

50322
2



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

CARACTERIZACION CRETIB DE RESIDUOS DEL GIRO
METALURGICO, SU RELACION CON LOS PARAMETROS
FISICOS Y QUIMICOS DEL SUELO Y DESARROLLO DE
PRUEBAS DE PRETRATABILIDAD, EN UN SITIO DEL
ESTADO DE HIDALGO, MEXICO.

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
MIGUEL ANGEL } ALMARAZ PIMENTEL

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. LOURDES A. CASTILLO GRANADA



Unidad en la diversidad
Zaragoza Fresca al Siglo XXI

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El presente trabajo se desarrolla en el Laboratorio de Proyectos Ambientales de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, bajo la dirección de la M. en C. Lourdes Castilla Granada, en colaboración con el consejo Estatal de Ecología - Gobierno del Estado de Hidalgo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B

A Mis Padres

*Ma. Trinidad Pimentel Méndez
Armando Almaraz Alvarado*

Por que con su esfuerzo nos enseñaron a luchar, a salir adelante y a concluir lo que iniciamos, con la calidad humana que nos han inculcado en toda ocasión, agradezco su apoyo, comprensión, cariño y la mejor herencia que jamás nadie haya recibido, el don de la sabiduría.

A Mis Hermanos

Ma. Guadalupe, Armando, Emma, Alicia y Natividad.

Por la unión que hemos tenido hasta el momento, apoyo, comprensión y cariño que nos han caracterizado en todo momento, comparto con ustedes este trabajo que más que ser personal, es de todos nosotros.

A Mis Sobrinos

Erikca, Mónica, Alejandro, Selene, Oscar y Edgar.

Esperando que aprovechen las oportunidades que sus padres les brindan para ser cada día mejor, crecer como persona y saber diferenciar entre el bien y el mal.

A Mis Cuñados

Que en toda ocasión me han brindado su apoyo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A Mi Querida Esposa

Con quien he compartido muchos momentos dulces y amargos, los cuales nos han unidos como pareja, esperando poder seguir contando con tu apoyo.

A Rosa Y Mario

Que me han brindado su apoyo y comprensión.

A Mi directora de tesis M.EN C. Lourdes A. Castillo Granada

Por brindarme su amistad comprensión y cariño, así como su tiempo y experiencia para la realización de este trabajo, esperando no defraudarla.

A Mis Asesores

Biol. Marícela Arteaga Mejía
Biol. Joel Romero Carmona.

Sabiendo que no tengo palabras para agradecer todo el esfuerzo, conocimiento y tiempo que han invertido en mi educación.

A Mis Amigos

Alfredo y Rosa Icela

Por creer en mi y ser parte de mi esfuerzo, honrarme con su amistad y cariño en todo momento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A La UNAM.

Por haberme brindado la oportunidad de estudiar dentro de sus instalaciones una carrera profesional al nivel de cualquier otra universidad.

Agradezco a dios por haberme brindado la fuerza y la entereza necesaria para llegar hasta el final

INDICE

1.	Resumen	1
2.	Introducción	3
3.	Marco teórico	4
3.1	Antecedentes	4
3.2	¿Por qué han adquirido tanta importancia?	4
3.3	Generación de residuos peligrosos	6
3.4	Efecto de los metales pesados	7
3.5	Transporte atmosférico de sustancias contaminantes	7
3.6	Factores internos	8
3.7	Toxicidad de los metales	8
3.8	Residuos peligrosos en México	11
3.9	Extracción mineral	11
3.10	Disposición final de residuos peligrosos	11
3.11	Rutas de exposición completas de los residuos peligrosos	13
3.12	Aspectos geohidrológicos	14
3.13	Condicionantes	15
3.14	Aspectos de hidrología superficial del sitio de confinamiento	15
3.15	Aspectos climáticos	15
3.16	Propiedades físicas y químicas del suelo	16
3.16.1	pH del suelo	16
3.16.2	Textura del suelo	16
3.16.3	Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)	18
3.16.4	Materia orgánica	21
3.16.5	Densidad	24
3.16.6	Conductividad eléctrica	24
3.16.7	Estructura y porosidad	25
4.	Marco jurídico en materia de residuos peligrosos	25
4.1	Aspectos legales de los residuos peligrosos en México	25
4.2	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Sección V Evaluación de impacto ambiental	27
4.3	Código penal para toda la república	28
4.4	Delito ambiental	28
4.5	Reglamento en materia de residuos peligrosos	29
4.6	Normas Oficiales Mexicanas	30
5.	Descripción de la zona de trabajo	31
5.1	Localización	31
5.2	Historia del sitio	32
5.3	Geomorfología y geología	34
5.4	Clima	35
5.5	Suelo	35
6.	Hipótesis	36
7.	Objetivos	37
7.1	Objetivo general	37
7.2	Objetivos Particulares	37

