agua almacenada dentro del acuífero. Los acuíferos confinados se presentan donde el agua subterránea es ocluida por estratos impermeables, que restringen el movimiento del agua (figura 12). Las elevaciones o caídas en el manto freático resultan más de cambios en presión que de cambios en el volumen almacenado.

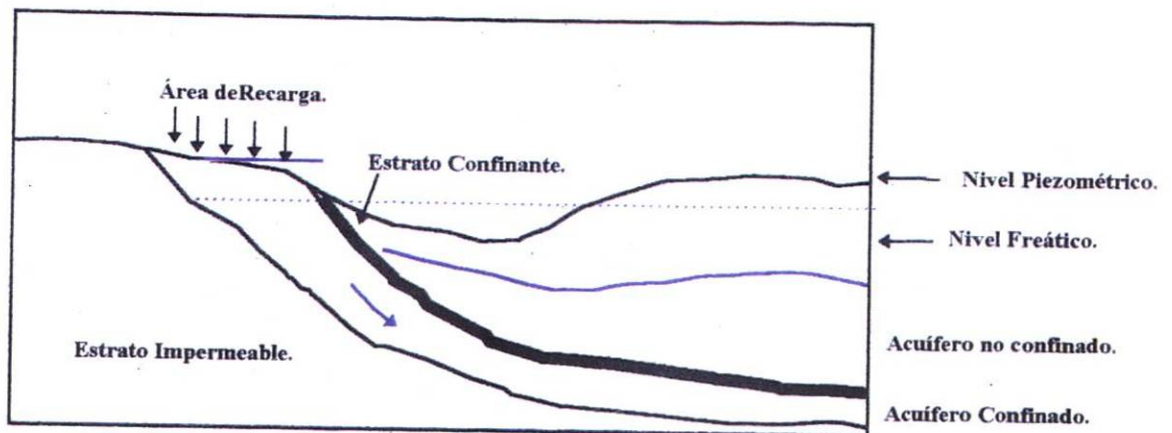


Figura 12. Esquema de sección transversal ilustrando un acuífero confinado y no confinado (cita 17).

b) Permeabilidad

La permeabilidad hidráulica es la facultad de un material para el flujo de agua a través de una sección transversal del material. La permeabilidad representa en un acuífero una resistencia al flujo de agua subterránea a través de los poros. Cada tipo de roca tiene una permeabilidad típica (cuadro 15), determinada por las características intrínsecas de la roca, esta en función de la porosidad, del tamaño de grano, distribución, orientación, arreglo, de la geometría de las partículas y a su superficie interna característica (cita 18).

La permeabilidad esta dada por la ecuación:
$$K = \frac{K \mu}{p g}$$

Donde K es la conductividad hidráulica, μ es la viscosidad dinámica del fluido, p es la densidad del fluido y g es la aceleración de la gravedad.

Cuadro 15 Permeabilidad en sedimentos (cita 14).

MATERIAL	PERMEABILIDAD (DARCYS)
Grava	$10^3 - 10^5$
Arena	$1 - 10^3$
Limo	$10^{-4} - 1$
Arcilla	Menos de 10^{-4}

Como se puede observar, los materiales arcillosos tienen las permeabilidades más bajas. Esto es debido a las dimensiones de los canales interconectados que se encuentran distribuidos en la estructura de los materiales. Aun cuando existen muchos canales, el tamaño de estos es muy pequeño, las fuerzas moleculares sobre la superficie de la partícula sólida tienden a retener una película delgada de fluido, y si los diámetros de los poros son del orden del espesor de la película de agua retenida, ésta tiende a adherirse a las partículas, más que a migrar a través de los poros interconectados. Esto disminuye en gran medida la difusión de los fluidos. Pero en el caso de los materiales arenosos, el tamaño de los huecos permite el paso de una gran cantidad de agua, no representando las fuerzas moleculares un obstáculo significativo para la migración de los líquidos (cita 15).

Cuadro 16. Permeabilidad de rocas consolidadas (cita 16).

ROCAS CONSOLIDADAS	K (m/seg)	REFERENCIA
Arenisca	hasta 4×10^{-4}	Mathess, 1972
Carbonatos	hasta 2.7×10^{-3}	Engelhardt, 1960
Rocas volcánicas	hasta 1.2×10^{-7}	Davis & De Wiest, 1967
Lutitas	hasta 4.5×10^{-10}	Davis & De Wiest, 1967
Rocas plutónicas	hasta 10×10^{-10}	Davis & De Wiest, 1967

Como se puede observar en el Cuadro 16 el patrón de comportamiento en los materiales consolidados se mantiene con la misma tendencia que se presenta en la permeabilidad para materiales no consolidados, en el cual los materiales arcillosos presentan las permeabilidades más bajas. Sin embargo, es muy importante mencionar, que la permeabilidad de los materiales rocosos mostrada en el cuadro no es determinante, esta dependerá significativamente de las condiciones locales de los materiales consolidados como son el fracturamiento, la cementación, la estratificación, etc.

c) Conductividad Hidráulica

Por otra parte, "la conductividad hidráulica, es la cantidad de fluido que pasa a través de una sección de material transversal dada, por unidad de tiempo, cuando se le somete a un gradiente de presión y a una temperatura constante" (cita 14) y consecuentemente cada tipo de material tiene una conductividad hidráulica específica (Cuadro 17). La conductividad hidráulica se expresa en m/día y esta dada por la ecuación:

$$K = \frac{v}{dH/dL}$$

Donde v es la velocidad cinemática y dH/dL es la sección transversal de área a través de la cual se mueve el fluido (cita 17).

Cuadro 17. Valores representativos de conductividad hidráulica (cita 17).

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/día)	MATERIAL	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/día)
Grava gruesa	150	Arenisca (grano grueso)	3.1
Grava media	270	Cieno	0.08
Grava fina	450	Limo	0.98
Arena gruesa	45	Arcilla	(0.0002)
Arena media	12	Basalto	0.01
Arena fina	2.5	Granito	1.4
Arenisca (grano fino)	0.2		

Como se puede apreciar en el cuadro 17, los valores más bajos corresponden a los materiales arcilloso, mientras que para las arenas y gravas presentan los valores más altos de conductividad.

d) Porosidad

Es la proporción en porcentaje del volumen de una roca con respecto a sus espacios porosos. La porosidad intergranular de las rocas sedimentarias depende del tamaño del grano, del arreglo y de la proporción del volumen ocupado por materiales cementantes. La porosidad intergranular puede ser mayor de 50% en sedimentos no consolidados consistentes de granos de tamaño relativamente uniforme. Se pueden esperar valores mucho más bajos en rocas sedimentarias con granulometría heterogénea, las cuales están constituidas por granos de diferentes tamaños y contienen cemento intersticial. La porosidad generalmente es mayor en el material no consolidado que en el material litificado con tamaño de grano similar (Cuadro 18) (cita 18).

La porosidad está expresada como:
$$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{e}{1 + e}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1 - n}$$

En la cual n representa la porosidad, V_t el volumen total, V_v el volumen de espacios vacíos, e el radio de los huecos, y V_s el volumen de sólidos.

Cuadro 18. Valores representativos de porosidad (cita 19).

MATERIALES	POROSIDAD (%)
Grava	28
Arena gruesa	39
Arenisca	33
Granito	45
Cieno	30
Arcilla	42
Basalto	17

4.3.2. Hidrología subterránea en la región norte del estado de Nuevo León

En el estado de Nuevo León la escasa disponibilidad de agua y la irregular distribución en la temporada de lluvias redundan en una recarga reducida de los acuíferos. La parte norte se localiza en la Región Hidrológica "Río Bravo", y en ella se efectúa la explotación de agua subterránea más importante del estado, concentrándose en la zona metropolitana de Monterrey. Los campos de Mina, Monterrey, Buenos Aires y Topo Chico son los que aportan mayor caudal. En esta región se han perforado pozos de más de 2,000 metros de profundidad. La permeabilidad de las calizas de la región juega un papel fundamental en la recarga de acuíferos, y se debe a la presencia de una franja arrecifal que se desarrolló en las formaciones del Cretácico Inferior.

Las rocas y suelo del estado se encuentran agrupadas en cuatro categorías de acuerdo con su permeabilidad y con las posibilidades de que funcionen como acuíferos.

1. Materiales consolidados con posibilidades altas: Constituidos principalmente por calizas, areniscas y horizontes de conglomerados.
2. Materiales consolidados con posibilidades medias: Constituidos por diversos tipos de rocas, que se restringen a afloramientos de lutitas alternadas con calizas y areniscas.
3. Materiales consolidados con bajas posibilidades: Constituidos principalmente por rocas lutíticas que afloran por todo el estado. Tales rocas son impermeables y así el agua sólo infiltra en pequeñas cantidades en zonas de arenisca y caliza que se alternan con las lutitas.
4. Materiales no consolidados con altas posibilidades: Se encuentran formados por suelos aluviales y conglomerados por todo el estado. Tiene gran capacidad para la formación de acuíferos por los grandes espacios vacíos existentes entre sus partículas.

El considerar regiones de baja permeabilidad, baja capacidad de campo y relativamente poca porosidad, nos permite trabajar en terrenos con mayores niveles de seguridad en la inmovilización de lixiviados o infiltraciones que pudieran presentarse en una instalación para el confinamiento de residuos peligrosos. Así como disminuir la posibilidad en la formación de acuíferos. Si se considera que los materiales arcillosos tienen las características arriba mencionadas, es importante buscar entonces regiones en las que las condiciones climatológicas sean tales que las entradas de agua al sistema no sean significativas. En Nuevo León, las grandes zonas de recarga de acuíferos se encuentran en la zona plegada de la Sierra Madre Oriental que cruza el estado de sureste a noroeste al sur del área metropolitana de la ciudad de Monterrey. En la zona norte, las rocas sedimentarias arcillosas son de características poco apropiadas para la formación de acuíferos y el movimiento de las aguas subterráneas es muy lento.

4.3.3. Hidrología Superficial. Información General

La distribución del agua superficial tiene un papel crítico en los patrones de desarrollo del hombre, las características y patrones de los movimientos de las aguas superficiales han determinado por mucho tiempo los polos de crecimiento de las sociedades.

El agua superficial es la que se almacena o se encuentra fluyendo sobre la superficie de la tierra. El sistema de aguas superficiales interactúa continuamente con los sistemas de agua atmosférica y subterránea. Las leyes de la física gobiernan el comportamiento del agua

superficial. Dentro de las características técnicas a considerar están las zonas inundables, las corrientes superficiales y las cuencas de aportación.

La legislación vigente en México establece en la NOM-055-ECOL-93 la protección de las corrientes superficiales en dos dimensiones; Una como una zona de seguridad en dirección horizontal a través del terreno y otra en sentido vertical de desnivel partiendo del fondo del cauce de las corrientes.

La primera se establece en la sección 5.1.2 fracción 2 que menciona una zona de seguridad longitudinal de 500 metros a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial, y la segunda de la sección 5.1.2 fracción 2 que establece un desnivel de 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento promedio anual mayor de 100 metros cúbicos. Por otro lado se considera en cierta medida las características del suelo en relación con las condiciones climatológicas, estableciendo que la porción de lluvia susceptible de infiltrarse calculada a partir del coeficiente de escurrimiento promedio diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno (sección 5.1.4 fracción 2 de la NOM-055-ECOL-93); partiendo de esto y tomando en consideración que las características del suelo tienen una influencia determinante en el comportamiento de las corrientes superficiales y en la cantidad de agua que pasa a los estratos rocosos subterráneos, se debe tomar en cuenta la capacidad de campo de los materiales rocosos y la tasa de infiltración, con el fin de seleccionar sitios con una capacidad de campo baja, que permita una retención de agua menor en los materiales rocosos, y que a su vez que la cantidad de agua susceptible de infiltrarse a los materiales rocosos subterráneos sea mínima. Por otro lado, otra de las consideraciones legales es el tipo de cuenca hidrológica en la cual se ubique el terreno, se establece que la cuenca hidrológica debe ser en lo posible pequeña y cerrada (sección 5.1.3 fracción 3 de la NOM-055-ECOL-93) con el fin de orientar los sitios a lugares en que el sistema hidrológico no se encuentre conectado y que el agua captada como producto de la precipitación quede retenida en la zona donde se encuentre el sitio, o en su caso que el agua que pase por la zona donde se encuentre el sitio sea mínima. A una menor cantidad de agua una menor exposición del sistema hidrológico a problemas de contaminación por arrastre de materiales peligrosos.

d) Corrientes superficiales

Las corrientes superficiales son el producto de la acumulación de agua en una región y que es concentrada en una o varias líneas de flujo. Se presentan corrientes superficiales cuando la infiltración se ha inhibido, y las cantidades de agua presentes en el suelo son mayores a la capacidad de campo y a la tasa de infiltración. Son dominadas por la fuerza gravitacional y las características geomorfológicas y topográficas. De acuerdo con la cantidad, intensidad y distribución del agua disponible a lo largo del tiempo, estas pueden ser perennes o intermitentes, variando el flujo de agua que corre por ellas, así como la velocidad. Geológicamente, uno de los factores que más afectan las corrientes superficiales es el drenaje. Si los materiales rocosos son insolubles y duros, los flujos de agua son altos; en el caso de formaciones de rocas ígneas fracturadas, y materiales arcillosos, no se producen flujos sostenidos. La topografía del terreno determina la dirección y velocidad de las corrientes superficiales; la topografía es el resultado de las condiciones geológicas y climáticas en un determinado periodo. Para el caso de confinamientos de residuos peligrosos es muy importante establecer zonas de seguridad con el fin de evitar la contaminación de las aguas superficiales y

de evitar las áreas de influencia de las crecidas en el flujo de la corriente que puedan tener implicaciones negativas sobre las instalaciones (cita 20).

b) Escorrentía

El escurrimiento o escorrentía se define como el agua que proviene de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre por efecto de la gravedad, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de una cuenca. Es la parte de precipitación que aparece en las corrientes superficiales, sean estas perennes, intermitentes o efímeras, y que regresan al mar o a los cuerpos de agua interior. De acuerdo con la vía que sigue el agua precipitada, además de la evaporación e infiltración, se distinguen tres tipos de escurrimientos: Superficial, Subsuperficial y Subterráneo (cita 21).

Una vez que la precipitación alcanza la superficie del suelo, se infiltra hasta que las capas superiores del terreno mismo se saturan, posteriormente, se comienzan a llenar las depresiones del terreno y, al mismo tiempo, el agua empieza a escurrir por la superficie. Este escurrimiento es llamado flujo de superficie del terreno, se produce mientras que el agua no llegue a causes bien definidos. Una vez que llega a un cause bien definido se convierte el escurrimiento en corrientes. A la fracción de la lluvia que se infiltra y escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él, se le conoce como escurrimiento subsuperficial. La parte que se infiltra hasta los niveles freáticos se denomina escurrimiento subterráneo (cita 21).

Generalmente el escurrimiento se expresa por medio del coeficiente de escurrimiento. Este, es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación de una tormenta. Debido a la alta variabilidad de la intensidad de precipitación, este valor es difícil de determinar utilizando la información cartográfica existente. Un coeficiente de escorrentía también puede definirse entonces como la relación entre la escorrentía y la precipitación sobre un período dado. Este tipo de coeficientes se aplica a períodos mensuales, anuales, etc.

El escurrimiento se ve afectado por factores climáticos y fisiográficos. Dentro de los primeros la clase, intensidad, duración, trayectoria y distribución de la precipitación. En los factores fisiográficos están la topografía, la geología, los suelos, la cubierta vegetal y la red de drenaje. Así como las influencias humanas y la afectación de estas sobre la conformación del terreno.

c) Infiltración

Es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica, y el contenido de humedad presente en el suelo. Puede ser determinado en base a la capacidad de infiltración y a la precipitación total (cita 23).

La infiltración puede ser considerada como la secuencia de tres grandes pasos o procesos, la entrada de agua en la superficie, la transmisión a través del suelo y al agotamiento

de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Estos procesos son determinados por una serie de factores que pueden ser clasificados en tres grupos: Factores que dependen de las características del medio permeable; factores que dependen de las características del fluido que se infiltra, y los factores que dependen de las características de los gradientes de presión y gravitacional que se originan en el suelo (cita 24).

d) Capacidad de campo

La capacidad de campo es la capacidad de almacenamiento de agua de las rocas (Cuadro 19). Es definido como la diferencia entre la porosidad y la retención específica:

$$S_y = n - S_r$$

La retención específica es la cantidad de agua en porcentaje retenida por fuerzas moleculares y superficiales (cita 25).

Cuadro 19. Capacidad de campo de materiales de origen sedimentario (cita 26).

MATERIAL	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	
	RANGO	MEDIA
Grava (fina)	0.13 - 0.40	0.28
Grava (media)	0.17 - 0.44	0.24
Grava (gruesa)	0.13 - 0.25	0.21
Arena (fina)	0.01 - 0.046	0.33
Arena (media)	0.16 - 0.46	0.32
Arena (gruesa)	0.18 - 0.43	0.30
Arenisca (fina)	0.02 - 0.40	0.21
Arenisca (media)	0.10 - 0.41	0.27
Sienta	0.01 - 0.33	0.12
Cieno	0.01 - 0.39	0.20
Limo	0.00 - 0.36	0.14
Arcilla	0.01 - 0.18	0.06

Como sucede en los demás parámetros, en general, los materiales arcillosos junto con los materiales limosos, tienen las capacidades de campo más bajas y se distinguen significativamente de los otros materiales.

e) Zonas de inundación

Las zonas o llanuras de inundación son regiones o valles cuyas características los hacen susceptibles de ser inundados o anegados por desbordamiento de las corrientes que pasan por la región o el valle. En muchos de los casos se ubican sobre grandes extensiones de rocas erosionadas, con depósitos de materiales aluviales de profundidad suficiente para almacenar agua cuando los flujos de las corrientes sobrepasan su capacidad de cauce. Es un hecho natural y se presenta históricamente en dichas llanuras con cierta regularidad, dadas las condiciones de precipitación necesarias. No existe una relación general del nivel de precipitación en un área y los flujos de inundación. Generalmente resulta de precipitaciones intensas y, la cantidad de agua acumulada depende de la geometría de la llanura, de las salidas de la cuenca y del tipo de suelo existente. Muchas llanuras de inundación presentan depresiones ligeras con muy pocas o nulas salidas de agua, lo que provoca un asentamiento natural del agua por efecto de la gravedad. El tipo de suelo en la mayoría de los casos tiene conductividad hidráulica muy baja y es altamente impermeable, con presencia de materiales orgánicos muy finos, que ocluyen los poros del material rocoso por debajo del suelo (cita 20).

f) Cuencas hidrográficas. Las cuencas hidrológicas están definidas como el área de aportación de agua a un punto determinado. Es decir, el área total en la cual, por factores topográficos y geomorfológicos, el agua que fluye como escorrentía tiene una misma dirección final de flujo y un punto único de salida. Los componentes de las cuencas son principalmente cuatro. El parteaguas, el área de la cuenca, las corrientes tributarias y la corriente superficial principal (cita 27).

El parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas. En estos puntos se presenta un cambio abrupto en la pendiente de los terrenos. El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal delimitada por el parteaguas. La corriente superficial principal es el flujo de agua que pasa por la salida principal. Las corrientes tributarias son los flujos de agua secundarios por los cuales se transporta el agua hacia la corriente principal.

4.3.4. Hidrología superficial en la región norte del estado de Nuevo León

El norte del Estado de Nuevo León se encuentra ubicado en la cuenca del río San Juan que es el segundo afluente en importancia del Río Bravo, el Río San Juan tiene su origen en los escurrimientos de la Sierra Madre Oriental en las regiones de Ciénega del Toro, La Boca del Refugio, Los Mimbres, sur de Allende, cañón del Huajuco, noreste de Santiago, Cadereyta y Rayones, corriendo en la planicie por Montemorelos, General Bravo, China, Doctor Coss y Los Aldamas. Recibe además el afluente del Río Pesquería que corre más al norte y nace en la región de Pesquería, alimentándose de las corrientes que provienen de Villa de García, General Escobedo, Apodaca, Mina, Abasolo, Salinas Victoria, Ciénega de Flores, General Zuazua y de los escurrimientos provenientes del suroeste de la Sierra Picachos; uniéndose al Río San Juan al sureste de Doctor Coss, habiendo pasado por Los Herrera y Los Ramones. Más al norte corre el río Sabinas a la altura de Sabinas Hidalgo y Garza Ayala, alimentándose de las aguas que provienen del arroyo El Huizache al norte del municipio de Mina y que pasa por Bustamante y Villaldama. Finalmente y en la región más al norte del estado se encuentra el río Salado que se alimenta de la corriente que proviene del Canal General que suministra agua a los distritos de riego de la Región de Anáhuac, y que nace en la laguna Salinillas, pasando en la planicie por Nuevo Rodríguez y Los Galemes. En general la mayoría de los arroyuelos y arroyos del norte de Nuevo León son intermitentes. En cuanto a las escorrentías existe una buena red de drenaje natural en las regiones montañosas que decrece considerablemente en las regiones planas donde el agua se concentra en pocas corrientes importantes. La infiltración es importante en las regiones de recarga de los acuíferos como son los campos de Mina, Monterrey y Buenos Aires, sin embargo en las regiones donde se presentan formaciones arcillosas más al norte del estado la infiltración decrece en forma importante, especialmente en aquellas regiones semi-desérticas de Anáhuac, "norte de Mina", Lampazos y Bustamante. En relación con las zonas de inundación, en el norte del estado existen muy pocas regiones ubicándose la mayoría en la región más al norte de Anáhuac.

Para el confinamiento de residuos peligrosos es importante evitar regiones con posibilidades de inundación, así como evaluar los patrones de comportamiento de las aguas superficiales a fin de evitar accidentes por afluentes de agua que pueden pasar por el sitio

seleccionado, o potenciales acumulaciones de agua en las celdas de confinamiento, con el posterior deterioro de los contenedores de residuos confinados en dichas celdas, y finalmente un proceso de lixiviación acelerado. Para Nuevo León, es particularmente importante en la zona norte, la consideración de las zonas de seguridad para corrientes superficiales, en general llueve poco durante el año, pero en varias regiones, esta lluvia se presenta en dos o tres eventos aislados, con niveles de precipitación significativos que incrementan la cantidad de agua que se mueve por las corrientes superficiales en periodos muy cortos. Por otro lado la región goza de condiciones de deficiencia de agua por los elevados índices de evaporación y los bajos niveles de precipitación, lo que favorece la instalación y operación de plantas para el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

4.4. Climatología. Información General

Las características climáticas en los sitios de confinamiento tiene una gran influencia en el diseño de las instalaciones y en la selección del sitio. Se deben considerar los patrones de viento, la precipitación, la infiltración y la escorrentia.

Como parte de la climatología la NOM-055-ECOL-93 establece que el sitio debe encontrarse en regiones donde los vientos dominantes no transporten las posibles emanaciones en dirección de asentamientos humanos (sección 5.1.4 fracción 1), que la intensidad de precipitación sea menor de 2,000 mm de promedio anual (sección 5.1.4 fracción 3) y que la evaporación promedio mensual sea al menos del doble de la lluvia promedio mensual (sección 5.1.4 fracción 4). Con esto se establece que el sitio debe ubicarse en regiones con condiciones de desertificación, ya que la cantidad de agua que entra al sistema debe ser menor que la cantidad que sale de el.

a) Vientos

Como parte de los procesos climáticos los vientos, son corrientes de aire que se desplazan horizontalmente, los cuales se obtienen del desigual calentamiento y enfriamiento de la superficie terrestre. En el caso de confinamientos de residuos peligrosos, los patrones de viento son importantes por la posibilidad de arrastre de gases tóxicos producto de algún accidente o emanación hacia centros de población. Del mismo modo el conocimiento de los patrones del viento permite el establecimiento de planes de contingencia. En general se utiliza un análisis de frecuencia de vientos para determinar los vientos dominantes en una distribución de frecuencia (cita 28).

b) Precipitación

Para que se genere una precipitación debe existir en la atmósfera una cantidad tal de vapor de agua que al presentarse las condiciones de presión y temperatura adecuadas, este vapor de agua se condense y por acción de la gravedad se precipite hacia la superficie terrestre. En general se reconocen como principales formas de precipitación la lluvia y la caída de nieve. La formación de las nubes y su posterior cambio a precipitación son producto de los cambios adiabáticos sufridos por las moléculas de agua durante la ascensión de las masas de aire. El

enfriamiento de las moléculas puede tener origen según varios procesos, que conducen al ascenso adiabático. Si el enfriamiento continúa más allá de la formación de nubes, la intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y de su velocidad de ascensión. De acuerdo con la causa que origina la ascensión de la masa de aire húmedo, pueden distinguirse tres tipos de precipitación: Convectiva, Orográfica y Ciclónica (cita 29).