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.	Metodología	38
8.1	Fase de campo	38
8.2	Fase de laboratorio	39
9.	Resultados	40
9.1	Resultados físicos y químicos de la muestra superficial del suelo del sitio de estudio (Bojha)	40
9.2	Prueba CRETIB	41
9.3	Resultados totales de metales en el suelo	44
10.	Análisis de resultados	50
11.	Conclusiones	51
12.	Recomendaciones	51
13.	Bibliografía	53
14.	Anexos	56

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. RESUMEN

La gran importancia que tiene la protección al ambiente para la conservación de los ecosistemas y la salud pública hace primordial el control y manejo adecuado de los Residuos Peligrosos producto de los procesos de producción. Debido a la diversidad de procesos y materias primas con los que trabaja la industria instalada, los residuos que genera presenta una gran variedad de características, desde las que no se consideran riesgos para la salud y el ambiente, hasta las muy peligrosas. El factor de mayor relevancia dentro del problema lo constituye la falta de control en cuanto al manejo de estos desechos.

En el poblado de Bojha, municipio de El Arenal, Hidalgo, se ubica un predio que ha sido utilizado como depósito clandestino de desechos generados en la industria metal-mecánica, dando origen a un foco latente de contaminación. En el presente trabajo se realizó la caracterización CRETIB de suelo empleado para disponer desechos provenientes de la industria metal-mecánica y su relación con los parámetros físicos y químicos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-93 **(QUE ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS, EL LISTADO DE LOS MISMOS Y LOS LIMITES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE).**

La normatividad respecto a los residuos peligrosos y actividades que los involucran es, en diversos aspectos incompletas, principalmente en los métodos para el análisis químico, lo que trae como consecuencia, que aunque se cuente con un marco regulatorio apropiado para su caracterización, no se dispone de un programa de verificación del cumplimiento de la regulación correspondiente, que nos permita conocer que tipo de residuos se generan y proponer alternativas en su tratamiento y disposición final para que de esta manera se cumpla con lo que marca la normatividad emitida en fecha reciente (PUMA, 1993).

La tecnología para estabilizar completamente todo tipo de Residuos Peligrosos no existe actualmente. La contaminación provocada por ellos es un problema a nivel mundial, las características de los residuos peligrosos son propias de cada país y, por tanto, se debe definir cuales son los sistemas de manejo más adecuados de acuerdo a su naturaleza. Un aspecto que debe tenerse presente al considerar las implicaciones de la generación de Residuos Peligrosos es que nuestro planeta es un espacio cerrado con dimensiones fijas y capacidades limitadas de asimilación, de manera que todos los contaminantes y residuos que se vierten al ambiente, permanecerán de una u otra forma en él, a pesar de que al ser transportados por el agua o el aire pudieran perderse de vista.

Los constituyentes de los residuos peligrosos pueden disolverse en agua, penetrar y migrar a través de los suelos y alcanzar los mantos freáticos, acuíferos subterráneos y transferirse a lo largo de los niveles tróficos hasta llegar de nuevo al ser humano. También pueden mobilizarse por el aire y dar lugar a exposiciones por inhalación y absorción dérmica (Fernández, 1992).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tradicionalmente la industria ha depositado sin control los residuos en terrenos en forma clandestina, dando lugar a episodios de intoxicación de la población expuesta accidentalmente a ellos.

En el presente trabajo se realizó la identificación de la fuente, la cual se define como el área de disposición o tiradero clandestino, pozas de inyección, equipo de protección personal para el manejo de materiales, zanjas para desechos, etc.