La precipitación convectiva tiene su origen en la inestabilidad de las masas de aire más caliente que el circundante. Este aire más caliente asciende y se enfría adiabáticamente y alcanza su punto de condensación debido a la velocidad vertical adquirida, formándose nubosidad de tipo cumuliforme, la cual genera precipitaciones en forma de aguaceros. Las precipitaciones convectivas se originan principalmente en el tiempo cálido y pueden estar acompañadas de vientos, relámpagos, y truenos, pero principalmente consisten de lluvia y ocasionalmente de granizo (cita 24).

La precipitación orográfica es producto del choque de las masas de aire cargado de humedad, generalmente del océano a tierra, con barreras montañosas. La masa de aire se ve obligada a ascender, enfriándose y originando la precipitación en forma de lluvia o nieve, siendo muy irregulares en importancia y localización (cita 24).

Las precipitaciones ciclónicas están asociadas al paso de un ciclón y pueden corresponder a dos casos: no frontal y frontal. La precipitación no frontal puede ocurrir en cualquier depresión barométrica, resultando el ascenso de la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona de baja presión. La precipitación frontal puede estar asociada a un frente frío o cálido, y el choque de sus masas de aire de frente frío contra uno cálido (cita 24).

La precipitación es expresada en longitud de la columna de agua por unidad de tiempo. Pueden ser mm/día, mm/mes, mm/año, cm/hr, etc.

c) Evaporación

La evaporación es un proceso esencial en el ciclo hidrológico, pues se estima que aproximadamente el 75% de la precipitación que llega a la superficie terrestre es devuelta a la atmósfera como vapor de agua. La evaporación es el proceso por el cual, el agua pasa del estado líquido en que se encuentra almacenada en las capas cercanas a la superficie, a su estado gaseoso y es transferida a la atmósfera. La evaporación se produce básicamente por el aumento en la energía cinética que experimentan las moléculas de agua cercanas a la superficie de un suelo húmedo o una masa de agua. El aumento en la energía cinética provoca que algunas de las moléculas se desprendan hacia la atmósfera por la energía acumulada; finalmente la evaporación se da por el desbalance entre las moléculas que saltan a la atmósfera en un mayor número que las moléculas que se condensan y se suman a la fracción líquida (cita 21).

La evaporación es proporcional al gradiente de presión de vapor entre la zona de intercambio y la atmósfera. Conocido como Ley de Dalton y se expresa como:

$$E = k (e_w - e_a)$$

Donde: k = Constante de proporcionalidad

e_w = Presión de vapor en la zona de intercambio

e_a = Presión de vapor del aire

La evaporación se ve afectada por la saturación atmosférica, la radiación solar, la temperatura, el viento, la presión atmosférica, la calidad del agua y la profundidad de volumen de agua (cita 30).

4.4.1. Climatología en la región norte del estado de Nuevo León

Climatológicamente el norte de Nuevo León presenta patrones generales de climas seco a cálido con tendencia a los primeros, como se puede apreciar en el cuadro 20.

Cuadro 20. Climas dominantes en el estado de Nuevo León.

CLIMA	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°c)	DISTRIBUCIÓN
MUY SECOS:			
Semicálido con lluvia en verano	200-400	18-22	Mina y García
Semicálido con lluvia en invierno	<300	18-22	Mina y García
SECOS:			
Muy cálido y cálido	400-600	>22	Lampazos de Naranjo
Muy cálido con lluvia en invierno	300-600	>22	Lampazos de Naranjo, parte de Sabinas Hidalgo, Vallecillos y los Aldama entre otros
Semicálido con lluvia en verano	300-500	18-22	Abasolo, San Nicolás, Hidalgo y Salinas Victoria
Semicálido con lluvias escasas todo el año	200-400	14-18	Doctor Arroyo, Aramberri y García
Templado con lluvias escasa todo el año	300-400	18-20	Doctor Arroyo y Aramberri
SEMISECOS:			
Semicálido húmedo con lluvia en verano	500-700	<22	General Terán y Linares
Muy cálido con lluvia escasa todo el año	500-600	>22	Melchor Ocampo, General Treviño, parte de General Bravo y los Aldamas
SEMICALIDOS:			
Semicálido subhúmedo	800-1,200	18-22	Santiago, Aramberri y Zaragoza, entre otros
Subhúmedo con lluvias en verano	600-1,000	>18	Montemorelos, General Terán y Linares
Subhúmedo con lluvia escasa todo el año	600-800	>22	Cadereyta Jimenez, Los Ramones, Pesquería, Juárez y Cerralvo
TEMPLADOS:			
Subhúmedo con índice de humedad alto	800-1,200	12-18	General Zaragoza
Subhúmedo con humedad intermedia	600-800	12-18	General Zaragoza, Aramberri y Santiago
Subhúmedo con lluvias en verano	600-800	12-18	A lo largo de la Sierra Madre Oriental y Galeana

En general se observa que los regímenes de precipitación en la mayoría del Estado son bajos con promedios altos de temperatura, lo anterior tiene como consecuencia que la disponibilidad de agua en el estado, especialmente en el norte sea baja.

Climatológicamente las regiones apropiadas para el confinamiento de residuos peligrosos, presentan características de desertificación en algún grado, esto implica niveles bajos de precipitación y, sobre todo, elevados índices de evaporación. Al tener niveles bajos de precipitación e índices altos de evaporación, la cantidad de agua disponible para escurrimiento e infiltración es mínima y las posibilidades de aportación de agua a los mantos freáticos disminuye grandemente. En general, en la región norte del Estado de Nuevo León, los índices de evaporación son de 6 a 8 veces más altos que los índices de precipitación (cita 31), lo que implica una condición de desertificación severa. Con esto se limita severamente la posibilidad de recarga de aquellas zonas con posibilidades de formación de acuíferos.

4.5. Aspectos Ecológicos y Culturales. Información General

Los aspectos relacionados con la protección de las especies y la conservación de los recursos naturales, son un punto que no puede considerarse como secundario dentro de los procesos de selección de sitio para el desarrollo de infraestructura relacionada con residuos peligrosos. Cualquier tipo de desarrollo urbano, debe considerar las características de la flora y fauna existentes en la región en cuestión, con el fin de contribuir al desarrollo de sociedades ambientalmente sostenibles. Los excesos y descuidos del pasado han provocado en el mundo actual, la pérdida de innumerables especies así como sus hábitats, que serán difíciles de rehabilitar y en muchos de los casos esto no será posible. Por esto es necesario mantener los desarrollos urbanos fuera de las áreas naturales protegidas cuya finalidad es la de funcionar como reservas de la biodiversidad y zonas de amortiguamiento de los impactos humanos en el medio ambiente. Del mismo modo, las regiones culturales de interés histórico representan el archivo mundial de la evolución del hombre y sus sociedades. Como parte de la NOM-055-ECOL-93, se establece en la sección 5.1.3 fracciones 1 y 2, la ubicación de los sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos fuera de zonas comprendidas dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y zonas del patrimonio cultural, así como en aquellas zonas que puedan representar riesgo para especies en peligro de extinción y en las cuales el impacto a los recursos naturales sea significativo.

4.5.1. Aspectos ecológicos y culturales en la región norte del estado de Nuevo León

Como parte de la conservación de la riqueza natural y cultural, es muy importante, en la selección de sitios para el confinamiento de residuos peligrosos, evitar regiones consideradas especiales en alguna de las anteriores características. En el caso de Nuevo León existen dos zonas naturales importantes que son: El Parque Nacional Cumbres de Monterrey y el Área Natural Protegida el Sabinal. Sin embargo, en este punto es importante hacer notar, que para la instalación de confinamientos de residuos peligrosos se deben tomar muy en cuenta las especies en peligro de extinción, especialmente las cactáceas, ya que la región es conocida por su paisaje desértico y por la presencia de varias de estas especies distribuidas en las regiones áridas del Estado.

4.6. Características sísmicas. Información General

El considerar las características sísmicas, permite establecer los parámetros de estabilidad de las formaciones rocosas y el posible grado de fracturamiento en las mismas. En regiones sísmicas la factibilidad de agrietamiento del subsuelo sobre el cual se asienten las instalaciones de un confinamiento, por efecto de un evento de esta naturaleza, son altas y los problemas asociados a la infiltración de contaminantes peligrosos se acentúan, ya que los contenedores de residuos no están exentos de las mismas probabilidades de rompimiento o fractura. Económicamente, los planes de contingencia para eventualidades de este tipo son costosos, y en caso de requerirse la erogación es importante, esto considerando que no se presentan problemas de contaminación del suelo y manto freático, cuyos costos de rehabilitación son estratosféricos. En la normatividad (NOM-055-ÉCOL-93 sección 5.1.6 fracción 1), se especifica que la región debe ser asísmica y en caso de no serlo, no deben existir más de cuatro registros de sismos de más de 7 grados en la escala de Richter en los últimos cien años.

4.6.1. Características sísmicas en la región norte del Estado de Nuevo León

Nuevo León se encuentra ubicado en una de las regiones de menor actividad sísmica de México, sin embargo, no existen datos relacionados que puedan confirmar esto. Como única fuente de información se tienen las experiencias de las personas de campo de avanzada edad, las cuales no recuerdan que se haya presentado un evento sísmico de importancia media, ni que sus padres o abuelos los hayan vivido. Por otra parte, la región norte se encuentra lejos de los centros de actividad sísmica más importante de la región sur de Norteamérica comprendidos en la zona de los Estados de Guerrero, Oaxaca y la zona metropolitana de la Ciudad de México, además de encontrarse protegidos por la Sierra Madre Oriental que cruza de este a suroeste el Estado constituyéndose como una barrera natural contra las ondas sísmicas provenientes del sur del país.

4.7. Topografía. Información General

La topografía como ya se ha mencionado dentro de las características hidrológicas, es un factor determinante en el tipo y magnitud de las corrientes de agua que fluyen por la superficie del suelo. En terrenos sumamente accidentados, las velocidades de los flujos son tales, que los efectos erosivos se acentúan, y los problemas de arrastre de materiales y formación de cárcavas son frecuentes cada temporada de lluvias. La disposición en sitios con pendientes altas presentan una complejidad mayor tanto para la colocación de los materiales peligrosos dentro de las celdas de confinamiento, como para la compactación adecuada de las capas de cobertura. En zonas de pendientes medias, las velocidades de las corrientes superficiales son más controlables por el hombre y los efectos erosivos son menores. En el caso de lugares con pendientes muy bajas, la posibilidad de problemas por inundación o estancamiento de agua son muy altas. En general se buscan terrenos con pendientes medias (de acuerdo con la NOM-055-ÉCOL-93, sección 5.1.7 fracción 1, pendientes de 5 a 30%), con condiciones de flujo hidrométrico y de disposición más favorables.

4.7.1. Características topográficas en la región norte del Estado de Nuevo León

Topográficamente la región norte de Nuevo León presenta sólo algunas regiones montañosas pequeñas, en general son regiones planas clasificadas como lomeríos y lomeríos suaves, con pendientes por abajo del 30%. Las regiones con mayores pendientes se encuentran ubicadas en la Sierra de Picachos, la parte norte de la Sierra Madre Oriental y los montes de la región circundante al cerro de la Popa

4.8. Características demográficas y de las vías de comunicación. Información General

Las características demográficas y de la red de comunicación incluyen todos aquellos factores a considerar como parte de los requisitos de seguridad para asentamientos humanos e infraestructura de transporte, y aquellos relacionados con los compromisos internacionales contraídos por el país con otras naciones.

4.8.1. Crecimiento de centros urbanos. Información General

El desarrollo de los asentamientos humanos, la cantidad de habitantes en una ciudad, así como los movimientos migratorios relacionados, tienen un área de influencia dentro de la cual el desarrollo urbano y los movimientos poblacionales se suceden constantemente. En el contexto de la disposición de residuos peligrosos, el considerar estos movimientos poblacionales representan el agregado de seguridad para los habitantes de las regiones de interés, y en la medida del crecimiento de las poblaciones, es muy importante el establecimiento de zonas de seguridad a futuro, para dichas comunidades. El tamaño de una comunidad, tiene un peso específico determinante y la planeación que se haga al respecto debe contemplar tanto los movimientos poblacionales como el área de influencia de la misma. En la normatividad (NOM-055-ECOL-93 sección 5.1.5 fracciones 2 y 3) se establecen límites para poblaciones de 5,000 a 10,000 habitantes, y mayores de 10,000 con proyección al año 2010, con distancias mínimas de seguridad de 15 y 25 kilómetros respectivamente. Dichos límites de seguridad se establecen para evitar la contaminación por agua, suelo o aire de las condiciones ambientales cercanas a la zona urbana, evitando a su vez las consecuencias sobre la salud de los pobladores.

4.8.2. Características poblacionales en la región norte del Estado de Nuevo León

Los crecimientos y desplazamientos de la población en general limitan la cantidad de sitios factibles para el confinamiento de residuos peligrosos. En la región norte de Nuevo León, sin embargo, la cantidad de poblaciones incluidas dentro de los criterios por número de habitantes proyectados al año 2010 son pocas y de aquellas que se pueden incluir dentro de estos criterios, muchas se encuentran concentradas en la zona metropolitana de Monterrey y su área de influencia. En algunas poblaciones los índices de crecimiento anual son muy bajos y existen casos con índices de crecimiento anual negativo. Esto como consecuencia de la formación de una zona de atracción poblacional en el área metropolitana.

4.8.3. Acceso. Información General

Las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos deben tener buena accesibilidad cualquier día del año y a su vez no estar cerca de vías de comunicación importantes. El hecho de mantener una buena accesibilidad al lugar, permite un rápido transporte de los residuos a su destino final, con lo que se logra una menor exposición al ambiente, a los habitantes y la probabilidad de que un accidente provoque problemas ambientales y de salud humana graves disminuye. Por otro lado, es a su vez importante mantener los sistemas de confinamiento lejos de las vías de comunicación principales, para evitar la afectación de la misma y de aquellos que transiten por ella. En el caso de la legislación mexicana se ha considerado una región de seguridad de 500 metros a cada lado de las carreteras estatales y federales NOM-055-ECOL-93 sección 5.1.8 fracción 1).

4.8.4. Características de las vías de comunicación en la región norte del Estado de Nuevo León

Desde el punto de vista de la red de comunicación vial, el estado cuenta con unas cuantas carreteras principales en buenas condiciones y una red secundaria de caminos vecinales con muy diferentes grados de transitabilidad. Estas vías de comunicación conectan a los principales centros urbanos de la región noreste, incluyendo Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila. Internamente todas las cabeceras municipales se encuentran conectadas por caminos transitables todo el año.

4.9. Acuerdos internacionales. Información General

Conforme a lo establecido en el Acuerdo Ambiental existente entre México y Estados Unidos, se creó una zona de seguridad conocida como Franja Fronteriza que comprende 100 km. a cada lado de la frontera. Dicha zona de seguridad se estableció como parte del compromiso de mutuo respeto de las condiciones ambientales del vecino por parte de ambas naciones. (Ver Anexo1 inciso c) Dentro de este compromiso se restringió la construcción de confinamiento de residuos peligrosos a regiones fuera de la franja fronteriza.

4.9.1. Implicaciones de los Acuerdos Internacionales para la región norte del Estado de Nuevo León

La existencia del Acuerdo Ambiental Fronterizo y las características geográficas de la frontera México-Estados Unidos en la región noreste, tienen como consecuencia que prácticamente la mitad de la región norte del Estado de Nuevo León está incluida dentro de la franja fronteriza. Esto significa que la mitad de la región norte está reservada como zona de exclusión para el confinamiento de residuos peligrosos

5.0. Resumen de los aspectos a considerar para la selección de sitios factibles para la construcción de confinamientos controlados

Cuadro 21. Selecciones particulares realizadas de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana-055-ECOL-93.

CARACTERÍSTICAS	SELECCIONES PARTICULARES
I. Geohidrología:	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de rocas, se consideran sólo las rocas sedimentarias. - Composición primaria de las rocas, considerando como apropiados solo aquellos sitios con composición básica de lutitas. - Consolidación de materiales, considerando solo aquellos lugares sobre materiales consolidados. - Permeabilidad, seleccionando sólo aquellos sitios de permeabilidad baja. - Posibilidades de formación de acuíferos, al igual que la permeabilidad, sólo se seleccionan aquellos lugares de posibilidades bajas.
II. Hidrología Superficial	<ul style="list-style-type: none"> - Llanuras de inundación, sólo aquellos lugares fuera de este tipo de llanuras. - Corrientes superficiales, fuera de la zona de seguridad de 500 metros.
III. Ecología	<ul style="list-style-type: none"> - Parques nacionales, fuera del polígono del Parque Nacional Cumbres de Monterrey.
IV. Climatología	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación media anual, en regiones donde la precipitación media anual es inferior a 2,000 mm, es importante mencionar que en este punto queda comprendida toda el área de estudio. - Tasa de eficiencia de precipitación, aquellos lugares con tasa de eficiencia mayor a 2, esto quiere decir que al menos la evaporación sea dos veces el volumen de la precipitación.
V. Población	<ul style="list-style-type: none"> - Poblaciones de 5,000 a 10,000 habitantes, fuera de la zona de seguridad (15 kms.) - Poblaciones mayores a 10,000 habitantes, fuera de las zonas de seguridad (25 kms.)
VI. Acceso	<ul style="list-style-type: none"> - Vías de comunicación, federales y estatales, fuera de las zonas de seguridad (500 mts.)
VII. Acuerdo Ambiental Fronterizo	<ul style="list-style-type: none"> - Franja fronteriza, fuera de la franja de 100 km. en relación con la línea fronteriza.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REVISION BIBLIOGRAFICA

La problemática existente en México alrededor de los residuos peligrosos es seria, y las consecuencias que se tendrán que pagar en un futuro, por lo excesos en que se ha incurrido y se incurre, pueden tomar matices de irreversibilidad en materia ecológica y niveles estratosféricos en la inversión requerida para la limpieza y rehabilitación de las zonas dañadas.

Es necesario el desarrollo de una planta industrial de mayor capacidad para el manejo de residuos peligrosos, que atienda desde la planificación en la minimización de los residuos hasta su disposición final.

La disposición final como confinamiento de los residuos peligrosos es el último y menos deseable eslabón del ciclo de vida de los residuos peligrosos (Figura 1). Sin embargo es necesario el desarrollo de instalaciones de este tipo dadas las cantidades de desechos de alto riesgo generados en el país, y sobre todo de las cantidades acumuladas que están circulando en el territorio nacional.

Hay que implementar nuevas estrategias para el manejo de residuos peligrosos, sin que los generadores se vean afectados en sus utilidades.

Se sugiere como meta alternativa a la maximización de los beneficios netos, la reducción de una cantidad dada de residuos peligrosos con nuevas estrategias al menor costo social posible, disminuyendo los riesgos para el ambiente y para la salud. La minimización de los costos en el control de los residuos peligrosos es una meta que merece ser alcanzada, ya que los recursos económicos se podrían dedicar a otras áreas como son la salud, la educación y el alivio a la pobreza extrema, incluso podrían dedicarse más recursos a otras medidas ambientales.

Para alcanzar esta meta existen una serie de variables de decisión u opciones de control para administrar los residuos peligrosos y que se agrupan en cuatro grandes rubros.

- Las que persiguen reducir su generación en la fuente.
- Las que se dedican al reciclaje o reuso de los desechos generados.
- Las enfocadas a disminuir su peligrosidad mediante diversos tratamientos y tecnologías.
- Las empleadas para su disposición final (ver Figura 4 y Cuadro 9).

La prioridad de la estrategia en el manejo de residuos peligrosos es reducir y reciclar. Hecho esto, las dimensiones del problema se verán considerablemente reducidas.

Las acciones preventivas contra la contaminación y el mayor uso de equipo de tratamiento reducirán al mínimo las controvertidas prácticas de incineración y confinamiento que tanta molestia despiertan entre los grupos ecologistas y los residentes de las zonas afectadas.

Las empresas responsables de la generación de los residuos peligrosos deben adoptar una política de reducción, reciclaje y tratamientos in situ de los residuos antes de que éstos salgan de la planta.

Para que se lleve a cabo el buen control de los residuos peligrosos generados por las industrias, éstas deben ser vigiladas por la (PROFEPA) para que respeten la legislación ambiental.

PROFEPA.- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

Uno de los problemas más controvertidos en el manejo de residuos peligrosos tiene que ver precisamente con la construcción de infraestructura para el confinamiento de los desechos peligrosos por las siguientes razones:

- La comunidad no acepta un confinamiento por desconocimiento de este tipo de negocios.
- Alto costo de inversión.
- Falta cultura por parte de la industria en cuestiones ambientales.

La gente rara vez toma en cuenta los beneficios directos a la comunidad o a la sociedad como un todo. También en la actualidad la tecnología ha mejorado mucho en cuanto a la seguridad y al control de desechos.

La importancia de este texto es que la gente que lo lea tenga una visión más amplia sobre la importancia de crear infraestructura para el manejo de residuos peligrosos.

Otra conclusión a la que se llegó es que hace mucha falta la creación de confinamientos debido a la gran generación de residuos peligrosos y a la acumulación de los mismos. En éste texto en el estudio sobre la selección de sitios factibles para la creación de dicha infraestructura se detectó que en la región norte del estado de Nuevo León se goza de condiciones naturales particularmente adecuadas para el manejo de los residuos peligrosos, a través de su tratamiento, reciclado o disposición final.

Así como en el estado de Nuevo León hay muchos lugares factibles para la selección de sitios, también en otros lugares de la República Mexicana existen sitios factibles, pero para iniciar una infraestructura para el manejo de residuos peligrosos se requiere de una inversión muy grande y es por eso que hay poca infraestructura al respecto.

VI. Confinamiento Mina, N.L.

El acelerado crecimiento industrial ha traído como consecuencia la generación de una gran cantidad de residuos industriales, algunos altamente tóxicos y peligrosos, contaminando las aguas, el aire y el suelo en forma alarmante. Tomando en cuenta los daños causados por la contaminación y ante la imposibilidad de restaurar el equilibrio ecológico de las zonas afectadas, se hace inaplazable la creación de una infraestructura para el manejo y disposición final de estos residuos.

Parte de esta infraestructura es la que se refiere a la creación de confinamientos controlados para residuos industriales.

La urgente necesidad de implantar confinamientos controlados nos ha llevado a localizar sitios dentro de la República Mexicana y que por su situación geográfica, densidad industrial y cantidad de residuos generados sean aptos para operar un confinamiento controlado, bajo estas condiciones se encuentra el localizado en el Municipio de Mina, N.L. México.

RIMSA (Residuos Industriales Multiquim, S.A. de C.V.)

Empresa con tecnología aplicada al mejoramiento ecológico.

Es la empresa líder en México en el manejo de residuos peligrosos, su actividad principal se desarrolla en su centro de tratamiento y disposición final de residuos industriales (Confinamiento Controlado), ubicado en el ejido San Bernabé, municipio de Mina, N.L., con una superficie de 1300 hectáreas. Se encuentra en el Km. 86 de la carretera Monterrey-Monclova.

RIMSA con el fin de continuar como el más avanzado centro integral de reciclaje, tratamientos y disposición final de residuos industriales (CIRTyDF) en México, ha establecido una asociación estratégica a partir de 1994 con Chemical Waste Management Inc. empresa líder a nivel mundial en servicios ambientales con tecnologías de punta con lo cual se ha ratificado el liderazgo en este ramo.

RIMSA también ha hecho una alianza estratégica con el grupo PROVEQUIM que es el principal distribuidor y comercializador de productos químicos en México con 19 sucursales a nivel nacional, cuyo objetivo es el de proporcionar servicios a toda la industria del país.

Además RIMSA ofrece los siguientes servicios

- **Asesoría Técnica.**- Cuenta con personal capacitado para brindar soporte y asesoría en el manejo y disposición final de residuos peligrosos.
- **Caracterización de residuos.**- Aquí se determina el análisis CRETIB para la identificación del residuo y su destino de manejo.
- **Transporte especializado.**- Por medio de Transquímica Nacional, S.A. de C.V. (TQN) empresa filial de RIMSA se brinda el servicio de transporte especializado de residuos

industriales. TQN cuenta con los permisos de la SEMARNAP y de la SCT además de que las unidades cuentan con todos los equipos necesarios para casos de contingencias.

- **Tratamientos físico-químicos.**- RIMSA ofrece una serie de tratamientos para cada tipo de residuo.
- **Disposición final.**- RIMSA cuenta con celdas para la disposición de residuos peligrosos con sistema de impermeabilización y captación de lixiviados cumpliendo con las normas oficiales mexicanas.
- **Transferencia y exportación de residuos.**- La industria maquiladora utiliza en sus procesos, materias primas, importadas bajo el régimen de importación temporal. Por lo cual si se generan residuos éstos deberán ser regresados a su lugar de origen de acuerdo a las regulaciones ambientales de ambos países.
- **Remediación y saneamientos de sitios:**
 - a) Descontaminación y restauración de sitios contaminados.
 - b) Cierre de plantas.- se hace la limpieza ecológica total de equipos, instalaciones y terrenos para su entrega libre de pasivos ecológicos.
- Auditorías y estudios ambientales.
- Reciclado de solventes.
- Planta de neutralización.
- Mezclado de combustibles alternos.

Estudios que realizó RIMSA para la selección del sitio

La empresa ordenó la elaboración de un estudio geológico en el año de 1985 por medio de la SEDUE y la EPA.

- SEDUE.- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
- EPA.- Environmental Protection Agency

El estudio se denominó: "Estudio geográfico de reconocimiento superficial del área San Bernabé, municipio de Mina, N.L."

Dicho estudio sirvió de soporte para seleccionar el sitio apropiado en la región noreste del país, así como los parámetros tecnológicos de esa fecha para el establecimiento y desarrollo del confinamiento controlado de residuos industriales.

De acuerdo a una investigación realizada en los Estados Unidos de Norteamérica en compañía de personal de la SEDUE y la EPA, donde se visitaron confinamientos operando en las ciudades de las Vegas, Nevada, Los Ángeles, Santa Bárbara y Fresno, California, se tomaron parámetros tecnológicos para el establecimiento en México de un sitio que presentara seguridad total en todas sus áreas de servicio y operación.

Los objetivos del estudio fueron conocer las características fisiográficas, estratigráficas, estructurales, climatológicas, así como todos aquellos aspectos que pueden influir en el funcionamiento hidrológico del área.

Con la información recabada y siguiendo los lineamientos de la SEDUE se procedió con la selección del sitio identificando áreas probables y revisión de las características regionales observando los siguientes aspectos:

La Geología del lugar es de formaciones difuntas como Parras, Eagle Ford, Austin entre otras. Con espesores de 300 metros cada una y constituida principalmente por arcillas y lutitas; siendo este tipo de formaciones uno de los aspectos más importantes a considerar para la toma de decisiones en la selección del sitio debido a la baja permeabilidad que presentan.

El confinamiento se encuentra en una llanura de piso rocoso con lomeríos, las regiones con mayores pendientes son los montes de la región circundante al cerro de la Popa (se encuentra fuera del confinamiento). Se encuentra en una zona semidesértica, alejada de los polos de desarrollo habitacionales, con un índice de agostadero de 45 hectáreas por cabeza de ganado y con escasa vegetación, así como también a 728 msnm.

LOS REQUISITOS QUE DEBE REUNIR EL SITIO DESTINADO AL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS SON LOS SIGUIENTES:

1. GEOHIDROLÓGICOS

1.1. Ubicarse preferentemente en zonas que no tengan conexión con acuíferos.

1.1.1. El confinamiento RIMSA no tiene conexión con ningún acuífero, ya que los estratos prevalecientes, no son susceptibles de contener acuíferos. La mayor parte de las rocas son impermeables del tipo de las lutitas-limolitas. Basándose en los resultados obtenidos de las exploraciones realizadas en diciembre del 93 se determinó el gasto de agua aportada en el pozo de monitoreo PM-II, es de 0.64 lts/seg el día 12 de diciembre 93 y de 0.12 lts/seg, el día 14 de diciembre 93.

1.1.2. De no cumplir la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 metros. Como resultado de los estudios de exploración y a la perforación de pozos de monitoreo PM-I y PM-II, (ubicados al sur y al norte del área de celdas de residuos peligrosos) no se identificó la presencia del nivel freático, soportando esto por la perforación de 10 barrenos en el área donde se realizó la construcción de la celda I, a una profundidad de 9.50 m (2 pozos) y los 8 restantes a 10 m, reportándose no haberse identificado el nivel de aguas freáticas. En base a los resultados obtenidos de las perforaciones a una profundidad de 27.60 m, se presentó la primera aportación de agua siguiendo la dirección de los planos de estratificación. Midiéndose un gasto de 0.64 lts/seg, agotándose con el tiempo de extracción, se concluye no existir acuífero subyacente en el confinamiento. También se hicieron pozos de 50 m. y 200 m. de profundidad, realizándose la descripción megascópica de los estratos existentes, se identificó la presencia de agua, en muy pequeñas cantidades, como para considerarlas como acuíferos. El acuífero subyacente en caso de existir debe ser un acuífero confinado, y las características del material ubicado entre este y la superficie deben ser tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en él antes de llegar al acuífero. El tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor de 300 años.

2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

2.1. Ubicarse fuera de llanuras de inundación

2.1.1. En el área de confinamiento, no se han identificado materiales susceptibles de contener acuíferos, los escasos depósitos aluviales presentes no pueden ser considerado estratos generadores de acuíferos.

Con respecto a las lutitas y limolitas de la formación Cerro del Pueblo, estas presentan nula permeabilidad y escaso fracturamiento por lo que no se pueden considerar como unidades geohidrológicas.

2.1.2. Estar alejado en desnivel 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 metros cúbicos. El confinamiento está ubicado al nivel del cauce, con escurrimientos esporádicos, de la corriente principal, que es el Arroyo Huizachito, la mayor parte del año se encuentra seco.

2.1.2.1. Estar alejado longitudinalmente 500 metros a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial, ya sea permanente o intermitente, sin importar su magnitud. En el confinamiento RIMSA y en su entorno, existen arroyos con cauce intermitente (que aportan agua solo en temporadas de lluvia), y este requisito no aplica al confinamiento, en el área de celdas de residuos peligrosos considerando un dren natural de escurrimientos de

precipitación pluvial. La cuenca de aportación hasta el sitio debe ser en lo posible, pequeña y cerrada. Si, la cuenca que aporta agua al arroyo el Huizachito es de pequeñas proporciones, únicamente llega a los límites del predio en temporadas de lluvia. Localizándose a 1000 metros en línea recta con respecto al límite sur del predio del confinamiento controlado.

2.1.3. De no cumplirse la condición anterior, debe ubicarse dentro de la cuenca hidrológica aguas abajo de asentamientos humanos mayores de 10,000 habitantes y de zonas con una densidad industrial mayor de 50 industrias. Se cumple la condición anterior; además en la cuenca hidrológica (RH-24) Río-Bravo-Salado a la que pertenece el área del confinamiento no existen asentamientos humanos mayores de 10,000 habitantes, ni zonas industriales.

3. ECOLÓGICOS

3.1. Ubicarse fuera de las zonas que comprende el Sistema Nacional de Áreas naturales Protegidas y de las zonas del patrimonio cultural.

3.1.1. El confinamiento cumple con la condición anterior y queda fuera de las siguientes zonas:

I. Zona de reservas forestales por no existir zonas arboledas.

II. Zona de reservas forestales nacionales.

III. No es una zona donde se proteja especies forestales.

IV. No es una zona en donde se restaure y propague las especies forestales.

V. No esta considerada como zona de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones, el agua existente en el confinamiento actualmente no se le da ningún uso.

3.1.2. Ubicarse en áreas donde no represente un peligro para las especies protegidas o en peligro de extinción, o en aquellas en las que el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales.

El confinamiento está ubicado dentro del área de San Bernabé, municipio de Mina, N.L. en el Km. 86 de la carretera Monterrey-Monclova, con coordenadas:

26° 14' 08" LN y 100°51' 42" LW

26°15' 04" N 100°56' 32" LW

(latitud norte) (longitud oeste)

No existen especies protegidas; además de que no está incluida en el listado de áreas protegidas. Cuenta con una zona de amortiguamiento de 335 hectáreas.

4. CLIMÁTICOS

4.1. Ubicarse en zonas en donde se evite que los vientos dominantes transporten las posibles emanaciones a los centros de población y sus asentamientos humanos.

El confinamiento RIMSA se ubica dentro de dos barreras naturales, al norte por la cuchilla de Cervantes y al sur por la de San Bernabé respectivamente. Actuando como una barrera evitando la propagación de las emanaciones de contaminantes fuera del límite del predio. Además de no existir asentamientos humanos cercanos.

En el confinamiento los vientos dominantes son del sureste en los meses de abril a septiembre y del norte de octubre a marzo. Y las cuchillas antes mencionadas impiden la propagación de contaminantes hacia la dirección de estos vientos.

4.1.1. La porción de la lluvia promedio diaria susceptible de infiltrarse, calculada a partir del coeficiente de escurrimiento promedio diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno.

La precipitación pluvial anual promedio en el área de confinamiento es de 244 mm, con una precipitación mínima de 8 mm y una máxima de 70 mm, presentándose en los meses de abril y octubre respectivamente. A continuación se presenta una relación de evapotranspiración, escurrimientos superficiales e infiltraciones:

El porcentaje de evapotranspiración es de 97.8%

El porcentaje de escurrimiento es de 1.3%

El porcentaje de infiltración es de 0.2%

Siendo 6.5% veces mayor el coeficiente de escurrimiento que el de infiltración. Datos obtenidos de las Estaciones de ICAMOLE, La Popa y Mina, N.L.

4.1.2. Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2000 mm. Los datos obtenidos en las estaciones de ICAMOLE, La Popa y Mina, la precipitación promedio anual en el confinamiento es de 244 mm, lo que significa un 12% del valor establecido en las normas que son 2,000 mm.

PRECIPITACIÓN

ESTACIÓN	MEDIA	ABUNDANTE 1971	SECO 1962	COEFICIENTE VARIACIÓN %
Icamole	209	268	119	52.6
La Popa	271	371	174	57.9
Mina	251	491	68	54.4

4.1.3. La evaporación promedio mensual, debe ser al menos el doble de la lluvia promedio mensual.

De la relación de evaporación que es del 97.8% y los escurrimientos del orden del 1.8% representando 54.33 veces mayor la evaporación que los escurrimientos.

EVAPORACIÓN			PRECIPITACIÓN		
Estación	Evaporación potenciales obtenidas	Media	Abundante	Seco	Coefficiente de variación %
Icamole	2496	209	268	119	52.6
La Popa	2141	271	371	174	57.9
Mina	1970	251	491	68	54.4

4.1.4. Crecimiento de centros de población.

4.1.4.1. La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 25 Km. para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010.

No existe ningún centro de población mayor de 10,000 habitantes, la población más cercana con más de 10,000 habitantes es Hidalgo, N.L. y se localiza a 60 Km. del confinamiento RIMSA.

4.1.4.2. La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 15 Km para poblaciones entre 5,000 y 10,000 habitantes con proyección al año 2010.

No existe centro de población entre los 5,000 y 10,000 habitantes, la población más cercana es San Jose de la Popa localizándose a 11 Km. en línea recta, correspondiendo a una rancharía con una población menor a los 5,000 habitantes.

SÍSMICOS (SISMOLOGÍA).

5.1. Ubicarse preferentemente en zonas asísmicas.

El área se encuentra en una zona asísmica. según pláticas con el personal indicado del confinamiento no se han sentido movimientos telúricos.

Considerando ésta como una de las zonas más estables de la República Mexicana, en relación a la incidencia de sismos.

5.2. De no cumplirse la condición anterior, el riesgo sísmico debe ser mínimo por lo que no deben haberse registrado más de cuatro sismos de magnitud mayores de 7 grados en la escala de Richter en los últimos 100 años.

En el confinamiento RIMSA no se han registrado sismos de magnitud mayor de 7° en la escala de Richter, en los últimos 100 años.

6. TOPOGRÁFICOS

6.1. La pendiente media del terreno natural del sitio de confinamiento no debe ser menor de 5% ni mayor de 30%.

La pendiente del terreno natural del confinamiento es muy irregular por lo que no se cumple este punto. El terreno debe estar protegido de los procesos de erosión hídrica y eólica.

6.2. Acceso

El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a no menos de 500 metros de vías de comunicación federal o estatal.

El camino de acceso tiene una longitud de 11 Km. el cual intercepta en el Km. 86 de la carretera Monterrey-Monclova y es transitable todo el año, como es de terracería le dan mantenimiento constante.

CONCLUSIÓN: Debido a los resultados obtenidos las autoridades competentes en materia de residuos peligrosos extendieron los permisos, licencias y autorizaciones que marca la Ley para regir y controlar sus operaciones y además RIMSA cumple y excede en lo estipulado en las NOM-056, 057, 058-ECOL-93 en referencia a sus instalaciones.

OPERACIÓN GENERALIZADA DEL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS INDUSTRIALES (RIMSA)

I. ORGANIGRAMA FUNCIONAL DEL CIRTyDF (Centro Integral de Reciclaje, Tratamientos y Disposición Final)

GERENCIA GENERAL

G. Técnica	G. Operaciones	G. Ambiental	G. de Proyectos y Construcción	G. de Mantenimiento	G. Administrativa
Recepción -Laboratorio -Atención a Clientes -Investigación y Desarrollo	Centro de distribución -Tratamientos -Disposición Final -Reciclado de solventes -Neutralización -Mezclado de combustibles alternos -Bioremediación -Centro de transferencia -Servicios Auxiliares	-Area ambiental -Seguridad -Salud	-Proyectos -Construcción	-Diesel -Gasolina -Otros servicios como: - soldadura - plomería - electricidad - albañilería	-Sistemas -Costos -Relaciones industriales

Gerencia Técnica.

Se reciben los (profile) que viene siendo el perfil del residuo (caracterización) que es elaborado por el generador mismo que nos envía la muestra, el cual basados en esta información se define el tratamiento o destino, así como las pruebas de verificación a efectuarse una vez que se reciba el embarque físicamente y todo esto servirá para la cotización (asignación RI único).

RI. - Es un número de identificación único para cada residuo y generador.

El área técnica (investigación y desarrollo) es responsable de determinar nuevas formas de tratamientos y procedimientos de análisis para los residuos que se reciban en el confinamiento. Así como también los procedimientos de recepción de los embarques.

Laboratorio.- Responsable de la realización de pruebas de verificación (CRETIB), sirve para determinar las características de peligrosidad de un residuo así como los muestreos necesarios, análisis de pre y postratamiento y análisis a pozos de monitoreo

Atención a clientes.- Para dar servicio a los generadores

Nota: CRETIB:

C - Corrosivo

R - Reactivo

E - Explosivo

T - Tóxico

I - Inflamable

B - Biológico infeccioso

GERENCIA AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD

Es la responsable de tramitar todos los permisos, licencias o autorizaciones necesarias para que el Centro Integral de Reciclaje, tratamientos y disposición final cumpla con toda la normatividad actualmente en vigor, de los monitoreos ambientales, seguridad y salud del personal, protección de las instalaciones, activos y seguimiento al desarrollo de nuevas regulaciones. Desarrolla, implementa y maneja el sistema de administración para asegurarse de los cumplimientos de las licencias ambientales, reglamentos, procedimientos y políticas de RIMSA. Desarrollar y mantener buenas relaciones con las autoridades federales, estatales y municipales.

Asegurar la existencia de programas preventivos para cada área de operación, así como capacitación constante sobre ambiental, seguridad y salud. También hay un programa de exámenes médicos y un plan de contingencia.

GERENCIA PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN

Proyectos: Tiene como función principal la detección y planeación de las nuevas obras necesarias para el buen funcionamiento del confinamiento.

Construcción: Tiene como principal función llevar a cabo las obras.

GERENCIA MANTENIMIENTO

Tiene como objetivo el proporcionar el mantenimiento preventivo y correctivo a toda la maquinaria y equipos involucrados en la operación para el buen funcionamiento, así como a las instalaciones de la empresa.

GERENCIA ADMINISTRATIVA

Desarrolla todo el sistema de cómputo, control financiero y todo asunto relacionado con el personal de la empresa.

GERENCIA DE OPERACIONES

Tiene como función principal coordinar y administrar los recursos necesarios para que se de una buena operación en el confinamiento, tiene bajo su responsabilidad el buen funcionamiento de los siguientes departamentos:

- Centro de distribución
- Área de tratamientos
- Disposición final
- Reciclado de solventes
- Neutralización
- Mezclado de combustibles alternos
- Bioremediación
- Centro de transferencia
- Servicios Auxiliares

En el cuadro siguiente se especifican las funciones de cada departamento:

DEPARTAMENTO	FUNCIONES
<p>CENTRO DE DISTRIBUCIÓN: Es el centro de descarga, carga y distribución de los residuos enviados en T-200, tarimas, pacas, cajas, super sacos, porrones, etc. excepto residuos a granel que vengan en tolva, roll-off y pipas dentro del confinamiento. T-100, T-200 (tambores de 100 y 200 litros)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Captura en bitácora - Descarga de embarques - Identificación y conteo de los residuos. - Muestreo para análisis - Envío de residuos al área asignada según resultados del laboratorio
<p>TRATAMIENTOS Área donde los residuos reciben el tratamiento necesario estipulado por el laboratorio para su estabilización. Se reciben embarques a granel que vienen en tolvas, pipas y roll-off.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Captura en bitácora - Asignación de materias primas y residuos a la cazuela de tratamientos - Ejecución de tratamientos - Toma de muestra de postratamiento - Confirmación del laboratorio - Envío del material tratado a celdas (disposición final)
<p>CELDA DE DISPOSICIÓN FINAL último paso del residuo dentro del confinamiento, puede recibir material interno y externo del confinamiento Centro de distribución → T-200 sólidos Tratamientos → Material a granel (estabilizado) Exterior → Material a granel con menos del 30% de humedad y menos del 5% de aceite-</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Captura en bitácora - Revisión física del embarque - Asignación del área de descarga - Descarga del embarque - Registro de la localización (coordenadas a nivel)
<p>RECICLADO DE SOLVENTES El objetivo de la planta es el de purificar los solventes que vienen de algún proceso y que por ende vienen contaminados de diferentes maneras: con pintura, grasa, aceites, resina, etc. Los residuos generados en el reciclaje son tratados y confinados. El solvente recuperado es vendido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Descarga del embarque - Carga del residuo a los tanques de materia prima - Alimentación al destilador - Separación del solvente limpio - Envío de los lodos del proceso al área de tratamiento.
<p>NEUTRALIZACIÓN Su objetivo es la de neutralizar soluciones ácidas. Estos vienen en pipas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Captura en bitácora - Descarga del embarque en los tranques de almacenamiento. - Mezcla de aditivos alcalinos
<p>MEZCLADO DE COMBUSTIBLES ALTERNOS El objetivo es de acumular residuos que no se pueden reciclar pero con alto poder calorífico y que reúnan ciertos parámetros de calidad como % agua, % cloro, etc. y que son enviados a los hornos cementeros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentación - Captura en bitácora - Carga del embarque - Generar orden de salida firmada y sellada así como el nombre del destinatario. - Generar manifiesto de materiales.
<p>BIOREMEDIACIÓN Es el proceso que involucra microorganismos para transformar una sustancia tóxica por el contenido de hidrocarburos en un compuesto no tóxico. Se usan bacterias aerobias o anaerobias según sea la necesidad del tratamiento, las cuales en un ambiente regulado y propicio pueden bajar concentraciones de grasa y aceites a menos del 5% según la NOM-052-ECOL-93</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se hacen de manera esporádica en coordinación con PEMEX
<p>CENTRO DE TRANSFERENCIA Es un almacén temporal de residuos que requieren tratamiento especial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La documentación se archiva hasta el día que se vayan a tratar los residuos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MANEJO DE RESIDUOS

1. Procedimiento de recepción del embarque

1.1. Documentación para la recepción

- Manifiesto del generador sellado por la SEMARNAP, llenado y firmado por el generador.
- Guía o carta porte de la línea transportista.

1.2. Captura de la información.

1.3. Chequeo de radioactividad.

1.4. Pasa a báscula si es granel ya debe llevar destino de tratamiento y si son tambores.

1.5. Pasan al centro de distribución

- Se descargan
- Se muestrean según los residuos manifestados.
- Pasan al laboratorio para su caracterización y destino

El destino puede ser:

- Tratamientos (fisicoquímicos)
- Bioremediación (tratamiento biológico)
- Reciclado de solventes
- Neutralización
- Disposición final
- Combustibles alternos
- Almacén temporal
- Entre otros

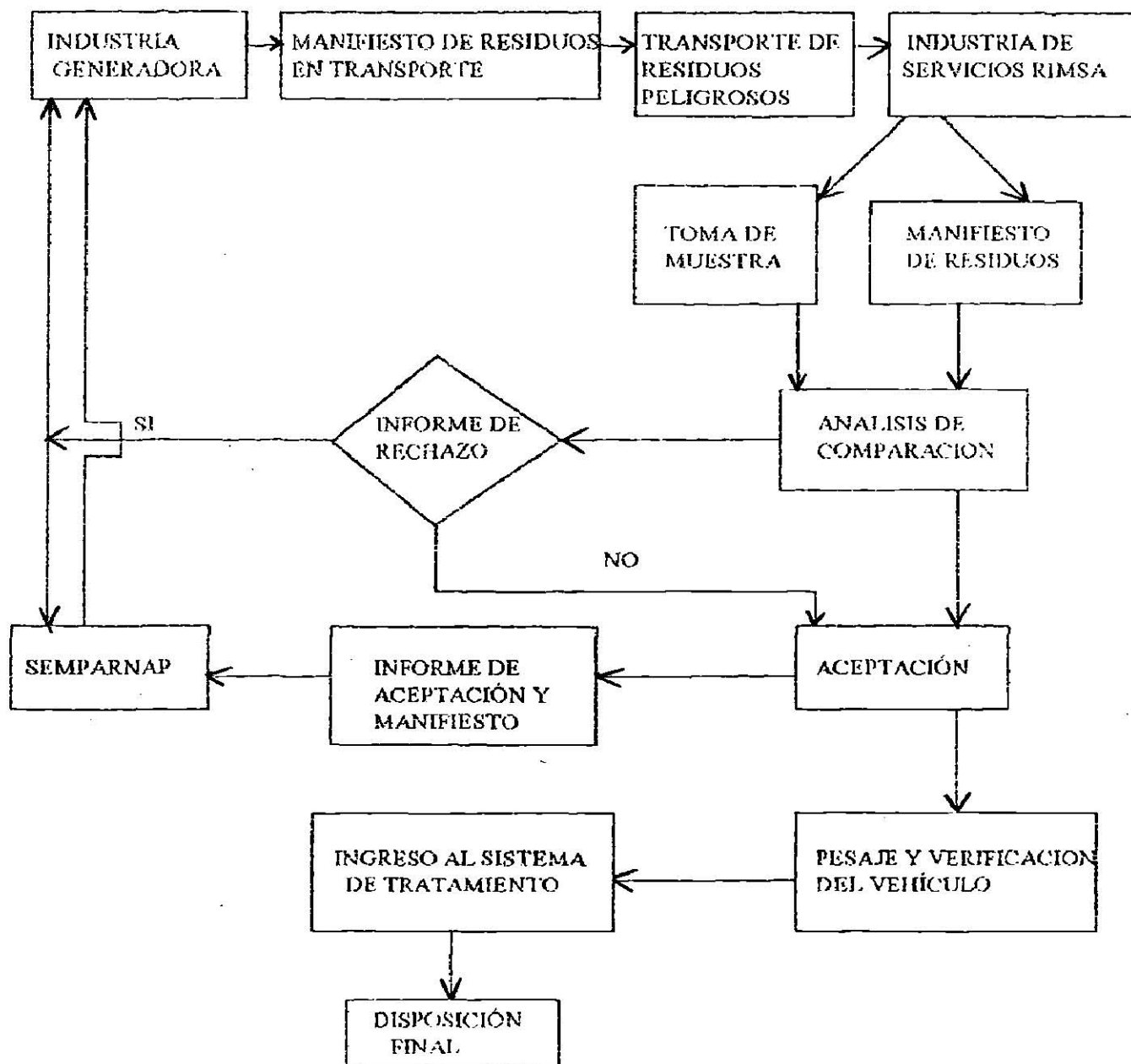
1.6. Todas las áreas reciben la documentación pertinente para proceder con las capturas en las bitácoras y a su manejo de acuerdo a lo estipulado por el laboratorio.