Se identificó el sitio como una fuente de contaminación única o múltiples fuentes (ej, más de una de estas fuentes únicas). Se realizó la identificación de residuos peligrosos, que presenten una o más de las siguientes características.

- Corrosividad.
- Reactividad.
- Explosividad.
- Toxicidad.
- Inflamabilidad.
- Biológico infeccioso.

Con base en la **NOM-053-ECOL-1993, QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE EXTRACCIÓN PARA DETERMINAR LOS CONSTITUYENTES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE.**) publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha 22 de octubre de 1993.

De acuerdo a los resultados generados en este trabajo se concluye que la zona de estudio representa un peligro para la salud pública, debido a que existen evidencias de determinados contaminantes no considerados en el estudio CRETIB, pero se desconoce su radio de afectación y el lapso de tiempo en que ha estado en contacto la población con los residuos analizados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y biológicos, los residuos son considerados como peligrosos por el giro industrial de acuerdo a la NOM-053-ECOL-1993 y por los valores encontrados para Hierro (23 343.75 mg Kg⁻¹ de suelo), Cobre (1229.0 mg Kg⁻¹ de suelo) y Zinc (1419.06 mg Kg⁻¹ de suelo).

Los resultados obtenidos se correlacionaron con los parámetros del suelo, los cuales nos indican que la presencia de arcillas es un factor fundamental que evita la migración de los lixiviados generados por los residuos peligrosos.

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial de México a partir de la década de los cuarenta, ha experimentado un impulso notable, debido principalmente a las políticas de sustitución de importaciones y al apoyo en la creación de nuevas industrias en todos los ramos. Asimismo, el crecimiento demográfico de nuestro país se ha mantenido durante varios años como uno de los primeros a nivel mundial.

Estas circunstancias orillaron a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales mediante diversas actividades productivas, como son las agrícolas, altamente tecnificadas, generación de energía, vías de comunicación, industriales, extractivas, turísticas, acuicultura y aprovechamientos forestales, entre otras.

Este desarrollo, si bien ha traído innumerables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en consideración su repercusión en el entorno nacional. En este aspecto se ha descuidado, en muchos casos con serias consecuencias, la calidad del ambiente por falta de control a que deben estar sujetos todos los residuos que se generan en los diversos procesos industriales, de igual manera el aire, agua y suelo que entran en contacto con estos residuos corren el riesgo de contaminarse (PUMA, 1993).

Dentro de la política ambiental establecidos en la LGEEPA se pueden encontrar instrumentos dedicados a la preservación y protección de los recursos naturales e impulsar las estrategias que permitan alcanzar su sustentabilidad como son los reglamentos Federales, Estatales y Municipales al mismo tiempo que se comenzaban a proyectar las Normas Oficiales Mexicanas por medio de las cuales se busca regular lo mejor posible todos los tipos de efectos que pudieran darse a nivel ambiental y en los procesos, hasta hoy, existentes para identificar y valorar los impactos.

La política ambiental es relativamente joven en nuestro país, y por lo tanto existe un número reducido de instrumentos dentro de ella, aún cuando los esfuerzos han sido frecuentes, continuos, amplios y muy importantes.

A pesar de todos estos avances en materia de medio ambiente, en nuestro país se tiene un importante rezago en el área de residuos peligrosos ya que fue hasta 1970, que el término residuo tóxico fue aceptado por primera vez con ocasión del primer estudio nacional acerca del tema, y se puso de moda a mediados de los años setenta con la aparición de iniciativas legislativas para su regulación. Anteriormente los residuos que hoy consideramos "tóxicos" eran denominados con términos tales como residuos industriales especiales o residuos químicos, como suele ser el caso todavía en Europa. De por sí este término resulta ambiguo, y la característica principal de cualquier programa de regulación debería ser la de concretar legalmente que puede ser considerado como residuo tóxico y qué no deberían ser considerado como tal, tarea que puede conllevar grandes esfuerzos y diversidad de opiniones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Puede considerarse que la forma del residuo carece de importancia a la hora de definir su peligrosidad. Sin embargo, el punto más crítico de cualquier definición esta en la inclusión de la terminología que especifica cuales son las características que convierten a un residuo en tóxico (por ejemplo, su capacidad de presentar riesgos substanciales o peligros potenciales para la salud humana o para el medio ambiente). El grado de toxicidad potencial, en particular de carácter cancerígeno, es de gran importancia de cara a la sociedad, encabezando esta lista de características. No obstante puede considerarse tóxico un residuo que presente otras de las propiedades, como por ejemplo su potencial de combustión, inflamabilidad, reactividad, explosividad, corrosividad, radiactividad, infección, irritabilidad, sensibilización o bioacumulación.