Una vez tratado y confinado el residuo se entrega un reporte diario al departamento ambiental para la captura y actualización de la información de la base de datos y el cual va a generar reporte mensual a la SEMARNAP.

Nota: Residuos no aceptados en RIMSA:

- Explosivos
- Radioactivos
- Biológico infecciosos
- Gases comprimidos
- Bifenilos policlorados (PCB's) en concentraciones mayores de 50 ppm para líquidos y mayores de 500 ppm para sólidos.
- Por mencionar algunos

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA RECEPCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS



SEMARNAP = Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca

TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La gestión de residuos señala como opción prioritaria evitar la generación de los mismos, sin embargo, cuando esto no es posible debe buscarse el reciclamiento y reuso de los residuos, y, como última opción dar un tratamiento a los residuos peligrosos para cambiarlos a una forma más "benigna" hacia el medio ambiente.

De acuerdo a la NOM-052-ECOL-93 establece que un residuo que "rebasa las concentraciones máximas permisibles" debe ser sujeto a un tratamiento para poder ser confinado.

Tecnológicamente existen diversas alternativas de tratamiento para un residuo peligroso y estas se basan en la característica de peligrosidad que se desean eliminar. Por tratamiento se establece en LGEEPA como la acción de transformar los residuos por medio del cual se cambian sus características. Y por estabilizar como todo proceso químico o biológico que al ser aplicado a un residuo, se logra la inactivación de este e inactivar se entiende como: "evitar que la característica peligrosa de un residuo se manifieste en el tiempo".

Tratamientos físicos:

Procesos a través de los cuales se alteran los constituyentes peligrosos por cambios en concentración o cambios de fase física; esto significa un cambio en la forma sin un cambio en las características de peligrosidad del compuesto, por ejemplo: solidificación, encapsulado, microencapsulado, evaporación y macroencapsulado (cita 32).

Tratamientos químicos:

Procesos que involucran más íntimamente a los constituyentes, los cuales son alterados por reacciones químicas. En muchos de los casos, esto destruye la peligrosidad del compuesto, pero en otros, el producto o productos son más peligrosos, aunque se obtiene una forma más conveniente para procesos posteriores o disposición, por ejemplo: oxidación, reducción, hidrólisis y neutralización. (cita 32).

Tratamientos biológicos:

Prácticamente son empleados para el tratamiento de aguas residuales y su uso en efluentes peligrosos (hidrocarburos) es limitado por el efecto de los mismos constituyentes en la población bacteriana, parte fundamental de estos procesos. La oxidación o reducción de los compuestos por los microorganismos puede tener implicaciones negativas para ellos mismos, por ejemplo: bioremediación (cita 32).

Tratamientos térmicos.

Procesos que utilizan como herramienta principal la aplicación de altas temperaturas como mecanismo destructor de los compuestos, por ejemplo: incineradores y hornos cementeros.

Tratamientos de reciclaje y reuso:

Como la destilación de residuos tales como solventes (aromáticos, halogenados, etc.) contaminados, los cuales tengan un porcentaje de recuperación viable, son separados y purificados mediante este proceso, basado en la temperatura de ebullición para cada uno de los constituyentes del mismo residuo.

Los residuos solventes que no se puedan destilar pasan a la fase de mezclado de combustibles alternos (reuso) como fuente de energía para los hornos cementeros.

A CONTINUACIÓN SE DEFINEN LOS TIPOS DE TRATAMIENTOS:

I. Tratamientos físicos

a) El encapsulado se utilizan principalmente para la estabilización de metales pesados a través de materiales precipitantes que vuelven altamente insolubles a dichos metales, seguidos de la adición de aditivos pozolánicos (cemento, cal o polvos de hornos) con lo cual se asegura la inmovilidad de los contaminantes en una matriz específica.

b) El microencapsulado es un sistema preferentemente usado para el tratamiento de orgánicos, organometálicos, plaguicidas y otros residuos similares, los cuales son tratados con materiales altamente porosos como cerámicos o lules. Debido a la gran microporosidad se generan fuerzas de atracción suficientemente fuertes para retener los elementos contaminantes dentro de la matriz de material microporoso (carbón, hule particulado, organoarcillas, etc.).

c) La evaporación es un proceso utilizado para la disminución del volumen del residuo a través de la eliminación de agua, preparándolo para un proceso de tratamiento posterior que no necesariamente será un tratamiento físico.

d) Como macroencapsulado se entiende el tratamiento por el cual los residuos son depositados dentro de contenedores especiales que garantizan la no migración o inmovilización de los elementos contaminantes dentro de un espacio físico específico definido. Se utiliza para residuos en los cuales el elemento o constituyente peligrosos se encuentran en concentraciones tales que es factible enviarlo a disposición final utilizando este sistema. Se emplean en el macroencapsulado contenedores de polietileno de alta densidad (baules) cuya capacidad es similar a la de un roll-off (12-15 m³).

e) La solidificación como su nombre lo sugiere es un proceso de transformación del estado físico del residuo por la adición de materiales absorbentes solidificantes, en este proceso se enlaza mecánicamente el contaminante y el material de tratamiento. Se utilizan agentes solidificantes o absorbentes. La migración de los contaminantes se ve reducida por la eliminación de un elemento que facilite el transporte de las partículas (agua) y por la disminución del área expuesta del contaminante para una posible lixiviación. La solidificación es el complemento de la mayoría de los tratamientos de adecuación de los residuos para su disposición final.

II. Tratamientos químicos

Los procesos o sistema de tratamiento químico, involucra la transformación de los elementos peligrosos de un residuo en una forma insoluble, estable o inocua. Como tratamientos químicos principales se tienen la oxidación, la reducción, la hidrólisis y la neutralización.

a) La oxidación y la reducción son procesos en los cuales se involucra la pérdida o ganancia de electrones por un compuesto. Cuando un compuesto pierde electrones se oxida y cuando gana electrones se reduce. Estos son procesos no selectivos por lo cual cualquier material con capacidad de oxidación o reducción presente en el residuo será sometida a ello, por lo cual la cantidad del material de tratamiento esta en función del total de la materia oxidable o reducible.

b) La hidrólisis es un proceso utilizado para el tratamiento de residuos con hidrocarburos halogenados o plaguicidas en la cual se provoca la ruptura molecular de los constituyentes en un medio acuoso por medio de un manejo de las condiciones de acidez o alcalinidad en forma controlada.

c) La neutralización es un proceso utilizado para el tratamiento de materiales corrosivos ácidos o básicos. Este proceso comprende la degradación del material corrosivo por la aplicación de un compuesto con características opuestas de acidez o alcalinidad, con una generación de sales y agua, siendo necesario un tratamiento posterior de solidificación o recuperación de las sales generadas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- D.B. Shaw y C.E. Weaer, The mineralogical composition of shales, *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 35, No. 1, pág. 221, 222, Tabla 4, 1995.
- Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 1993.
- ITESM Calidad Ambiental. Volumen II. Núm. 12 1996. Residuos Peligrosos.
- ITESM Calidad Ambiental. Año 1. Núm. 6 1994.
- INE. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana "Caracterización de residuos estabilizados para su confinamiento". 1994.
- INE. Bases para una política nacional de residuos peligrosos del Instituto Nacional de Ecología.
- INEGI, 1986.
- La Patología Ambiental. Contaminación, Termodinámica y Salud. Fuente: Ciencia y Desarrollo Vol. XVI, núm., 93. Jul-Agosto 1990. por Luis Benitez B.
- Modificado de: National Tank Truck Carriers, Inc. C. Cargo Tank Hazardous. Material Regulations, C.V. Harrison, J.L. Contey y L. Metcalfé. Eds. p. 155, EUA, 1992.
- Normas Oficiales Mexicanas en Características de Residuos Peligrosos 1993. (NOM-ECOL-052,053,054,055,056,057,058-1993).
- Residuos Industriales Multiquim, Guía de Manejo de Residuos Peligrosos para Confinamiento (RIMSA) 1996.
- SEDESOL, 1993.
- Serie Monográfica No. 3. Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. Dic. 1993 por Cristina Cortinas de Nava y Sylvia Vega Gleason.
- Tesis: M.C. Jorge E. Mendoza, 1995. ITESM.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

PAGINA	No. de cita	FUENTE DE INFORMACION
1	1	Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
7	2	(EPA; 1980) (Holmes, G; 1993) (Juleçley, R. L. & R.G.M, Wong, 1993).
28	3	Legget, 1986
28	4	Cartwright, et. al.; 1981
29-30	5	(Dunbar, C.O. & J. Rogers; 1977) (Kehew; 1988)
30	6	Dunbar, C.O. & J. Rogers; 1977; López, E.; 1993
31-32	7	(Kehew, A.; 1988)
32	8	López, E.; 1993
33-34	9	(Dunbar, C.O. & Rogers; 1977; López, E. 1993; Simons, E.; 1988)
34	10	López, E.; 1993; Simons, E.; 1988.
36	11	Porteous, A.; 1985
38-39	12	Eatson, Y. & Burnett, A.; 1994; López, E. 1994. Todd, D. 1980
39	13	(Raghunath, H.M.; 1987) (Bowen, R.; 1986) (Todd, D.; 1980) (Kazmann, R.; 1988)
40	14	Simons, R. 1990
41	15	Simons, R.; 1990; Bowen, R.; 1986
41	16	Bender, F. 1984
40-41-42	17	Todd, D.; 1980
40-42	18	Simons, R.; 1990; Bowen, R.; 1986; Todd, D.; 1980
42	19	Bowen, R.; 1986

42	20	Kazmann, R.; 1988; Wattson, J. & Burnett, A.; 1994
45-47	21	Aparicio, F.; 1989; Campos, D.F. 1992
45	22	Chow, V.J. 1994; Campos, D.F. 1992
45	23	Aparicio, F. 1989; Campos, d.F. 1992; Chow, V.J. 1994
46-49	24	Campos, D.F. 1992
46	25	Raghunath, H.M. 1987; Mc. Whorter, D. & D. Sunada, 1977
46	26	Mc. Whorter, D. & D. Junada, 1977
47	27	Aparicio, F. 1989
48	28	EPA, 1980; Campos, D.F. 1992
49	29	Aparicio, F. 1989; Campos, D.F. 1992; Watson, Y. & Burnett A, 1994
50	30	Campos, D.F. 1992; Watson, J. & Burnett, A. 1994
51	31	Velasco, 1994
70	32	Griffin, R.D. 1988

VIII. GLOSARIO

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

Celda: El espacio creado natural o artificialmente dentro de un confinamiento controlado, apto para recibir residuos peligrosos compatibles.

Celda de Tratamiento: El espacio creado artificialmente para el tratamiento de residuos peligrosos cuyo objetivo es reducir la peligrosidad de los mismos, así como evitar el riesgo de fuga de contaminantes.

Clima: El conjunto de condiciones atmosféricas de un lugar determinado, constituido por factores físicos y geográficos.

Compatibilidad: Capacidad de dos o más materiales de asociarse sin originar reacciones físicas o químicas con características destructivas a la salud humana y medio ambiente. Ejemplo: Acido + soluciones de cianuro = ácido cianhídrico (mortal)

Blanqueador + amoniaco = gas cloro (altamente tóxico)

Orgánicos + oxidantes fuertes = fuego

Comunidad: Grupo natural de seres vivos que ocupan un área determinada en un momento determinado.

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

Confinamiento en funciones geológicas estables: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales impermeables, que garantice su aislamiento definitivo.

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

Cubierta: El o los materiales que se colocan en forma de capas en la parte superior de la celda, para asilar los residuos peligrosos de la intemperie.

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

Demografía: Ciencia que estudia las poblaciones humanas.

Disposición: La descarga, inyección, derrame, fuga o colocación de desechos sobre el suelo, el subsuelo o cuerpos acuáticos, desde donde los desechos, sus componentes y derivados pueden ser distribuidos en el ambiente.

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

Ecología: Ciencia que estudia las condiciones de existencia de los seres vivos y las interacciones con el medio ambiente.

Ecosistema: Unidad funcional de base en ecología que incluye los seres vivos y el medio en el que viven con las interacciones recíprocas entre medio y organismos.

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

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

Estabilizar: Proceso físico, químico o biológico que al ser aplicado a un residuo, se logra la inactivación de éste.

Fungicida: Agente que destruye los hongos.

Fitotóxico: Agente tóxico para los vegetales.

Geohidrología: Estudio del comportamiento de las aguas subterráneas bajo el contexto del marco geológico que las contiene, en la cercanía del sitio destinado al confinamiento.

Generación: Acción de producir residuos peligrosos.

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

Herbicida: Agente que destruye las malas hierbas (malezas)

Hidrología superficial: El estudio del comportamiento de las aguas superficiales de la cuenca hidrológica, donde se ubique el sitio destinado al confinamiento.

Inactivar: Evitar que la característica peligrosa de un residuo se manifieste en el tiempo.

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

Jales: Residuos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales.

Ley: LGEEPA

Lixiviado: Líquido proveniente de los residuos, en el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene disueltos o en suspensión componentes que se encuentran en los mismos residuos.

Lixiviación: Fugas líquidas originadas en rellenos sanitarios o químicos.

Lodo: La mezcla de líquido y sólido en proporciones normales de 3 a 7% en peso de sólido y el resto de agua u otro líquido.

Manejo de desechos peligrosos: Actividad o combinación de actividades las cuales están directa o indirectamente relacionadas con la administración o el control de desechos peligrosos.

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

Minimización: Actividades o procesos que reducen la cantidad de desechos peligrosos, por ejemplo: reuso, reciclaje, cambio de materiales u otros.

Obras complementarias: El conjunto de obras de apoyo para llevar a cabo la correcta operación del confinamiento controlado.

Plaguicidas: sustancia química utilizada para combatir las plagas principalmente insectos

Presa de jales: Obra de ingeniería para el almacenamiento o disposición final de jalés.

Planta: Sitio o proceso que genera, almacena, trata, dispone o maneja en alguna forma desechos peligrosos.

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

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

Reglamento: El reglamento de la LGEEPA en materia de residuo peligroso.

Relleno sanitario: Sitio usado para almacenar a largo plazo desechos que no son peligrosos de acuerdo a criterios de ingeniería sanitaria.

Residuo incompatible: Aquel que al entrar en contacto o al ser mezclado con otro reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación; o partículas, gases o vapores peligrosos, pudiendo ser esta reacción violenta.

Residuo peligroso: Residuo o combinación de residuos los cuales debido a su cantidad, concentración; o características físicas, químicas, biológico infecciosas presentan peligro presente o futuro a la salud humana y al ambiente, cuando se almacenan, se tratan, se transportan, se disponen o se manejan inadecuadamente.

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

Secretaría: SEDUE

Sismicidad: Grado de frecuencia y de intensidad de los fenómenos sísmicos que pueden tener lugar en el sitio destinado al confinamiento.

Topografía: Las características de configuración de la superficie que presenta el área del sitio destinado a confinamiento.

Tratamientos: Proceso o combinación de procesos que causan transformaciones físicas o químicas en desechos peligrosos con el propósito de reducir su cantidad o nivel de peligrosidad.

Zonas restringidas: Son las áreas del confinamiento que requieren de equipo de protección personal, conocimiento de riesgo y entrenamiento específico para permanecer en ellos.

A N E X O S

- 1.- a) Convenio de Basilia
b) Organización de cooperación y desarrollo económico (OCDE)
c) Acuerdos internacionales

- 2.- Propiedades físicas y químicas de los residuos peligrosos así como las biológicas infecciosas

- 3.- Reglamento de RP

- 4.- NOM sobre RP

ANEXO I

a) CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS (subanexo I y II)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Subanexo I

Código	Categorías de los desechos controlados	Código	Categorías de los desechos controlados
Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.	Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.	Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.	Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.	Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficies de metales y plásticos.
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.	Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.	Código	Desechos constituidos por:
Y7	Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.	Y19	Metales carbonilos.
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.	Y20	Berilio, compuestos de berilio.
Y9	Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	Y21	Compuestos de cromo hexavalente
Y10	Sustancias y artículos de desechos que contengan o estén contaminados por, bifenilos policlorados (BPC's), terfenilos policlorados (TPC's) o bifenilos polibromados (BPB's).	Y22	Compuestos de cobre
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.	Y23	Compuestos de cinc.
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	Y24	Arsénico, compuestos de arsénico.
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.	Y25	Selenio, compuestos de selenio.
		Y26	Cadmio, compuestos de cadmio.
		Y27	Antimonio, compuestos de antimonio,
		Y28	Telurio, compuestos de telurio.
		Y29	Mercurio, compuestos de mercurio.
		Y30	Talio, compuestos de talio.
		Y31	Plomo, compuestos de plomo.
		Y32	Compuestos inorgánicos de fluor, con exclusión del fluoruro cálcico.
		Y33	Cianuros inorgánicos.
		Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
		Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.
		Y36	Asbesto (polvo y fibras).
		Y37	Compuestos orgánicos de fósforo
		Y38	Cianuros orgánicos.
		Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.

Código	Categorías de los desechos controlados
Y40	Eteres
Y41	Solventes orgánicos halogenados.
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.

Código	Categorías de los desechos controlados
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzo-p-dioxinas policloradas.
Y45	Compuestos organohalogenados, que no correspondan a las sustancias ya mencionadas en el subanexo I (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43 Y44).

Subanexo II

Código	Categorías de los desechos que requieren una consideración especial
Y46	Desechos domésticos.
Y47	Residuos resultantes de la incineración de desechos domésticos.

ANEXO 1

b) ORGANIZACION DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO (lista de residuos)

En marzo de 1992 se adoptó en el seno de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) la Decisión C(92)39, para crear e instrumentar mecanismos internacionales para controlar el movimiento transfronterizo de los residuos que se van a reutilizar o reciclar en el país importador de los mismos, dentro del área de los países de esta Organización.

En esta Decisión se reconocen tres tipos de residuos de acuerdo a su peligrosidad potencial: el grupo de residuos verdes (G), el grupo de residuos ámbar (A) y el grupo de residuos rojos (R), de éstos se consideran peligrosos los que pertenecen a los grupos ámbar y rojo y son aquellos para los cuales se propone la regulación de sus movimientos transfronterizos; en tanto que los residuos verdes no se juzgan como peligrosos y por lo tanto no se regulan en esta materia, sólo se controlan sus aspectos comerciales.

A partir de esta Decisión se crea el sistema de notificación para los países involucrados: exportadores, importadores y todo país por donde transiten los residuos antes de llegar a su destino. Este sistema asegura el acceso a una información veraz y suficiente que permite tanto al país importador como a los países por donde pasan los residuos tomar decisiones sobre su aceptación.

La instrumentación del sistema propuesto por la OCDE se hará sólo a través de la legislación ambiental nacional de cada país. El sistema de notificación (residuos de las listas ámbar y roja) incluye información específica sobre:

- naturaleza del residuo
- datos del generador del residuo
- datos del notificador del movimiento transfronterizo
- datos del receptor del residuo
- el destino propuesto para el residuo; y
- el contrato legal entre las partes involucradas

Ya desde 1984, en los países pertenecientes a la OCDE, se había adoptado la Decisión C(83) 180, sobre los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos. Sin embargo, en esa Decisión no se proveen lineamientos sobre las acciones operativas sólo se establecen principios en los cuales posteriormente se basó la Convención de Basilea. Por otro lado en la decisión C(88)90 sobre movimientos transfronterizos de residuos peligrosos adoptada en 1988 se definen los términos "waste" residuo o desecho y "disposal" deshacerse de o eliminar algo, que al español se tradujo como disposición (anglicismo).

Definiciones

Residuos son todos los materiales, no radiactivos que se van a eliminar ("disponer") por alguna de las siguientes razones; por ser:

- desechos de un proceso de producción industrial
- Productos que no cumplen con las especificaciones requeridas
- Productos cuya fecha de expedición ya se cumplió
- Materiales derramados durante algún accidente y todo equipo o material contaminado por los antes mencionados
- Materiales contaminados durante las operaciones normales de producción
- Partes inservibles de un equipo o producto
- Sustancias que por su uso pierden parte de las propiedades por las cuales son utilizadas
- Desperdicios de los procesos utilizados para controlar la contaminación
- Desechos de los procesos que se llevan a cabo en una máquina y desechos del terminado
- Desperdicios del proceso al que se sujetan las materias primas
- Materiales adulterados
- Material, sustancia o productos cuyo uso ha sido prohibido por ley en el país exportador
- Productos para los cuales ya no existe ningún uso
- Sustancias, materiales o productos que se obtienen durante las acciones de remodelación en sitios contaminados
- Materiales, sustancias o productos que el generador o exportador de los mismos los declare como desechos y que no se encuentren en alguna de las categorías anteriores a ésta

Residuos peligrosos es aquel que:

- Aparece en la lista básica (core list) y también
- Todo residuo que se considere y este legalmente definido como tal; en los países tanto exportadores como importadores de estos residuos

La disposición comprende a las operaciones de rellenos, inyecciones, descargas marinas, tratamientos biológicos, tratamientos físico-químicos, incineración, confinamiento, combustión, regeneración de solventes, reciclamiento de sustancias orgánicas, inorgánicas y metales; regeneración de ácidos y bases, recuperación de catalizadores y de aditamentos utilizados en operaciones de control de la contaminación; utilización de aceites gastados y tierras; y usos de los residuos obtenidos en las operaciones anteriores.

La lista básica (core list), Lista Y de residuos peligrosos aparece en la Decisión C(88)90 y se refiere a los residuos peligrosos controlados en su exportación, esta lista fue reproducida, con algunos cambios, en el Anexo 1 de la Convención de Basilea; se adicionó a la clasificación el número (Y-18) que se refiere a los residuos que se producen durante las operaciones de disposición de los residuos peligrosos contenidos en la lista y se incluyeron dos tipos de residuos que requieren de consideración especial: Y-46 desechos domésticos y Y-47 residuos que se producen por la incineración de los residuos peligrosos contiene todos aquellos residuos que los países miembros de la OCDE se comprometen a controlar en todo movimiento transfronterizo, aquel residuo que no aparezca en esta lista pero que se considere peligroso en cualquier país exportador o importador perteneciente a la OCDE estará sujeto a la regulación nacional del país correspondiente.

Es importante hacer notar que en la Decisión (90)178, sobre la reducción de los movimientos transfronterizos de residuos que se adoptó en 1991, se requiere a los países que los

residuos para los cuales no existen operaciones de recuperación sean destruidos en el país que los originó.

Los movimientos transfronterizos de residuos con países no miembros de la OCDE están regulados por la Decisión C(86)64, sobre la exportación de residuos peligrosos fuera del área de la OCDE donde se asienta que se prohíbe la exportación de residuos peligrosos a países de la OCDE se sujetarán a toda regulación nacional e internacional (Convenio de Basilea) relevante a la materia, que así considere el país importador.

**LISTA DE RESIDUOS VERDES (GREEN)
(octubre 1992)**

Se utiliza la sigla G para la palabra verde en inglés (Green) seguida de otra letra que puede ser cualquiera de las que se encuentran entre la A y la O, según el subgrupo del tipo de residuos de que se trate.

<p>GA A DESECHOS DE METALES Y SUS ALEACIONES, QUE SE ENCUENTRAN EN FORMA NO DISPERSABLE</p> <p>Desechos y chatarra de metales preciosos y sus aleaciones</p> <p>GA010 - de oro</p> <p>GA020 - de platino (incluye además del platino iridio, osmio, paladio, radio y rutenio)</p> <p>GA030 - de los otros metales preciosos (se debe excluir toda contaminación por mercurio en las aleaciones o amalgamas)</p> <p>GA040 Desechos y escoria de moldes de hierro</p> <p>GA050 Desechos y escoria de acero inoxidable</p> <p>GA060 Desechos y escoria de otras aleaciones de acero</p> <p>GA070 Desechos y escoria de hierro o acero estañados</p> <p>GA080 Espirales, virutas, astillas residuos de molidos, limaduras, rebabas y troqueles que están o no en paquetes (haces)</p> <p>GA090 Otros desechos y escorias de hierro</p> <p>GA100 Escoria en lingotes refundidos</p> <p>GA110 Rieles de hierro y de acero usadas</p> <p>Los residuos y escoria de metales no ferrosos y sus aleaciones</p> <p>GA120 Desechos y escoria de cobre</p> <p>GA130 Desechos y escoria de níquel</p> <p>GA140 Desecho y escoria de aluminio</p> <p>GA150 Desechos y escoria de plomo</p> <p>GA160 Desechos y escoria de cinc</p> <p>GA170 Desechos y escoria de estaño</p> <p>GA180 Desechos y escoria de tungsteno</p> <p>GA190 Desechos y escoria de molibdeno</p> <p>GA200 Desechos y escoria de tantalio</p>	<p>GA210 Desechos y escoria de magnesio</p> <p>GA220 Desechos y escoria de cobalto</p> <p>GA240 Desechos y escoria de cadmio</p> <p>GA250 Desechos y escoria de titanio</p> <p>GA260 Desechos y escoria de zirconio</p> <p>GA270 Desechos y escoria antimonio</p> <p>GA280 Desechos y escoria de manganeso</p> <p>GA290 Desechos y escoria de berilio</p> <p>GA300 Desechos y escoria de cromo</p> <p>GA310 Desechos y escoria de germanio</p> <p>GA320 Desechos y escoria de vanadio</p> <p>GA330 Desechos y escorias de hafnio</p> <p>GA340 Desechos y escoria de indio</p> <p>GA350 Desechos y escoria de niobio</p> <p>GA360 Desechos y escoria de renio</p> <p>GA370 Desechos y escoria de galio</p> <p>GA380 Desechos y escoria de talio</p> <p>GA390 Desechos y escoria de torio</p> <p>GA400 Desechos y escoria de selenio</p> <p>GA410 Desechos y escoria de telurio</p> <p>GA420 Desechos y escoria de tierras raras</p>	<p>GB B DESECHOS QUE CONTIENEN METALES QUE PROVIENEN DE LA FUNDICIÓN Y REFINACIÓN DE METALES.</p> <p>GB010 Cinc duro comercial</p> <p>GB020 Escorias que contienen cinc</p> <p>GB021 - Escorias superiores de la placa de la galvanización con cinc (>90% Zn)</p> <p>GB022 - Escorias inferiores de la placa de la galvanización con cinc (>85% Zn)</p> <p>GB023 - Escoria de troqueles de cinc (>85% Zn)</p> <p>GB024 - Escorias de la hornada de la placa de cinc del galvanizado</p>
--	--	---

GB025	- Natas de cinc	GF020	Residuos y fragmentos de compuestos de cerámica con metales.
GB030	Natas de aluminio	GF030	Fibras de cerámica no especificadas o incluidas en otro inciso
GB040	Chatarra de metales preciosos y de cobre procesados para una siguiente refinación	GG G.	OTROS RESIDUOS QUE CONTIENEN PRINCIPALMENTE COMPUESTOS INORGÁNICOS, Y TAMBIÉN PUEDEN CONTENER METALES Y MATERIALES ORGÁNICOS
GC C.	OTROS DESECHOS QUE CONTENGAN METALES	GG010	Sulfato de calcio parcialmente refinado que se produce por la desulfuración de una emisión gaseosa.
GC010	Partes eléctricas de metal o de aleaciones	GG020	Yeso de paredes que, se desprende en la demolición d edificios.
GC020	Escorias electrónicas (circuitos impresos, componentes electrónicos, alambres) y componentes electrónicos de donde se puede recuperar metales básicos y preciosos.	GG030	Escoria y cenizas fonderas de las carboeléctricas.
GC030	Contenedores y otras estructuras flotantes para romperlas, vacíos de cualquier material o carga que se pudiera clasificar como sustancia o residuo peligroso.	GG040	Cenizas volátiles de las carboeléctricas.
GC040	Restos de motores vehiculares, drenados de cualquier líquido.	GG050	Puntas anódicas del coque de petróleo y/o del betún.
GC050	Catalizadores usados:	GG060	Carbón activado gastado.
GC051	- Líquido catalizador del cracking (FCC)	GG070	Escoria básica de la manufactura de hierro o acero que se puede usar en fertilizantes de fosfatos y otros usos.
GC052	- Catalizadores que contengan metales preciosos	GG080	Escoria de la producción de cobre, estabilizada químicamente, en un alto contenido de hierro (arriba del 20%) y procesado de acuerdo a especificaciones industriales (por ejemplo DIN430 y DIN8201) con aplicaciones en la construcción y como abrasivos.
GC053	- Catalizadores de metales de transición (cromo, cobalto, cobre, hierro, níquel, manganeso, molibdeno, tungsteno, vanadio, cinc)	GG090	Azufre en forma sólida
GC060	Escoria granulada derivada de la manufactura de hierro y acero	GG100	Caliza resultante de la producción de cianamida de calcio (con un pH menor a 9).
GC070	Escoria derivada de la manufactura de hierro y acero	GG110	Lodo rojo neutralizado, desecho de la producción de alúmina.
CD D.	DESECHOS PROVENIENTES DE LA MINERÍA (formas no dispersables).	GG120	Cloruros de calcio, potasio y sodio.
GD010	Desechos de grafito natural	GG130	Carborundo (carburo de silicio)
GD020	Residuos de cantera de pizarra cortados o recortados	GG140	Concreto en fragmentos
GD030	Desechos de mica	GH H.	DESECHOS DE PLÁSTICO SÓLIDO INCLUYE, PERO NO SE LIMITA A:
GD040	Desechos de leucita, nefelina y sienita	GH010	Desechos, chatarra y pedazos de plástico de:
GD050	Desechos de feldespato	GH011	- Polímeros de etileno
GD060	Desechos de fluorspato	GH012	- Polímeros de estireno
GD070	Desechos de sílica en forma de sólidos, se excluyen los usados en operaciones de fundición	GH013	- Polímeros de cloruro de vinilo
GE E.	DESECHOS DE VIDRIO EN FORMA NO DISPERSABLE	GH014	- Polímeros o copolímeros de (por ejem)
GE010	Desechos escogidos y, otros desechos y fragmentos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados		- Polipropileno
GE020	Desechos de fibra de vidrio		- Polietileno tereftalato
GF F	DESECHOS DE CERÁMICA EN FORMA NO DISPERSABLE		- Copolímero de estireno
GF010	Desechos de cerámica que se cocieron después de darles forma, se incluyen recipientes de cerámica (antes y después de ser usados)		- Copolímero de acrilonitrilo
			- Copolímero de butadieno
			- Poliamidas
			- Polibutileno tereftalatos

	· Policarbonatos	GJ031	-Desperdicio de hilados de algodón
	· Polifenileno sulfatos	GJ032	-Desperdicios de adornos y pasamanería
	· Polímeros de acrílico	GJ033	-Otros
	· Parafinas (C10-C13) (Plasificantes)	GJ040	Desperdicios y estopas de lino
	· Poliuretanos (que contengan clorofluorocarbonos)	GJ050	Desperdicios y estopas de cáñamo (<i>Cannabis sativa</i>) (incluye hilados, adornos y pasamanería)
	· Polisiloxanos (silicones)	GJ060	Desperdicios y estopas de yute y otras fibras textiles (se excluye al lino, cáñamo y ramio)
	· Polimetil metacrilato	GJ070	Desperdicios y estopa de henequén y otras fibras textiles del género <i>Agave</i> (incluye adornos y pasamanería)
	· Alcohol polivinílico	GJ080	Desperdicio, estopa y desechos del cardado de coco (incluye adornos y pasamanería)
	· Butiral polivinílico	GJ090	desperdicios, estopa, y desechos del cardado del abacá (<i>cáñamo</i> de Manila)
	· Acetato polivinílico	GJ100	Desperdicios, estopas y desechos del cardado del ramio y otras fibras vegetales no especificadas o incluidas en otra clasificación (incluye adornos y pasamanería)
	· Polímeros de etileno fluorinado (reflón, PTFE)	GJ110	Desperdicios de fibras elaboradas por el hombre (incluye adornos y pasamanería)
GH015	-RESINAS O PRODUCTOS DE CONDENSACIÓN Por ejemplo: · Resinas de urea formaldehído · Resinas de fenol formaldehído · Resinas epoxi · Resinas de alquilos · Poliamidas	GJ111	-Fibras sintéticas
GI I.	DESECHOS DE PAPEL, CARTÓN Y PRODUCTOS DE PAPEL	GJ112	-Fibras artificiales
GI010	-Desperdicios de papel y cartón	GJ120	Ropa usada y otros artículos textiles usados
GI011	-Desperdicios de papel, cartón o de papel y cartón corrugado kraft sin blanquear	GJ130	Trapos, restos de cuerdas, lazos, cordones y cables usados o artículos usados hechos con esos materiales
GI012	-Desperdicios de papel y cartón hechos principalmente de pulpa blanqueada químicamente sin coloración	GJ131	-Escogidos
GI013	-Desperdicios de papel y cartón que forman una pulpa por medios mecánicos (revistas, periódicos, cartón impreso, etc.)	GJ132	-Otros
GI014	-Otros, donde se incluyen desperdicios de papel no clasificados	GK K.	DESPERDICIOS DE HULE
GJ J.	DESPERDICIOS TEXTILES	GK010	Desechos, pedazos y chatarra de hule (diferente al hule duro) y gránulos obtenidos de éste
GJ010	Desperdicios de seda (capullos, hilos, adornos, pasamanería, etc.)	GK020	Llantas usadas
GJ011	-Desperdicios de seda no cardados ni peinados	GK030	Desechos y chatarra de hule duro (por ejemplo, ebonita)
GJ012	-Otros desperdicios de seda	GL L.	DESPERDICIOS DE MADERA Y CORCHO NO TRATADO
GJ020	Desperdicios de lana, o de pelos finos o gruesos de animales, incluye hilos pero no adornos y pasamanería	GL010	Desperdicios de madera estén o no aglomerados en ladrillos, encapsulados, etc.
GJ021	-Desechos del cardado de lana o de pelo fino de animal	GL020	Desperdicio de corcho, desbaratado, granulado o corcho básico
GJ022	-Otros desperdicios de lana o de pelo fino de animal	GM M	DESPERDICIOS DE LAS INDUSTRIAS AGRÍCOLAS-ALIMENTARIAS
GJ023	-Desperdicios del cardado de pelo grueso de animal		
GJ030	Desperdicios de algodón (incluye hilados, adornos y pasamanería)		

- GM010 Alimentos desecados, esterilizados y estabilizados, tales como harinas y encapsulados de carne o desperdicios de carne de pescado, crustáceos, moluscos u otro invertebrado acuático, para ser utilizados como alimento para animales, pero no para el hombre.
- GM020 Salvado y residuos derivados del molido, cernido, etc. de cereales y de otras plantas leguminosas.
- GM030 Residuos de la manufactura de almidón y residuos similares: pulpa de remolacha, bagazo y otros desechos de la manufactura de azúcar, de la fabricación de cerveza; heces y residuos de destilados estén o no en forma de encapsulados
- GM040 Torta oleaginosa y otros residuos sólidos que resultan de la extracción de aceite de soya, estén o no en forma de masa o encapsulados
- GM050 Torta oleaginosa y otros residuos sólidos que resultan de la extracción del aceite de cacahuete, estén o no en forma de masa o encapsulados
- GM060 Torta oleaginosa y otros residuos sólidos que resultan de la extracción de grasas y aceites vegetales que no se especifiquen o incluyan en otra clasificación
- GM070 Heces de vino
- GM080 Desechos y subproductos vegetales desecados y esterilizados, estén o no en forma de encapsulados, que se utilizan como alimento para animales, que no están incluidos o especificados en otra clasificación
- GM090 Residuos resultantes del tratamiento de sustancias grasas o ceras animales o vegetales
- GM100 Residuos de huesos y cuernos desgrasados, tratados con ácido y desgelatinados, pero sin cambios en su forma original
- GM110 Residuos de pescado
- GM120 Cáscaras, vainas, piel y todo residuo de cacao
- GN N. RESIDUOS DE LAS OPERACIONES DE CURTIDURÍA.
- GN010 Residuos de cerdas y pelo de cerdos, jabalíes, tejones y otros tipos de pelo que se utilizan en cepillos. Desechos de crines de caballo, estén o no en una sola capa con o sin material de soporte
- GN020 Desechos de crines de caballo, estén o no en una sola capa con o sin material de soporte
- GN030 Desechos de piel y otras partes de pájaros, con o sin plumas; de plumas o partes de las plumas limpias, desinfectados y preservados.
- GN040 Residuos de cueros, que ya no se usen para la manufactura de artículos de cuero.
- GO O. Otros residuos que están constituidos principalmente por materiales orgánicos, y que puedan contener metales y materiales inorgánicos
- GO010 Desechos de pelo humano
- GO020 Desechos de paja
- GO030 Micelios para la producción de penicilina desactivados, que se usan en alimentos para animales
- GO040 Desechos de filmes fotográficos que no contenga plata
- GO050 Cámaras usadas sin baterías (por pieza)

LISTA DE RESIDUOS AMBAR

(revisión octubre 1992)

El código de la OCDE consta de dos letras la primera designa la lista a la que pertenece el residuo: G verde, A ámbar y R roja y la siguiente letra la categoría dentro de esa lista A, B, C, ..., seguida de un número

AA A	RESIDUOS CON METALES	AB020	Residuos de la combustión de desechos domésticos y municipales
AA010	Escoria, escamas y otras formas de residuos de la manufactura de fierro y acero	AB030	Residuos del tratamiento de superficies metálicas con sistemas que no contienen cianuro
AA020	Residuos y cenizas de cinc ¹	AB040	Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados
AA030	Residuos y cenizas de plomo ¹	AB050	Lodos de fluoruro de calcio
AA040	Residuos y cenizas de cobre	AB060	Otros compuestos inorgánicos de fluoruro en forma líquida o de lodos
AA050	Residuos y cenizas de aluminio ¹	AB070	Arena usada en hornos
AA060	Residuos y cenizas de vanadio ¹	AB080	Residuos de catalizadores que no aparecen en la lista verde
AA070	Residuos y cenizas que contienen metales u otros compuestos metálicos no especificados ni incluidos en otra clasificación	AB090	Residuos de hidratos de aluminio
AA080	Residuos y cenizas de talio	AB100	Residuos de alúmina
AA090	Residuos y cenizas de arsénico	AB110	Soluciones de peróxido de hidrógeno
AA100	Residuos y cenizas de mercurio	AB120	Soluciones básicas
AA110	Residuos de la producción de alúmina no incluidos ni especificados en otra clasificación	AB130	Compuestos de haluros inorgánicos no especificados ni incluidos en otra clasificación
AA120	Lodos galvánicos	AB140	Arena gastada para pulir
AA130	Licores de la acidificación (salmuera) de metales	AB150	Yeso, desperdicio de procesos de la industria química
AA140	Residuos de lixiviados del procesamiento de cinc, polvos y lodos tales como jarosita, hematita, goetita, etc.	AB160	Sulfito y sulfato de calcio sin refinar, productos de la desulfuración de flujos gaseosos
AA150	Residuos de metales preciosos que contienen trazas de cianuros inorgánicos	AC C.	DESECHOS CONSTITUIDOS PRINCIPALMENTE POR MATERIALES ORGÁNICOS, Y QUE PUEDEN CONTENER METALES Y MATERIALES INORGÁNICOS.
AA160	Cenizas, polvos, todos y otros residuos de metales preciosos tales como:	AC010	Desechos de la producción y procesamiento del coque del petróleo y del betún, se excluyen las colas anódicas
AA161	-Cenizas de la incineración de circuitos impresos	AC020	Desechos de asfalto cemento
AA162	-Cenizas de filme fotográfico	AC030	Aceites gastados, que ya no pueden utilizarse para su uso original
AA170	Baterías ácidas de plomo íntegras o aplastadas, distintos a los de plomo y todo residuo o chatarra que provenga de la producción de acumuladores o baterías, no especificada o incluida en otra categoría	AC040	Lodos de gasolina con plomo
AB B.	DESECHOS QUE ESTÁN COMPUESTOS PRINCIPALMENTE POR MATERIALES INORGÁNICOS Y QUE PUEDEN CONTENER METALES Y MATERIA ORGÁNICA.	AC050	Líquidos térmicos (transferencia de calor)
AB010	Escoria, cenizas y residuos, no especificados o incluidos en otra clasificación	AC060	Fluidos hidráulicos
		AC070	Líquidos para frenos
		AC080	Líquidos anticongelantes
		AC090	Residuos de la producción, formulación y usos de resinas, látex, plastificadores, gomas y adhesivos

AC100	Nitrocelulosa	AD040	-Cianuros inorgánicos, con excepción de los residuos que contengan metales preciosos en forma sólida y que contengan trazas de cianuros inorgánicos
AC110	Fenoles y sus compuestos, se incluye al clorofenol en forma líquida o de lodos	AD050	-Cianuros orgánicos
AC120	Naftalenos policlorados	AD060	Desechos de mezclas de aceites/agua hidrocarburos/agua y emulsiones
AC130	Eteres	AD070	Desechos de la producción, formulación y usos de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas y barnices
AC140	Catalizadores de trietilamina para el fraguado de arenas de fundidoras	AD080	Desechos con características explosivas, que no estén regulados específicamente por otra disposición
AC150	Carburos clorofluorados -CFCs	AD090	Desechos de la producción, formulación y uso de sustancias y materiales fotográficos y litográficos no especificados o incluidos en otra clasificación
AC160	Halones	AD100	Desechos de sistemas que no contienen cianuro y que se utilizan en el tratamiento de superficies de plástico.
AC170	Corcho tratado y desechos de madera	AD110	Soluciones ácidas
AC180	Polvos, cenizas, harinas y lodos de tenería	AD120	Resinas de intercambio iónico
AC190	Fracción ligera de la destrucción o desmantelamiento de automóviles	AD130	Cámaras usadas con baterías (por pieza)
AC200	Compuestos de fósforo-orgánico	AD140	Desechos de los sistemas de control de la contaminación industrial para la limpieza de los gases emitidos y que se especifican o incluyen en otra clasificación
AC210	Solventes no-halogenados	AD150	Material orgánico natural que se utiliza como filtro (tales como los bio-filtros)
AC220	Solventes halogenados	AD160	Desechos municipales/domésticos
AC230	Residuos no acuosos, halogenados o no halogenados, de la destilación de solventes orgánicos en operaciones de recuperación		
AC240	Surfactantes		
AC250	Estiércol de cerdo		
AC260	Lodos del alcantarillado		
AD D.	DESECHOS QUE PUEDEN CONTENER MATERIALES TANTO ORGÁNICOS COMO INORGÁNICOS.		
AD010	Desechos de la producción y preparación de productos farmacéuticos		
AD020	Desechos de la producción, formulación y usos de biocidas y fitofármacos		
AD030	Desechos de la manufactura, formulación y usos de preservadores químicos de maderas Desechos que contengan, consistan o estén contaminados con cualquiera de los siguientes compuestos:		

LISTA DE RESIDUOS ROJO (R)

RA A.	Residuos que contienen principalmente materiales orgánicos y que pueden contener metales y materiales inorgánicos	policlorados y/o terfenilos policlorados, se incluye también todo compuesto polibromado análogo a los anteriores, a concentraciones iguales o mayores a 50 mg/Kg.
RA010	Residuos, artículos y sustancias que contengan, que consistan de o se encuentren contaminados con bifenilos	

ANEXO 1

c) ACUERDOS INTERNACIONALES

Plan Integral Ambiental Fronterizo México-Estados Unidos

Marco general de cooperación

En 1983, se firmó el Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza (Convenio de la Paz). Bajo este Acuerdo los dos países se comprometieron a instrumentar las “medidas necesarias para prevenir y controlar la contaminación en la zona fronteriza”, entendiéndose ésta como “el área situada hasta 100 kilómetros a ambos lados de las líneas divisorias terrestres y marítimas entre las partes”. El Convenio de la Paz se constituye como el instrumento legal que da sustento al trabajo bilateral en la frontera para cuestiones ambientales.

El 12 de noviembre de 1986 se firmó el anexo III del Convenio de la Paz, que se refiere al Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, sobre Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y Sustancias Peligrosas. De esta manera, se busca asegurar que las actividades relacionadas con estos movimientos de RP sean llevadas a cabo a manera de reducir o prevenir los riesgos a la salud pública, a las propiedades y a la calidad del ambiente, cooperando efectivamente en lo referente a su exportación e importación. También indica que las empresas maquiladoras deben regresar a sus países de origen los residuos que se produzcan en sus procesos a partir de materia prima importada y además se indica que el país exportador debe recibir estos residuos.

Anexo III del Convenio de la Paz

- Cada Parte asegurará, en lo posible, que sus leyes y reglamentos nacionales se apliquen en relación con los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y sustancias peligrosas, así como de otras sustancias que las Partes puedan acordar a través de apéndices del presente anexo.
- Cada Parte cooperará en el monitoreo e inspecciones eventuales de los movimientos transfronterizos a través de la frontera común, de desechos peligrosos y sustancias peligrosas
- Se harán notificaciones al país de importación.
- Se realizarán notificaciones de medidas regulatorias.
- Se fijarán los plazos para la notificación
- Habrá un intercambio de información y asistencia

Bajo los lineamientos de este acuerdo, en 1990 los presidentes de los dos países se comprometieron a desarrollar un plan mediante el cual se incorporaran fórmulas institucionales y de alta participación de la sociedad, a fin de asegurar la aplicación de las medidas previstas, el derecho de la sociedad de estar informada y la realización de mecanismos necesarios para enfrentar retos futuros.

Derivado de lo anterior, se instrumentó el Plan Integral Ambiental Fronterizo (PIAF), expedido en febrero de 1992.

PLAN INTEGRAL AMBIENTAL FRONTERIZO

México y Estados Unidos han logrado importantes avances dentro de los objetivos establecidos en el Plan, los cuales son descritos en las páginas subsecuentes. Si bien esas actividades han sido encabezadas bajo las directrices de la Sedesol y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), otras instituciones han participado en este esfuerzo, incluyendo la Comisión Nacional del Agua; Protección Civil, de la Secretaría de Gobernación de México; las secciones de México y Estados Unidos de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA); las Direcciones Generales de las Aduanas de México y los Estados Unidos y otras instituciones estatales y municipales de ambos países.

La determinación para dar respuesta a las necesidades de la población del área fronteriza queda demostrada con los logros obtenidos.

El Plan Integral Ambiental Fronterizo se fundamenta en cuatro objetivos generales:

1. Cumplir con la legislación existente.
2. Reducir la contaminación mediante nuevos recursos e iniciativas.
3. Incrementar la cooperación para la planeación, capacitación y educación ambiental.
4. Ampliar el conocimiento sobre las cuestiones ambientales en la frontera.

A partir de la firma del Convenio de la Paz se constituyeron cuatro grupos de trabajo conformados por funcionarios de México y de Estados Unidos, enfocados a analizar los asuntos relativos al aire, al agua, a la respuesta conjunta a emergencias y RP. Posteriormente se crearon otros dos grupos de trabajo para la Aplicación de la Ley y la Prevención de la Contaminación.

Grupo de trabajo sobre residuos peligrosos

A partir de la vigencia del anexo III del Acuerdo de la Paz, el grupo de trabajo binacional de RP ha realizado esfuerzos conjuntos para cumplir con el registro y la regulación del movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos.

Este grupo de trabajo está dividido en seis subgrupos: a) movimientos transfronterizos, b) identificación de sitios clandestinos, c) repatriación, d) transferencia de tecnología, e) conferencia de maquiladoras y f) comunicación.

En el transcurso de la existencia del grupo se ha llevado a cabo, entre otras actividades, la puesta en marcha de un sistema computarizado, desarrollado por la EPA e instrumentado en ambos países. Este sistema ha servido para documentar y seguir el movimiento transfronterizo de los RP: de las maquiladoras mexicanas a las instalaciones de tratamiento en los Estados Unidos, por un lado, y de los RP exportados para su reciclamiento desde los Estados Unidos hacia México y el retorno de los residuos últimos de esta operación, por el otro.

Todo lo anterior se ha logrado gracias al intercambio de información sobre la generación, transporte, recuperación y disposición de los residuos en ambos lados de la frontera.

Como resultado de la utilización del sistema, la EPA inició acciones de vigilancia normativa contra cuatro compañías estadounidenses que incurrieron en violaciones al control de las importaciones.

México y los Estados Unidos acordaron establecer un mecanismo de consulta para intercambiar información trimestral sobre los sitios de confinamiento de residuos, proyectados o existentes, a lo largo de la zona fronteriza. La EPA proporcionó a la Sedesol un inventario sobre sitios de confinamiento de RP y radioactivos en la zona fronteriza.

En 1992, México y los Estados Unidos llevaron a cabo 12 visitas conjuntas de entrenamiento sobre el uso, manejo, minimización y disposición final de RP, en Texas y Arizona.

En los casos específicos detectados tanto por México como por los Estados Unidos se ha realizado la limpieza de sitios con confinamientos sin control de RP abandonados, ubicados en nuestro país. También se realizan al menos seis investigaciones sobre posibles violaciones al Acuerdo.

Así, tenemos el caso de la empresa denominada Compañía Mexicana de América, mejor conocida como Mexaco, donde se localizaron más de 7 000 tambores con RP almacenados por más de cinco años. Para realizar la limpieza de este sitio en un plazo de siete meses fue necesaria la colaboración de las Asociaciones de Industrias de Mexicali, Tijuana y Tecate. Se identificaron y caracterizaron cada uno de ellos antes de proceder a regresarlos a su país de origen, de acuerdo con lo estipulado en el Anexo III del Acuerdo de la Paz.

Otro caso similar se dio en Ciudad Juárez, donde se localizó un sitio con 600 tibores abandonados y en forma conjunta se realizó la exportación de los mismos. En el caso de Alco Pacífico de México, SA de CV en 1991, la Sedue la clausuró, y ésta se declaró en quiebra dejando abandonado el local con cerca de 20 mil ton de RP en sus terrenos. La PFFPA realizó un estudio de evaluación del riesgo para la población y el ambiente que estos residuos podrían generar. Con base en estos resultados se determinarán las alternativas de rehabilitación del sitio.

Asimismo, con la colaboración de la EPA, se logró que la empresa Quemetco de los Estados Unidos indemnizara por 2 millones de dólares al gobierno de México, por el transporte ilegal de materiales peligrosos.

Actualmente, en Guerrero Negro, en la mina "La Unión", se identificaron 173 tibores con RP exportados ilegalmente por la empresa A&W Smelters de EUA. Siguiendo el procedimiento vigente, estos residuos se repatriarán a su país de origen.

En el rubro de repatriación de RP importados o exportados ilegalmente, en 1992 se crearon en forma conjunta las guías de repatriación por industria, donde se estipula que si se detectan RP importados o exportados ilegalmente y esto se demuestra, el país importador los devolverá al país exportador pagando cada país los gastos de embarque y transportación en sus territorios.

Desde 1988 se vienen realizando conferencias anuales dirigidas a las maquiladoras para proporcionarles todo tipo de información en cuanto al uso, manejo, generación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos peligrosos.

GRUPO DE TRABAJO DE RESPUESTA CONJUNTA

Este grupo tiene la finalidad de acrecentar la capacidad de respuesta a emergencias utilizando recursos mexicanos y estadounidenses. Ambos países se encuentran elaborando procedimientos a fin de facilitar el movimiento a través de las fronteras de equipo y personal que puedan responder a situaciones de emergencia. Hasta el momento sólo se han logrado establecer acuerdos informales entre algunas ciudades hermanas.

México y Estados Unidos han mejorando los métodos para que la información de las instalaciones que producen, usan o almacenan sustancias peligrosas sean más accesibles y se pueda disponer de ella. Se han comenzado a establecer planes de contingencia para estas ciudades y se está proporcionando capacitación sobre el manejo de los materiales peligrosos. Actualmente se realizan simulacros en ciudades hermanas, por iniciativa de Protección Civil de México.

Este grupo de trabajo tiene como meta, para 1994, la expansión del Grupo de Respuesta Conjunta para incluir a todas las agencias federales de ambos países, con responsabilidades sobre planes de contingencia y respuesta a emergencias relacionadas con materiales peligrosos. Este programa coordinará todos los planes de contingencia en los 13 pares de ciudades hermanas para lograr una respuesta conjunta, rápida y eficiente.

Ambos países continúan compartiendo asistencia técnica y entrenamiento, así como intercambio de datos mediante un sistema de información georeferenciado, donde se integran los inventarios de las sustancias químicas peligrosas, las áreas de riesgo para la población y el ambiente y los recursos con que se cuenta en caso de una emergencia.

Específicamente, en esta monografía nos referimos al trabajo de los grupos sobre RP, a la respuesta conjunta a emergencias y a la aplicación de la Ley:

GRUPO DE TRABAJO DE APLICACIÓN DE LA LEY

La PFFA por parte de México y la EPA, por parte de los Estados Unidos, han llevado a cabo un elevado número de inspecciones (15 000 en México y 1 243 en Estados Unidos) a lo largo de todo el territorio nacional, poniendo especial interés en la zona fronteriza, con la finalidad de verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental.

En 1991 se creó el grupo de trabajo conjunto para establecer estrategias de aplicación de la ley a ambos lados de la frontera; además, se realizó un esfuerzo en común acuerdo con el fin de que las empresas estadounidenses con subsidiarias en México cumplieran con la normatividad mexicana.

La PFFA y EPA llevaron a cabo seis cursos de capacitación múltiple y 12 visitas conjuntas de entrenamiento, además de intercambiar información entre el Sedesol y la EPA, con respecto de las actividades realizadas en materia de verificación normativa.

De agosto de 1992 a septiembre de 1993 se practicaron aproximadamente 15 000 visitas de inspección a la industria, de las cuales 1 566 fueron a la industria maquiladora de la frontera norte. Como resultado, se verificaron 152 cláusulas parciales y 35 totales; 1 127 empresas presentaron irregularidades leves y 252 no tuvieron irregularidades.

Se establecerá un diálogo con organizaciones no gubernamentales y con la industria, para apreciar los logros en la aplicación de la ley y el mecanismo de denuncia ciudadana. Se trabajará también con las aduanas para instrumentar una base de datos que permita regular las tarifas de productos, identificar los requerimientos de ambos países y aumentar su capacidad de detección de violaciones.

Ambas agencias utilizarán la documentación colectada por las aduanas para rastrear los envíos de materias primas y residuos de EUA y México, con el fin de prevenir la contaminación y aplicar la ley.

Finalmente, ambas dependencias trabajarán para fomentar que los propietarios de las maquiladoras proporcionen sus Manifiestos sobre RP y realicen sus auditorias ambientales voluntariamente.

Tratado de Libre Comercio

Bases del Tratado

El Tratado de Libre Comercio (TLC) establecido en 1993 entre México, Canadá y Estados Unidos, en vigor desde enero de 1994, define los derechos, obligaciones y disciplinas de los tres países en lo relativo a inversiones, comercio de mercancías, servicios y propiedad intelectual, y creará la zona de libre comercio más grande del mundo.

Como antecedente, cabe señalar que el comercio entre México y Estados Unidos ha sido particularmente activo en el pasado si se considera, por ejemplo, que en 1990, de nuestras exportaciones totales 73% tuvo como destino ese país, convirtiéndonos en su tercer socio comercial después de Canadá y Japón. En tanto que las exportaciones de México a Canadá han tenido una tasa de crecimiento promedio anual de 10.4% entre 1986 y 1990.

El informe publicado por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi) en agosto de 1992, señala respecto de la conclusión de las negociaciones:

"Con el fin de eliminar barreras no arancelarias al comercio entre las partes y evitar el surgimiento de nuevas barreras en el futuro, los miembros del Tratado se sujetarán a ciertas disciplinas comerciales en función de la seguridad nacional, la salud pública, la protección del medio ambiente y la preservación de los tesoros artísticos y culturales."

En su aparato relativo a Disposiciones Generales Aplicables al Comercio de Bienes, Servicios e Inversión, el citado informe precisa que la finalidad de las normas y regulaciones técnicas de carácter obligatorio

"...debe ser, exclusivamente, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal; la seguridad del medio ambiente, y la protección de los consumidores".

Asimismo, indica que,

“Para facilitar el comercio internacional, es importante buscar la compatibilidad entre los regímenes de normalización, con el fin de evitar que éstos se constituyan en barreras comerciales subrepticias”.

Para hacer más homogéneo y transparente el proceso de elaboración y aplicación de normas se acordó:

1. Que las normas técnicas y los métodos para determinar su cumplimiento se apeguen al principio de trato nacional, para evitar discriminación entre los productos originarios de las partes.
2. Utilizar las normas internacionales como marco de referencia.
3. Adoptar las medidas necesarias para lograr la convergencia futura de los sistemas.
4. Ajustar los procesos de validación del cumplimiento de las normas a las disciplinas del capítulo.
5. Establecer ámbitos específicos de cooperación, que incluyan mecanismos de consulta, intercambio de información y notificación.

Para supervisar la aplicación cabal de este capítulo, se creará un Comité de Normas Técnicas, que se reunirá periódicamente y contará con la participación de especialistas para atender asuntos respecíficos en telecomunicaciones, transporte, sector automotriz, textiles, embalaje, requisitos de información al consumidor, programa de verificación, criterios de evaluación ambiental y métodos de valuación de riesgo, entre otros.

Se resalta el hecho de que el TLC constituye el acuerdo comercial que más atención ha prestado a los asuntos ambientales en el mundo; en forma tal que las disposiciones sobre normas, inversión, solución de controversias y acceso a mercados, entre otros, responden a esta voluntad y al compromiso de México con el medio ambiente.

En materia de comercio, se asienta que;

“...las Partes otorgarán prioridad a las disposiciones comerciales de convenciones internacionales, como las que protegen la capa de ozono, las que regulan el movimiento transfronterizo de desechos tóxicos y sustancias peligrosas y las que protegen a las especies en peligro de extinción”.

Se asegurará, específicamente,

“que ningún país reduzca sus estándares de protección ambiental con el objeto de atraer inversión. Las disposiciones del Tratado se proponen respetar el equilibrio entre crecimiento y protección del medio ambiente”.

Acuerdos paralelos sobre medio ambiente

Las bases en las que se sustentan los acuerdos paralelos al TLC, relativos al ambiente son las siguientes:

El convencimiento de la importancia de la conservación, protección y mejoramiento del ambiente en los territorios de los tres países y el papel esencial de la cooperación en estas

áreas para lograr el desarrollo sustentable para el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

- La reafirmación del derecho soberano de los estados de explotar sus propios recursos de acuerdo con sus propias políticas ambientales y de desarrollo y su responsabilidad de asegurar que sus actividades dentro de su jurisdicción o el control no cause daños al ambiente de otros estados o áreas fuera de su jurisdicción nacional.
- El reconocimiento de:
 - Las interrelaciones entre los ambientes de los tres países.
 - Los crecientes vínculos sociales y económicos existentes entre ellos.
 - La importancia de las metas ambientales y objetivos del Tratado de Libre Comercio y de la participación pública en la conservación, protección y mejoramiento del ambiente.
 - El reconocimiento de la existencia de diferencias en sus respectivos entornos ambientales, condiciones climáticas y geográficas; así como capacidades económicas, tecnológicas y de infraestructura.

Su tradición en cooperación ambiental y el convencimiento de los beneficios que derivarán del establecimiento de un marco, incluyendo una Comisión, para facilitar la cooperación efectiva en la conservación, protección y mejoramiento del ambiente en sus territorios.

Objetivos:

1. Fomentar la protección y mejoramiento en los territorios de las Partes para el bienestar de las generaciones presentes y futuras.
2. Promover el desarrollo sustentable con base en la cooperación y mutuo apoyo de políticas ambientales y económicas.
3. Aumentar la cooperación entre las Partes para conservar, proteger y mejorar el ambiente, incluyendo la flora y fauna silvestre.
4. Apoyar las metas ambientales y los objetivos del Tratado de Libre Comercio.
5. Evitar crear distorsiones al comercio o nuevas barreras comerciales.
6. Fortalecer la cooperación en el desarrollo y mejoramiento de las leyes, regulaciones, procedimientos, políticas y prácticas ambientales.
7. Mejorar y vigilar el cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales.
8. Promover la transparencia y la participación pública en el desarrollo de las leyes, regulaciones y políticas ambientales.
9. Promover medidas económicas y ambientales eficientes y efectivas.
10. Promover políticas y prácticas que prevengan la contaminación.

Obligaciones

Cada una de las Partes deberán en sus territorios respectivos:

1. Preparar y hacer público periódicamente un informe del estado del ambiente.
2. Desarrollar y revisar medidas de preparación en caso de emergencias ambientales.
3. Promover la educación ambiental, incluyendo lo relativo acerca de la legislación ambiental.
4. Fomentar la investigación científica y el desarrollo tecnológico respecto a materias ambientales.
5. Evaluar apropiadamente los impactos ambientales.
6. Promover el uso de instrumentos económicos para el logro efectivo de los objetivos ambientales.

Cada una de las Partes notificará a las otras su decisión de prohibir o restringir severamente el uso de ciertos plaguicidas u otras sustancias químicas y estudiará la posibilidad de prohibir la exportación a las otras Partes de aquellas sustancias tóxicas cuyo uso esté prohibido en su territorio.

Las Partes acuerdan que deben garantizar que los procedimientos para la aplicación de su derecho ambiental sean justos, abiertos y equitativos. Cada Parte se compromete a garantizar el debido acceso público a los procedimientos para reforzar la aplicación de su derecho ambiental. Este acceso incluye:

- El derecho a solicitar acciones para conseguir que se aplique el derecho ambiental nacional,
- y
- El derecho de demandar por daños a otra persona en la jurisdicción de esa Parte.

El Acuerdo establece la creación de la Comisión para la Cooperación Ambiental, integrada por un Consejo, un Secretariado y un Comité Asesor Conjunto constituido por cinco personas de cada país que no sean funcionarios del gobierno.

Una Parte podrá solicitar consultas con las otras dos Partes sobre cualquier asunto que afecte el funcionamiento del Acuerdo. Si las consultas no permiten solucionar el asunto, cualquiera de las Partes podrá convocar a una reunión del Consejo. Con objeto de resolver la controversia, el Consejo podrá realizar consultas con asesores técnicos, crear grupos de trabajo o grupos de expertos y hacer recomendaciones.

Cualquiera de las Partes podrá solicitar que se establezca un panel arbitral cuando el Consejo no pueda resolver una controversia relativa a una presunta falta de aplicación efectiva de las leyes ambientales de una Parte, siempre y cuando dicha falta sea sistemática y afecte la producción de bienes o servicios comerciados entre las Partes. El establecimiento del panel requerirá del voto aprobatorio de dos terceras partes del Consejo.

Cuando un panel determine que una Parte incurrió en una falta sistemática en la aplicación de su derecho ambiental, las Partes podrán, en un plazo de 60 días, acordar un plan de acción mutuamente satisfactorio para solucionar esta falta de aplicación.

Si las Partes no pueden acordar un plan de acción, el panel podrá volver a reunirse para evaluar el plan de acción presentado por la parte demandada, o proponer uno alternativo, en un plazo no menor de 60 y no mayor de 120 días posteriores a la fecha en que el panel rindió su informe final. El panel podrá también imponer una contribución monetaria a la Parte demandada.

En el caso de que el Panel conste que la Parte demandada no ha pagado la contribución monetaria o continúa incumpliendo su derecho ambiental, o ambas cosas, se procederá de la siguiente manera:

1. En el caso de Canadá, la Comisión podrá exigir el pago de la contribución monetaria y el cumplimiento de la decisión del panel ante un tribunal canadiense competente.
2. En el caso de México o Estados Unidos, la Parte o Partes reclamantes podrán suspender a la parte demandada beneficios derivados del TLC con base en el monto de la contribución fijada y con un tope máximo de 20 millones de dólares al año. Dichos beneficios deberán restituirse de manera automática, una vez que la Parte en falta cumpla con el pago y/o el plan de acción.

ANEXO 2

Propiedades físicas y químicas de los Residuos Peligrosos así como las biológicas infecciosas

Los materiales y sustancias que constituyen a los residuos peligrosos están caracterizados de acuerdo con sus propiedades físico-químicas.

Propiedades físicas

Las propiedades físicas comprenden aquellas que pueden ser determinadas sin alterar la composición química de la materia; son típicas de cada sustancia o compuesto, y aunque muchas son comunes para varias sustancias, no todas son las mismas para dos compuestos diferentes.

A continuación se describen algunas de estas propiedades:

- Forma: líquida, sólida o gaseosa
- Color
- Olor
- Densidad o peso específico
- Solubilidad
- Coeficiente de partición lípido-agua
- Presión de vapor
- Temperatura de ebullición
- Temperatura de solidificación

Peso específico:

Se refiere a la masa o peso del volumen dado de una sustancia, comparada con la masa o peso de un volumen igual de agua; se trata de saber si esa sustancia es más o menos pesada que el agua.

Solubilidad en agua:

Esta propiedad se expresa como la cantidad o el porcentaje de un material (en peso) que se disuelve en agua a temperatura ambiente.

La movilidad de los residuos peligrosos en los suelos se ve favorecida por su solubilidad en agua. Cuando ésta es mayor a 500 ppm (partes por millón), los residuos alcanzan una gran movilidad y una mayor concentración en los medios acuáticos -como ocurre con el aluminio y el cadmio. Si las sustancias que componen los residuos tienen una solubilidad acuosa mayor de 25 ppm, no son persistentes en los organismos vivos. Y si su solubilidad es menor, pueden quedar inmobilizadas en los suelos y acumularse en los seres vivos- como sucede con el arsénico y el plomo.

Coeficiente de partición lípido-agua:

Es la relación entre la solubilidad en agua de un material y su solubilidad en un aceite. A través de este coeficiente se puede determinar la capacidad que tienen las sustancias que conforman los residuos para disolverse en agua y lípidos (por ejemplo, los que conforman las membranas de los seres vivos). Sustancias con coeficientes mayores a uno son liposolubles y de fácil absorción a través de las membranas y acumulación en el tejido graso (por ejemplo, los hidrocarburos aromáticos y los plaguicidas).

Presión de vapor:

Mide indirectamente la cantidad de una sustancia que se vaporiza a una temperatura dada. A mayor presión de vapor la sustancia desprende una mayor cantidad de vapores a esa temperatura, la cual generalmente corresponde a la temperatura ambiental.

La volatilidad de las sustancias depende de su presión de vapor. Aquellas con presiones superiores a los 10^{-3} mm de mercurio (Hg), a 25°C , son muy volátiles y se movilizan fácilmente, dispersándose en el ambiente (acetona, éter etílico y metilisocianato). Las que tienen presiones de vapor entre 10^{-4} y 10^{-6} mm de Hg son ligeramente volátiles y menos móviles; en tanto que las que tienen una presión menor a los 10^{-7} mm de Hg pueden considerarse como no volátiles (aceites minerales y metales pesados).

Propiedades químicas:

Son aquellas que pueden ser determinadas cuando la sustancia sufre cambios en su composición básica; y las que al manifestarse, en general se acompañan de cambios en una o varias de sus propiedades físicas.

- Disociación e ionización
- Corrosividad
- Reactividad
- Flamabilidad
- Descomposición térmica
- Compatibilidad
- Polimerización
- Oxidación
- Explosividad
- Degradabilidad

Disociación e ionización:

Al solubilizarse, las sustancias iónicas se disocian; esto quiere decir que un átomo o un grupo de átomos se separan un poco de la sustancia original y adquieren una carga positiva (catión) o una negativa (anión). Las sustancias que no se disocian se denominan no-iónicas. Esta característica es importante para determinar su movilidad en los suelos. Las sustancias aniónicas y no-aniónicas son móviles en los suelos, mientras que las catiónicas se absorben fuertemente a las partículas del suelo y quedan inmobilizadas.

pH:

Es el potencial de hidrogeniones de una sustancia y se refiere al cambio en la concentración de iones de hidrógeno (H^+ = hidrogeniones) que se produce cuando esa sustancia se disuelve en agua. Si los hidrogeniones aumentan, la sustancia es ácido y el pH es menor a 7; por el contrario, si disminuyen, la sustancia es alcalina y su pH es mayor a 7.

Corrosividad:

Se considera que una sustancia es corrosiva cuando es capaz de descomponer a otras. En función de la liberación de hidrógeno, degrada químicamente a los materiales con los cuales entra en contacto. Se considera peligrosa una sustancia corrosiva si tiene la capacidad de

penetrar el acero con una densidad de un cm en un periodo de 24 horas. Para efectos de derrames de materiales peligrosos, es corrosiva cualquier sustancia que exhiba un pH menor de dos o mayor de 12.

Reactividad:

Una sustancia reactiva es aquella que al entrar en contacto con aire o agua, o a causa de un movimiento, sufre cambios químicos y físicos que pueden estar acompañados por la liberación repentina de energía. Esta liberación puede ir desde la efervescencia hasta una explosión violenta.

Flamabilidad:

La flamabilidad de una material tiene que ver con su grado de susceptibilidad para arder, al aumentar su temperatura. Las sustancias más flamables son líquidos con punto de ignición por debajo de 60° centígrados.

Temperatura de ignición

Es la temperatura más baja en la cual un material emite vapores flamables en cantidad suficiente para incendiarse en presencia del aire, ante cualquier fuente de ignición.

Temperatura de autoignición

Es la temperatura más baja en la cual un material flamable, al mezclarse con el aire, se incendia por sí sólo, sin la presencia de una flama o chispa. En una atmósfera enriquecida con oxígeno puede ocurrir que una mezcla flamable se incendie espontáneamente, a temperaturas más bajas que las normales.

Capacidad oxidante o comburente

Se define así a la capacidad de liberar oxígeno para auxiliar en la combustión de materiales orgánicos y en la descomposición o degradación de materiales inorgánicos.

Explosividad

Las sustancias explosivas son aquellas que de manera espontánea o por una reacción química pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daño a los alrededores.

Límites de explosividad en el aire

Los límites de explosividad son dos: el límite bajo (Lower Explosive Level) (LEL) y el superior (Upper Explosive Level) (UEL). El primero se refiere a la concentración mínima de vapores de una sustancia, mismos que pueden explotar si se calientan. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire. El segundo se refiere a la concentración más alta de vapores de una sustancia, los cuales, en presencia de calor, explotarán. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire.

Polimerización

Consiste en una reacción química en la cual un gran número de moléculas relativamente simples se combinan para formar una gran cadena de moléculas. Una polimerización peligrosa será una reacción en la que se liberen grandes cantidades de energía.

Degradabilidad

Las sustancias pueden ser degradadas de tres maneras: se les puede disminuir su actividad a través del tiempo, mediante procesos químicos (quimiodegradabilidad), tal como ocurre con los ácidos y las bases; por la acción de la luz (fotodegradabilidad), como sucede con las piretrinas y con el toxafén; o mediante la acción de microorganismos (biodegradabilidad), como es el caso de la celulosa, los peróxidos y algunos hidrocarburos.

Ante todo, debe prohibirse y vigilarse que no se disponga de los residuos infecciosos inadecuadamente, para evitar que éstos se difundan en el ambiente y puedan ocasionar graves problemas de salud.

Residuos biológicos infecciosos:

Tipo de residuo	Descripción
Cultivos y cepas	Comprenden los cultivos y cepas de agentes infecciosos desechados por laboratorios médicos y patológicos, de investigación o industriales; vacunas vivas atenuadas; y cajas de cultivo o materiales empleados para transferir o inocular cultivos.
Residuos patológicos	Órganos o tejidos de pacientes.
Sangre humana o productos sanguíneos	Incluye sangre líquida desechada o subproductos, así como cualquier elemento saturado o embebido de sangre y sus contenedores.
Objetos punzocortantes	Utilizados en el cuidado o tratamiento médico de pacientes o de animales enfermos, en investigación o en laboratorios industriales. Incluye objetos de vidrio que hayan estado en contacto con agentes infecciosos.
Residuos animales	Cadáveres, órganos o tejidos de animales expuestos a agentes infecciosos o empleados en evaluaciones toxicológicas.
Residuos aislados	Residuos biológicos y materiales contaminados con sangre, excreciones, exudados o secreciones de seres humanos aislados por padecer enfermedades contagiosas o animales infectados.

ANEXO 3

Reglamento de residuos peligrosos

El 25 de noviembre de 1988 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, el cual establece que las autoridades del DF, las de los estados y municipios podrán participar como auxiliares de la Federación en la participación como auxiliares de la Federación en la aplicación de este reglamento, ya que la materia se considera federal.

Asimismo, se establece el registro obligatorio del generador de residuos y la expedición de una autorización para operar la empresa ligada a la manifestación de impacto ambiental.

De igual forma se regula el transporte, el almacenamiento, la recolección y la disposición final de estos residuos, así como los sitios para su confinamiento.

Artículos del Reglamento de la LGEEPA en materia de RP, aplicables a su generación y manejo

Actividad	Artículos aplicables	
Generación	5 6 7 8	Responsabilidad del generador de residuos peligrosos Obligación del generador de RP de determinar si éstos son peligrosos. Obligación del generador de presentar su manifiesto de impacto ambiental ante la Sedesol. Procedimientos obligatorios del generador respecto de residuos peligrosos.
Almacenamiento	5 7 y 10 8 12 14 15,16,17,18,19, 20 y 21	Responsabilidad de la empresa de almacenar residuos peligrosos. Presentación del Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) y del formato de Manejo de Residuos Peligrosos (MRP), cuando el servicio sea a terceros ante la Sedesol. (VII) Almacenamiento de RP en condiciones de seguridad. Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos. Condiciones para el almacenamiento y transporte según incompatibilidad de los residuos peligrosos. Requisitos para áreas de almacenamiento de residuos peligrosos.

Transporte	5	Responsabilidad de la empresa transportista de residuos peligrosos.
	7 y 10	Obligación de presentar su MIA y el formato de MRP ante la Sedesol.
	8	(VIII) Obligación del generador de RP de transportar dichos residuos en vehículos autorizados por la SCT, y bajo condiciones del reglamento.
	12	Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos.
	14	Condiciones para el transporte, según incompatibilidad de los residuos peligrosos.
	22	El transporte de los RP deberá realizarse conforme al Reglamento.
	23	El transportista deberá conservar el manifiesto de transporte de RP durante cinco años.
	25	Informe semestral que debe entregar el transportista de residuos peligrosos.
	26,27 y 29	Requisitos del transportista de residuos peligrosos.
	28	Prohibición de transporte de RP por vía aérea.
42	Derrames accidentales de RP durante su manejo.	
Reciclaje	5	Responsabilidad de la empresa recicladora de residuos peligrosos.
	7, 10 y 11	Presentación del MIA y del formato de MRP ante la Sedesol, por parte de la empresa de reciclaje.
	12	Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos.
	23	La empresa recicladora deberá conservar el manifiesto de transporte de RP durante 10 años.
	25	La empresa recicladora deberá entregar a la Secretaría un informe semestral sobre los residuos que hubiese recibido en dicho periodo.
	52	Solo se concederá la autorización de importación de RP cuando tengan por objeto su reciclaje o reuso en territorio nacional.
Incineración	5	Responsabilidad de la empresa de incineración de residuos peligrosos.
	7, 10 y 11	La empresa de incineración deberá presentar su MIA y su formato de MRP ante Sedesol.
	12	Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos.
	23	La empresa de incineración deberá conservar el manifiesto de transporte de RP durante 10 años.
	25	La empresa de incineración deberá entregar a la Secretaría un informe semestral sobre los residuos que hubiese recibido en dicho periodo.
	39	Incineración de bifenilos policlorados (BPC's).

Disposición final	5	Responsabilidad de la empresa en relación con la disposición final de los residuos peligrosos.
	7, 10 y 11	La empresa de disposición final deberá presentar su MIA y su formato de MRP ante la Sedesol.
	8	(X) El generador de RP deberá dar a éstos una disposición final adecuada, de acuerdo con el reglamento.
	12	Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos.
	23	La empresa de disposición final deberá conservar el Manifiesto de Transporte de RP durante 10 años.
	25	La empresa de disposición final deberá entregar a la Secretaría un informe semestral sobre los residuos que hubiese recibido en dicho periodo.
	30	Tratamiento de RP para su disposición final.
	31	Sistemas de disposición final de residuos peligrosos.
	32,33, 35, 36 y 37	Selección y operación de confinamientos controlados de residuos peligrosos.
	34	Entrega de un reporte mensual de residuos peligrosos.
	39	Prohibición de disposición final de BPC's.
	53	Prohibición de exportar RP para su disposición final si no se cuenta con autorización del estado receptor; no se permite la importación de los mismos para su disposición final.

NOTA: SEDESOL hoy SEMARNAP

Aspectos generales del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos*
Artículo 4 Compete a la Secretaría:

- I. Determinar y publicar en el DOF (Diario Oficial de la Federación) los listados de RP, así como sus actualizaciones, en los términos de la Ley.
- II. Expedir las Normas Oficiales Mexicanas y procedimientos para el manejo de los residuos materia de este reglamento, con la participación de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial; de Salud; de Energía, Minas e Industria Paraestatal; y de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- III. Controlar el manejo de los residuos peligrosos que se generan en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación producción, consumo, utilización, y de servicios.
- IV. Autorizar la instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.
- V. Evaluar el impacto ambiental de los proyectos sobre instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos y resolver sobre su autorización.
- VI. Autorizar al generador y a las empresas de servicios de manejo, para la realización de cualquiera de las operaciones de manejo de residuos peligrosos.
- VII. Autorizar la importación o exportación de RP, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.
- VIII. Expedir los instructivos, formatos y manuales necesarios para el cumplimiento del presente reglamento.
- IX. Fomentar y coadyuvar al establecimiento de las plantas de tratamiento a que hace referencia este reglamento y de sus líneas de comercialización; así como de empresas que establezcan plantas de reciclaje de RP generados en el país.
- X. Autorizar la construcción y operación de instalaciones para el tratamiento, confinamiento o eliminación de los residuos.
- XI. Establecer y mantener actualizado un sistema de información sobre la generación de los residuos materia del presente reglamento.
- XII. Fomentar que las asociaciones y colegios de profesionales, cámaras industriales y de comercio y otros organismos afines, promuevan actividades que orienten a sus miembros en materia de prevención y control de la contaminación ambiental originada por el manejo de los residuos de que se trata en este reglamento.
- XIII. Promover la participación social en el control de los residuos materia de este reglamento.
- XIV. Fomentar en el sector productivo y promover ante las autoridades competentes el uso de tecnologías que reduzcan la generación de residuos peligrosos.
- XV. Fomentar en el sector productivo y promover ante las autoridades competentes el desarrollo de actividades y procedimientos que coadyuven a un manejo seguro de los residuos materia de este reglamento y la difusión de tales actividades y procedimientos en los medios masivos de comunicación, y
- XVI. Las demás que lo confieren este reglamento y otras disposiciones legales.

*Consultar el Reglamento de la LGEEPA en materia de R.P. en el DOF (Nov. 25 de 1988)

Las atribuciones a que se refiere este artículo se ejercerán sin perjuicio de las disposiciones aplicables en materia de salud, sanidad fitopecuaria y aguas.

Artículo 5

Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del reglamento y de las Normas Oficiales Mexicanas que de él deriven, el generador de RP, así como las personas físicas o morales, públicas o privadas que manejen, importen o exporten dichos residuos.

Artículo 6

Para efecto de lo dispuesto en el artículo anterior, las personas físicas o morales, públicas o privadas que con motivo de sus actividades generen residuos, están obligadas a determinar si éstos son peligrosos.

Para la determinación de RP deberán realizarse las pruebas y el análisis necesarios conforme a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, y se estará al listado de RP que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial; de Salud; de Energía, Minas e Industria Paraestatal; de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de la Secretaría de Gobernación.

Artículo 14

Para el almacenamiento y transporte de RP, el generador deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad, y tomando en consideración su incompatibilidad con otros residuos en su caso, en envases:

- I. Cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad previstas en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, necesarias para evitar que durante el almacenamiento, operaciones de carga y descarga y transporte, no sufran ninguna pérdida o escape y eviten la exposición de los operarios al residuo.
- II. Identificarlos, en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas, con el nombre y características del residuo.

Artículo 38

El manejo de los bifenilos policlorados deberá sujetarse a lo dispuesto en el reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que para el efecto se expidan.

Artículo 39

Se prohíbe la disposición final de bifenilos policlorados, o de residuos que los contengan, en confinamientos controlados y en cualquier otro sitio. Estos residuos sólo podrán destruirse de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes bajo cualquiera de los siguientes métodos:

- I. Químicos catalíticos, en el caso de residuos con bajas concentraciones.
- II. Incineración, tratándose de residuos que contengan cualquier concentración.

Artículo 43

Sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes, la importación y exportación de los residuos determinados peligrosos en los términos de la Ley de este reglamento, requiere de autorización de la Secretaría, la cual estará facultada para intervenir en los puertos territoriales, marítimos y aéreos y, en general, en cualquier parte del territorio nacional, con el objeto de controlar los RP importados o a exportarse, así como para dictar y aplicar las medidas de seguridad que correspondan, tendentes a evitar la contaminación del ambiente y el deterioro de los ecosistemas.

Artículo 44

La autorización a que se refiere el artículo anterior se otorgará para cada volumen de importación o exportación de RP. En ella deberán indicarse los puertos terrestres, marítimos o aéreos por los que se permitirán dichas actividades, así como el tipo de transporte. Dicha autorización se otorgará en un término máximo de cinco días después de recibida de conformidad la solicitud.

Artículo 45

La solicitud para obtener la autorización de importación o exportación de RP deberá presentarse dentro de los cuarenta y cinco días hábiles anteriores a la fecha en que se pretenda realizar la operación de importación o exportación, cuando se trate de la primera operación, y cinco días hábiles en lo sucesivo, cuando se trate de un mismo residuo. Y deberá contener los siguientes datos y anexos:

- I. Nombre, denominación o razón social y domicilio de quien pretenda importar los residuos.
- II. Nombre, denominación o razón social y domicilio del exportador de los RP y del propietario de los mismos.
- III. Nombre, denominación o razón social y domicilio del o de los transportistas y los datos de identificación de los vehículos a ser utilizados, incluyendo el modo de transportación y el tipo de contenedor a utilizar;
- IV. Nombre, denominación o razón social y domicilio del destinatario de los RP, lugar donde se les procesará, diagrama de flujo y descripción del proceso de reciclaje o reuso que se les dará y utilización lícita de la que serán objeto;
- V. Lista, composición y cantidad detallada de los RP que se pretenda importar o exportar.
- VI. Lugar de partida y destino de los transportes a utilizar y ruta que seguirá;
- VII. Puerto terrestre, marítimo o aéreo por donde se solicita el ingreso o salida de los RP en los casos de importación o exportación, respectivamente.
- VIII. Certificación de las autoridades competentes del país de procedencia, que indique el grado de peligrosidad de los residuos y los requisitos a cuyo cumplimiento se sujetará la autorización de exportación otorgada por las autoridades de dicho país y las medidas de protección.
- IX. Copia de la documentación en trámite para obtener la autorización del país de destino, en caso de exportación de los RP o la de origen cuando se trate de importación, traducida al español y debidamente certificada o legalizada.
- X. Descripción del proceso de generación de los RP y características del residuo que queda después del reciclaje;
- XI. Relación detallada de otras autorizaciones, permisos o requisitos que estén tramitando o hayan de ser satisfechos ante otras autoridades nacionales competentes, en cumplimiento de

otras leyes, reglamentos o disposiciones aplicables a la importación o exportación de que se trate, y

XII. Descripción de las medidas de emergencia que se tomarán en caso de derrames en tránsito.

Artículo 46

La persona física o moral que obtenga la autorización para importar o exportar RP, deberá estar domiciliada en el país y sujetarse a las disposiciones aplicables.

Artículo 47

Previamente al otorgamiento de la autorización, la Secretaría fijará el monto y vigilancia de las finanzas, depósitos o seguros tanto nacionales como en el extranjero, que el solicitante deberá otorgar para garantizar el cumplimiento de los términos y condiciones de la propia autorización y de las leyes, reglamentos y demás disposiciones aplicables, así como para la reparación de daños que pudieran causarse aún en el extranjero, a fin de que los afectados reciban la reparación que les corresponda.

Artículo 48

Las autoridades nacionales que deban intervenir en el otorgamiento de permisos o autorizaciones en relación con la importación o exportación de RP, requerirán la previa autorización de la Secretaría a que se refiere este capítulo, la cual tendrá obligación de exhibir el solicitante de dichos permisos o autorizaciones.

Artículo 49

La autorización que conceda la Secretaría tendrá una vigencia de noventa días naturales a partir de su otorgamiento. Dicha vigencia podrá ser prorrogada si a juicio de la Secretaría existen motivos para ello.

Una vez efectuada la operación de importación o exportación respectiva, deberá notificarse a la Secretaría, dentro de los quince días naturales siguientes a la fecha en que éste se hubiera realizado.

Artículo 50

Queda prohibida la importación o exportación de los residuos peligrosos por la vía postal, en los términos del Artículo 15, fracción II de la Ley de Servicio Postal Mexicano.

Artículo 51

No se concederá autorización, para el tránsito de RP por el territorio nacional, provenientes del extranjero y con destino a un tercer estado, si no se cuenta para ello con el consentimiento expreso del Estado receptor, lo que deberá comprobarse al tramitarse la solicitud para el tránsito respectivo, y siempre que exista reciprocidad con el estado de que se trate.

Artículo 52

Sólo se concederá la autorización para la importación de residuos peligrosos cuando tenga por objeto su reciclaje o reuso en el territorio nacional, en los términos de lo dispuesto por este reglamento y en las normas técnicas ecológicas respectivas.

Artículo 53

Sólo se concederá autorización para la exportación de residuos peligrosos cuyo único objeto sea su disposición final en el extranjero, si no se cuenta para ello con el consentimiento expreso del Estado receptor, lo que deberá comprobarse al tramitarse la solicitud para la exportación respectiva.

Asimismo, no se concederá autorización para la importación de residuos peligrosos, cuyo único objeto sea su disposición final en el territorio nacional.

Artículo 54

Aún cuando se cumplan los requisitos de la solicitud, la Secretaría podrá negar la autorización si considera que los RP por ningún motivo deben ser importados o exportados, por el alto riesgo que implica su manejo para el ambiente y los ecosistemas.

Artículo 55

Los RP generados en los procesos de producción, transformación y elaboración bajo régimen de maquila en los que utilicen materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal, deberán ser retornados al país de procedencia.

Artículo 56

Las autorizaciones podrán ser revocadas por la Secretaría, sin perjuicio de la imposición de la sanción que corresponda, en los siguientes casos:

- I. Cuando por causas supervinientes, se compruebe que los residuos autorizados, constituyen mayor riesgo o daño al ambiente, o deterioro a los ecosistemas, que los que se tuvieron en cuenta para otorgar la autorización.
- II. Cuando la operación de importación o exportación exceda o incumpla los requisitos fijados en la autorización respectiva.
- III. Cuando los RP ya no se posean los atributos o características conforme a los cuales fueron autorizados, y
- IV. Cuando se determine que la solicitud contenía datos falsos o engañosos.

Artículo 57

Al que sin contar con la autorización de importación de la Secretaría introduzca en territorio nacional residuos peligrosos estará obligado, sin perjuicio de las sanciones que procedan, a retornarlos al país de origen.

ANEXO 4

Normas Oficiales Mexicanas sobre residuos peligrosos (solo se van a mencionar ya que son extensos)*

La LGEEPA prevé la expedición de Normas Técnicas Ecológicas (NTE's) en las que se establezcan requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deben observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes; que causen o puedan causar desequilibrios a los ecosistemas o al medio en general; y que además permitan uniformar principios, preceptos, políticas y estrategias de conservación y restauración de los recursos naturales. Por tal razón, para regular la gestión de los RP se publicaron siete NTE's entre 1988 y 1989, las cuales fueron derogadas y transformadas en la NOM el 22 de octubre de 1993, como se dijo anteriormente.

Normas Técnicas Ecológicas derogadas en 1993*

NTE-CRP-001/88

Establece los criterios para determinar los RP y el listado de los mismos (DOF, 6 de junio de 1988).

NTE-CRP-002/88

Establece los procedimientos para efectuar la prueba de extracción mediante la cual se determinan los constituyentes que hacen peligroso a un residuo (DOF, 14 de diciembre de 1988).

NTE-CRP-003/88.

Establece la incompatibilidad entre dos o más RP (DOF, 14 de diciembre de 1988).

NTE-CRP-008/88.

Establece los requisitos que debe tener un confinamiento para RP, exceptuando los radioactivos (DOF, 6 de junio de 1988).

NTE-CRP-009/88

Establece los requisitos técnicos para diseñar y construir las obras complementarias controlado para RP (DIF, 8 de diciembre de 1989).

NTE-CRP-010/88.

Establece los requisitos que deben observarse para diseñar, construir y operar las celdas de confinamiento controlado para RP (DOF, 14 de diciembre de 1988).

NTE-CRP-011/88.

Establece los requisitos para operar un confinamiento controlado de RP, (DOF, 13 de diciembre de 1989).

Normas Oficiales Mexicanas para residuos peligrosos*

NOM-052-ECOL-93

Establece las características de los RP, el listado de los mismos y los límites que hacen a un RP por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-ECOL-93

Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-ECOL-93

Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana 052-ECOL-93

NOM-055-ECOL-93

Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de RP, excepto los radiactivos.

NOM-056-ECOL-93

Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-057-ECOL-93

Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-058-ECOL-93

Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

*Para mayor información consultar el DOF (Octubre 22 de 1993)

Norma Oficial Mexicana (NOM-052-ECOL-93). Establece las características de los RP, el listado de los mismos y los límites que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente (DOF, octubre 22 de 1993)

1. Objetivo. Determinar cuáles residuos deben considerarse peligrosos; dar a conocer un listado de los mismos y un listado de sus componentes tóxicos y de sus concentraciones máximas permitidas.
2. Aspectos esenciales. Se tomará como base para determinar la peligrosidad o no peligrosidad de los residuos que éstos se encuentren comprendidos en los listados de la Norma Oficial Mexicana:
 - a) "Clasificación de RP por giro industrial y proceso" (Anexo 2 de esta Norma).
 - b) "Clasificación de residuos por fuente no específica" (Anexo 3 de esta Norma).
 - c) "Clasificación de residuos de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas" (Anexo 4 de esta Norma).
 - d) "Clasificación de residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas" (Anexo 4); o bien que
 - e) Los residuos presenten una o más de las características denominadas CRETIB; es decir, que sean corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, y/o estén considerados como biológico-infecciosos (figura A de esta Norma).

Las características CRETIB del residuo se obtienen al hacer un análisis físico-químico-biológico, conforme al inciso 5.5 de la presente norma.

- Un residuo que no se encuentre clasificado en las tablas de los Anexos 2-4 se considera peligroso si presenta una o más de las características especificadas de acuerdo a las condiciones de medición establecidas en el inciso 5.5 (figura B de esta Norma).
- Un residuo que cumpla con los criterios a), b), c) y d), pero que no exceda los límites establecidos para ninguna de las características indicadas en el punto e), podrá ser exceptuado de ser considerado residuo peligroso a criterio de la Secretaría de Desarrollo Social.
- En caso de que un residuo se determine como peligroso, el generador tendrá que cumplir con lo estipulado en el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos. NOTA: para mayor información sobre los listados a los que se hace referencia consultar los anexos 2, 3, 4 y 5 de esta Norma.

Figura A. Características de los residuos peligrosos según su clave CRETIB

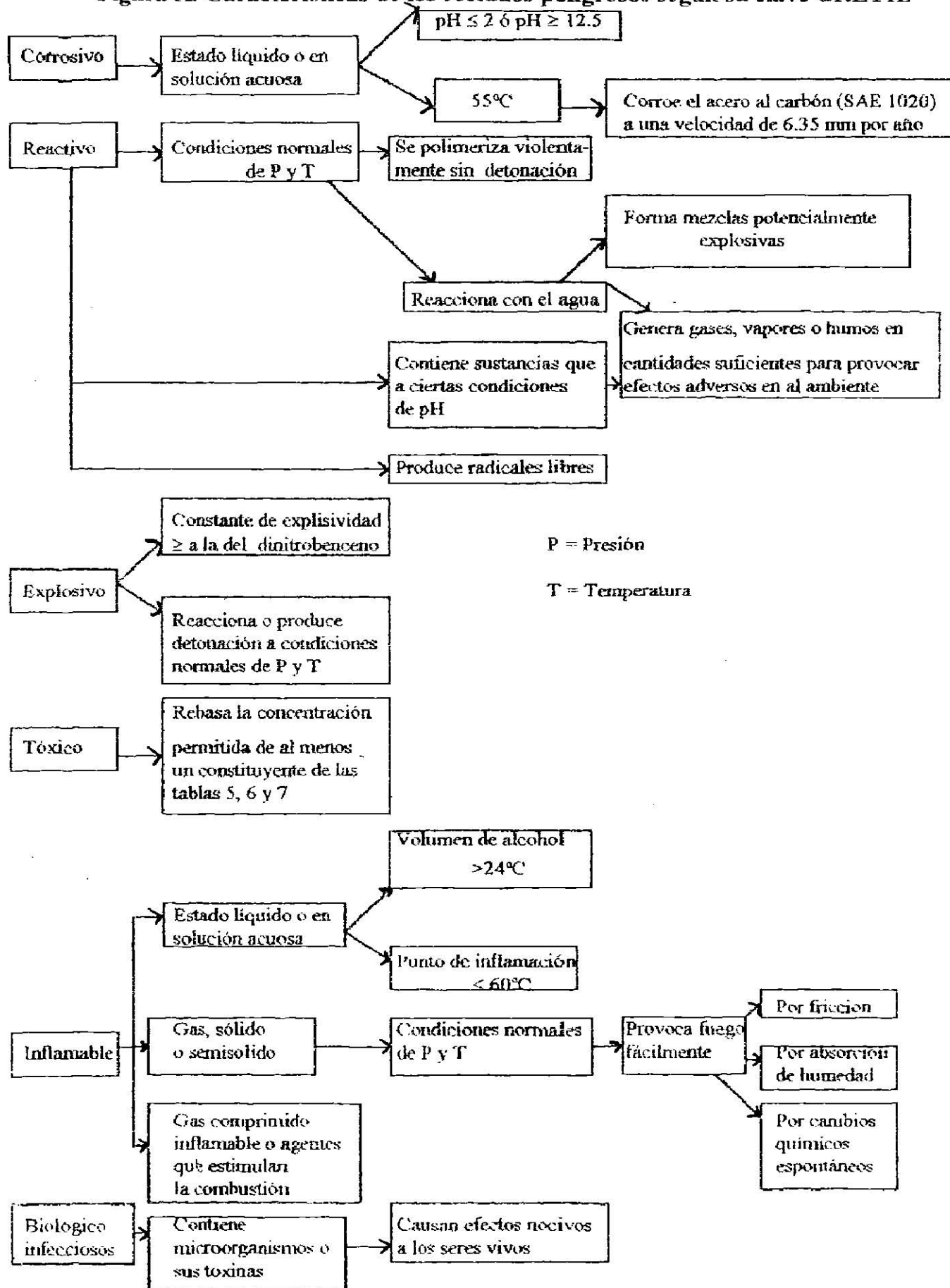
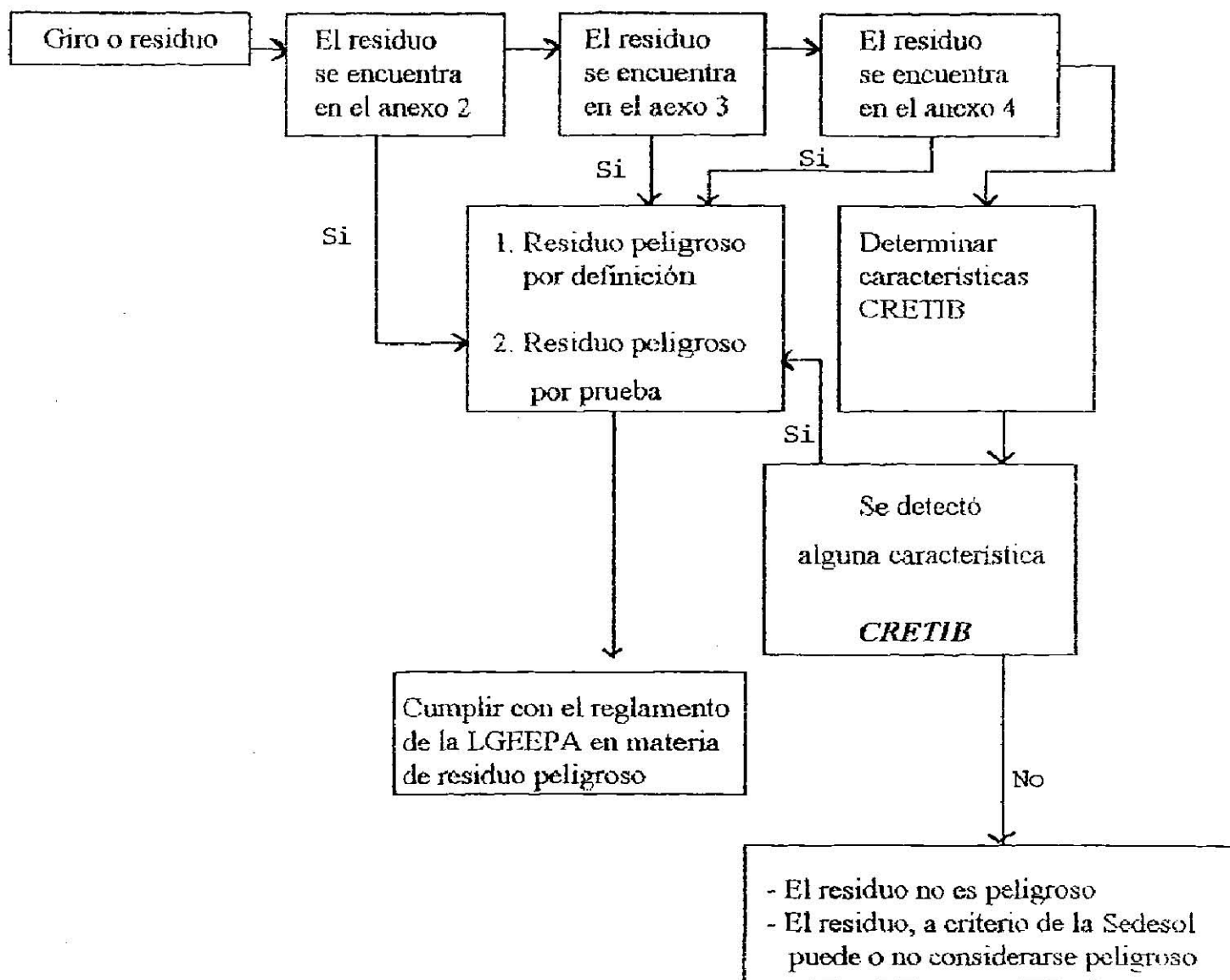


Figura B. Método de identificación de residuos peligrosos



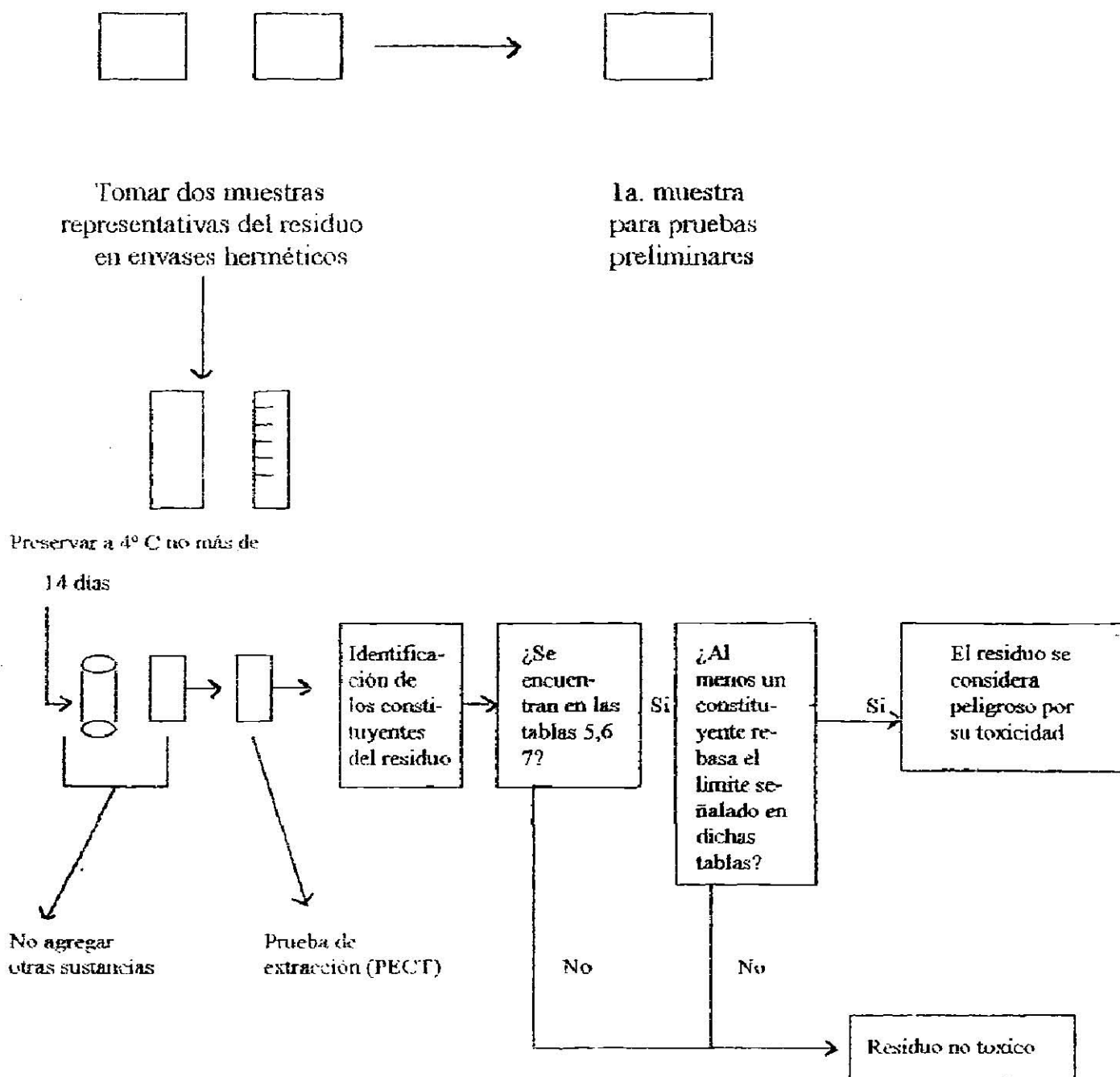
Norma Oficial Mexicana (NOM-053-ECOL/93). Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (DOF, octubre 22 de 1993).

1. **Objetivo.** Dar a conocer el procedimiento oficial para preparar las muestras de residuos que se someterán a análisis para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad (figura C de esta Norma).
2. **Aspectos esenciales.** Se toman dos muestras representativas del residuo, en los términos que marca la NOM aplicable. La primera muestra se emplea para las pruebas preliminares; la segunda se utiliza para la prueba de extracción.

Condiciones para la prueba de extracción

- Las muestras y los extractos deben ser preparados para el análisis en un plazo que no rebase los 14 días; además deben ser preservados a una temperatura de 4°C.
- En caso de compuestos volátiles, las muestras deberán ser recolectadas y preservadas de modo que se prevenga la pérdida de éstos.
- En ningún caso se deben agregar otras sustancias a la muestra para preservarla antes de la extracción.
- La prueba de extracción se elabora con aparatos y materiales adecuados, comparando las concentraciones de los constituyentes que determinan la toxicidad del residuo analizado, de acuerdo con las tablas 5, 6 y 7 del anexo 5, señaladas en la NOM-052-ECOL/93.
- Si al menos un constituyente de dicha tabla rebasara la concentración máxima permitida, el residuo se considerará como tóxico por su prueba.

Figura C. Metodología para la prueba de extracción a fin de determinar la toxicidad de los residuos peligrosos



PECT.- Prueba de extracción de constituyentes tóxicos

Norma Oficial Mexicana (NOM-054-ECOL-93). Establecer el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-93 (DOF, octubre 22 de 1993).

1. **Objetivo.** Esta norma pretende proporcionar un mecanismo que permita identificar fácilmente cuándo dos o más residuos no deben mezclarse, ya que pueden ocasionar daños a la salud y al ambiente.
2. **Aspectos esenciales.** Para determinar la incompatibilidad entre los RP se incluyó a éstos en diversos grupos reactivos enlistados en los anexos de la Norma y se elaboró un código de reactividad que describe las consecuencias de que dichos grupos de residuos reaccionen entre sí. Como base en esta información se construyeron tablas de incompatibilidad en las que se puede consultar el comportamiento de pares de grupos reactivos en las casillas en las que éstos se interceptan.

Ejemplo: Si se tiene un residuo que contenga nitruros (número 25 de la lista de grupos reactivos) y otro residuo que contenga aldehídos (número 5 de la lista de grupos reactivos), al intersectar ambos grupos en la tabla de incompatibilidad (figura D), se cae en la casilla que contiene las letras gfH. Esto significa, según el código de reactividad, que si se mezclan esos residuos se generarán gases inflamables (gf) y calor, por reacción química (H); por tanto, los residuos son incompatibles.

Figura D. Tabla de incompatibilidad

No	Reactividad nombre del grupo										
1	Ácidos minerales no oxidantes	1									
...			2								
...				3							
...					4						
5	Aldehídos					5					
...							6				
...								...			
25	Nitruros					gfH				25	
...											...
107	Sustancias reactivas al agua										107

Código de Reactividad

Consecuencias de la reacción

H	Genera calor por reacción química
F	Produce fuego por reacciones exotérmicas violentas y por ignición de mezclas o de productos de la reacción
G	Genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura de los recipientes cerrados
gt	Genera gases tóxicos
gf	Genera gases inflamables
E	Produce explosión debido a reacciones extremadamente vigorosas o suficientemente exotérmicas para detonar compuestos inestables o productos de reacción.
P	Produce polimerización violenta, generando calor extremo y gases tóxicos e inflamables.
S	Solubilización de metales y compuestos tóxicos.
D	Produce reacción desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible la mezcla de los residuos correspondientes a este código, hasta que se determine la reacción específica.

Norma Oficial Mexicana (NOM-055-ECOL-93) Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de RP, excepto los radioactivos (DOF, octubre 22 de 1993).

1) Objetivo

Sentar las bases para una elección adecuada de los sitios que serán destinados a confinamientos controlados de RP (excepto radioactivos), con el fin de reducir los riesgos de contaminación ambiental.

2) Aspectos esenciales

Los requisitos que debe reunir el sitio destinado a confinamiento controlado son los siguientes:

- Geohidrológicos
 - Evitar la conexión con acuíferos, de preferencia; en caso de encontrarse en las cercanías de un acuífero, el sitio debe estar ubicado a una distancia tal que no permita la filtración de cualquier elemento contaminante.
 - Tener un tiempo de flujo de la superficie al manto freático mayor a 300 años.
- Hidrología Superficial
 - Ubicarse fuera de las llanuras de inundación.
 - Situarse en un desnivel de al menos 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes.
 - Encontrarse por lo menos a 500 metros alejado longitudinalmente a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial.
- Ecológicas
 - Ubicarse fuera de las zonas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de las zonas consideradas como patrimonio cultural, así como de las áreas donde se encuentren especies animales y vegetales protegidas.
- Climáticos
 - Ubicarse en áreas donde se evite que los vientos dominantes puedan transportar emanaciones a centros de población.
 - Tener una precipitación media anual en el sitio menor a los 2 000 milímetros.
- Sísmicos
 - Ubicarse en zona asísmica
 - De no cumplirse la condición de asísmica, el riesgo sísmico debe ser mínimo (menor a cuatro sismos mayores de 7° Richter en los últimos 100 años).
- Topográficos
 - Tener una pendiente media de terreno natural no menos de 5% ni mayor de 30%.
 - El terreno debe estar protegido de la erosión hídrica y eólica.
 - El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad.

Nota: Esta Norma se explicó completamente con anterioridad.

Nombra Oficial Mexicana (NOM-056-ECOL-93) Establece los requisitos para diseñar y construir las obras complementarias de un confinamiento controlado de RP (DOF, octubre 22 de 1993).

1) Objetivo:

Identificar las instalaciones, áreas, servicios y otros elementos con los que deben contar los confinamientos controlados de RP para su operación adecuada y dar a conocer los requisitos para su diseño y construcción.

2) Aspectos esenciales:

- **Áreas de acceso y espera.**- Tienen como función controlar entradas y salidas del personal y/o los vehículos. Deberán tener las dimensiones y capacidad adecuada para estacionar los vehículos que transporten residuos peligrosos.
- **Cerca perimetral y de seguridad.**- Se establecen las dimensiones y los materiales a utilizar para las cercas.
- **Caseta de vigilancia.**- Debe tener un área mínima de 4 m cuadrados.
- **Caseta de pesaje y báscula.**- La báscula -por lo menos de una capacidad de 60 ton -debe ubicarse en una caseta techada, con una superficie mínima de 16 m²; su instalación debe apegarse a las especificaciones del fabricante.
- **Laboratorios.**- Debe contar con los elementos necesarios para verificar la composición y características de los residuos, así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas e campo.
- **Caminos.**- Se establece las especificaciones que deben de tener los caminos tanto interiores como exteriores, tomando en cuenta el tipo de terreno, la pendiente, la carga, los materiales, etc.
- **Área de almacenamiento temporal.**- Está destinada a recibir RP cuando no haya celdas disponibles o cuando no sea posible realizar el confinamiento en forma inmediata. Debe tener una capacidad mínima de siete veces el volumen promedio de RP que se recibe por día.
- **Área de emergencia temporal.**- Está destinada a recibir RP que provengan de una contingencia o que deban estabilizarse antes de su depósito.
- **Área de limpieza.**- Está destinada al aseo de vehículos de transporte, equipos y materiales usados en la operación del confinamiento.
- **Drenaje.**- Se dan las especificaciones a seguir para la construcción tanto del drenaje interior como del exterior.
- **Instalación de energía eléctrica.**- Debe satisfacer las necesidades de iluminación de las áreas, así como el funcionamiento de los equipos y maquinaria que lo requieran (interior y exterior). El confinamiento deberá contar además con una fuente de energía eléctrica para emergencias.
- **Señalamientos.**- Deben ser de tres tipos: informativos, preventivos y restrictivos. Se instalarán en áreas de acceso, zonas restringidas, andadores y caminos.
- **Pozos de monitoreo.**- Se dan las especificaciones para construir los pozos para el monitoreo de lixiviados y aguas subterráneas; de manera que sea posible verificar que no existan fugas de líquidos en los confinamientos.
- **Área de amortiguamiento.**- Debe tener por lo menos 12 m de ancho.
- **Taller de mantenimiento.**- Debe dar mantenimiento a maquinaria pesada y vehículos.
- **Área administrativa.**- Debe contar con espacio suficiente para la instalación de oficinas.
- **Servicio de primeros auxilios.**- De contar con un servicio de primeros auxilios, necesarios conforme a las disposiciones legales aplicables.
- **Servicio de sanitario.**- Se instalarán conforme a las disposiciones legales aplicables.
- **Colocación de accesos.**- Se ubicarán a sotavento.(lado opuesto de la dirección del viento).

Norma Oficial Mexicana (NOM-057-ECOL-93) Establece los requisitos que deben observarse al diseñar, construir y operar celdas de un confinamiento controlado para RP (DOF, octubre 22 de 1993).

1) Objetivos

Determinar los requisitos para el adecuado diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para RP, con el fin de evitar en lo posible contaminación de los mantos freáticos, así como del ambiente en general.

2) Aspectos esenciales

a) Celdas

- Las celdas de un confinamiento controlado deben ser impermeables; contar con sistemas para captar lixiviados; y de venteo de gases (en caso necesario). Deben tener muros con grosor y resistencia adecuados; la estructura de los taludes y el fondo deben ser resistentes.
- En la celda sólo se podrán depositar los RP enlistados en la norma NOM-052-ECOL-93, tales como los RP compatibles, los estabilizados y, de ser a granel, tener un porcentaje de agua menor a 30%: (si el contenido de agua es mayor a este porcentaje deberán ser envasados previamente). No se pueden depositar RP con contenido de aceite mayor a 5% o con trazas de aceite y más de 25% de humedad.

b) sistemas de Captación de Lixiviados (SCL)

- Los SCL deben contar con: colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo que formen un sistema de drenaje impermeable, resistente y eficiente. Debe existir un SCL por cada 500 m² de celda.

- El cárcamo debe poder almacenar los lixiviados y la precipitación pluvial promedio del sitio y se monitoreará adecuada y constantemente.

c) Sistema de Venteo (SV)

- Debe existir un SV por cada 300 m² de celda. El diámetro de los conductos y la altura de los subcolectores de captación de gases estarán predeterminados según la norma.

d) Cubierta (c)

- La cubierta no podrá ser construida con suelos contaminados por residuos peligrosos.

e) Operación

- Se depositarán RP a granel y envasados en diferentes frentes libres de lixiviados. Los envasados se depositarán en grupos. Los RP a granel deben compactarse periódicamente. No se operarán las celdas en caso de precipitación pluvial. Se verificará la existencia de lixiviados continuamente, extrayéndolos y tratándolos. No circulará equipo mecánico con peso mayor de 10 ton sobre las celdas de confinamiento controlado con RP envasado.

f) Equipo de Protección

- Los operarios deben utilizar equipo de protección adecuado.

Norma Oficial Mexicana (NOM-058-ECOL-93) Establece los requisitos para operar un confinamiento controlado de RP (DOF, octubre 22 de 1993).

1) Objetivo

Determinar los requisitos para operar un confinamiento controlado para RP con el fin de contar con un adecuado sistema de control, manejo y registro, así como las especificaciones necesarias para su disposición en dicho sitio (figura E de esta Norma).

2) Aspectos esenciales

a) Registro

- Deberá contarse con una bitácora foliada para registrar las entradas y salidas de residuos peligrosos; así como libros de registro de pesaje y de laboratorio.

b) Operación

- El transportista deberá contar con los manifiestos correspondientes y presentarlos para verificar que los residuos correspondan con lo especificado en dichos documentos.

c) Pesaje

- Deberá verificarse que el peso de los residuos a tratar corresponda lo señalado en los manifiestos.

d) Análisis

- Todo residuo peligroso debe ser muestreado, analizado y clasificado.

e) Tratamiento

- Los residuos peligrosos deberán ser tratados para asegurar su estabilización y reducir su peligrosidad y riesgo de fuga.

f) Asignación del área y celdas de confinamiento:

- Los RP deberán ser depositados de forma inmediata en el área y la celda, tomando en cuenta sus características CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, y/o estén considerados como biológico-infecciosos).

g) Cierre de la celda

- Las celdas de confinamiento cuya capacidad haya sido alcanzada deberán cubrirse y contar con una placa de identificación.

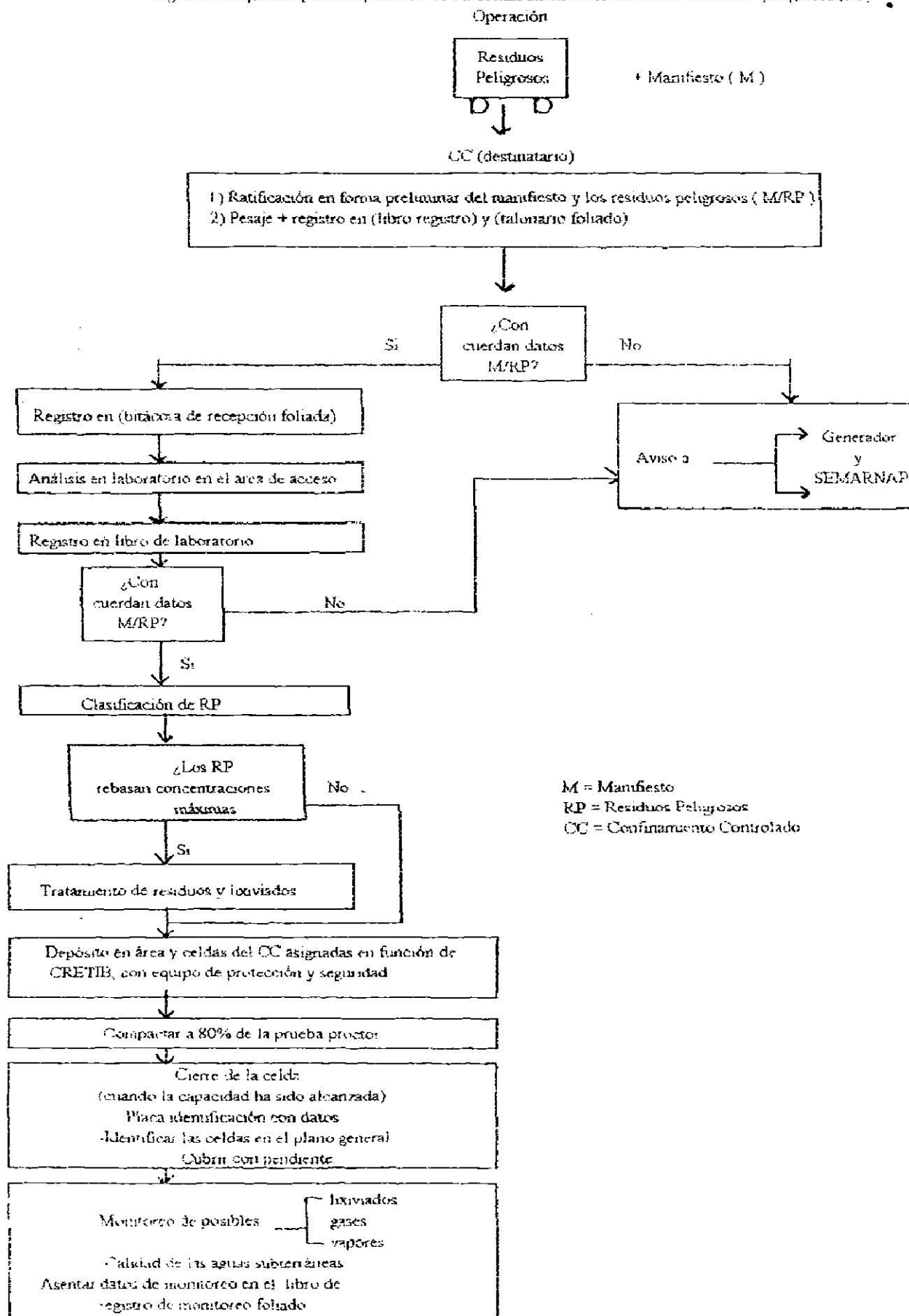
h) Monitoreo

- El responsable llevará a cabo una revisión permanente en los pozos de monitoreo y sistemas de venteo para detectar emisiones de gases y lixiviados.

i) Obras complementarias

- Caminos interiores circulables a velocidad permitida.
- Drenajes en buen estado
- Señalamientos visibles e iluminación adecuados.
- El área de emergencia se utilizará para recibir en el confinamiento residuos en forma temporal y extraordinaria que provengan de alguna contingencia.

Figura E Requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos (RP)



Nota: Para mayor información de los NOM consultar el DOF (Octubre 22 de 1993)