En conclusión la definición de residuo tóxico puede ser la que eventualmente fue redactada por el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA), promulgado en Diciembre de 1985, que es la siguiente:

Los residuos tóxicos comprenden residuos (Sólidos, lodos, líquidos o gases envasados) distintos a los radiactivos (o infecciosos), los cuales debido a su actividad química, tóxica, explosiva, corrosiva o a otras características, son fuente eventual de peligros para la salud o el medio ambiente, de modo individual o en contacto con otros residuos (LaGrega, 1996).

3. MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes

Durante los primeros años de la década de los ochenta, los residuos tóxicos, se convirtieron en el principal problema medioambiental de la sociedad. Actualmente en los años noventa, la información científica muestra algunos problemas potencialmente devastadores relacionados con el ecosistema global, y los residuos tóxicos continúan atrayendo todavía mucho más la atención cuando se calcula el capital federal presupuestada para programas medioambientales.

3.2 ¿Por que han adquirido tanta importancia?

El comienzo de la revolución industrial aceleró el progreso en muchos campos. Los avances en las ciencias médicas y en salud pública redujeron las tasas de mortalidad, facilitando un incremento espectacular de la población humana. De modo paralelo, el consumo individual creció de forma acelerada a medida que la producción industrial, la extracción de recursos y la agricultura intensiva proporcionaban un mayor número de bienes de consumo. En compañía de estos bienes llegaron las sustancias tóxicas, a veces formando parte de estos bienes al ser convertidos en residuos, o en los residuos generados durante su fabricación.

Hasta hace poco tiempo las políticas gubernamentales no prestaban especial atención a los residuos y apenas se tomaban medidas. La norma era desprenderse de los residuos y confiar en la aparente inagotabilidad de las posibilidades naturales de la recuperación. De modo gradual fueron produciéndose casos de exposición a sustancias tóxicas fuera del ámbito laboral a través de distintas vías. Inicialmente fueron compuestos inorgánicos, como el plomo y el mercurio, tras su irrupción en el siglo XX, productos orgánicos sintéticos. Pese a que el progreso tecnológico ha proporcionado nuevos productos que han mejorado ostensiblemente la calidad de vida, es característico de este tipo de progreso el hecho de avanzar a mayor velocidad que la de nuestro conocimiento sobre sus consecuencias y lo que éstas significan, produciéndose errores más por ignorancia que por negligencia.

Los principales problemas de los residuos tóxicos son: su naturaleza tóxica a largo plazo y la incapacidad del medio ambiente para asimilarlos completamente. Inicialmente no se comprendieron, ni siquiera se reconocieron las consecuencias de los residuos y de los desperdicios de la sociedad tecnológica sobre el medio ambiente y la salud. Fue preciso varios años, e incluso décadas para comprender las distintas manifestaciones de sus efectos crónicos que, en algunos casos, no eran fácilmente reconocibles debido al hecho de que todos estamos expuestos a la acción de una gran variedad de productos químicos (LaGrega, 1996).

Todo cambió cuando se desarrollaron las ciencias tales como la epidemiología, toxicología y química analítica, que posibilitaron el reconocimiento por parte de los investigadores de relaciones previamente ignoradas, sobre los efectos a largo plazo de los compuestos tóxicos. Se produjeron varios casos decisivos, no por efectos de residuos tóxicos, sino por causa de residuos de DDT en la población de aves. Poco tiempo después, varios casos de envenenamiento de la población en Japón debidos al mercurio y algunos sucesos relacionados con los PCB y Dioxinas dejaron claro que los seres humanos también corrian riesgos. Cada uno de estos sucesos fue produciendo una rápida concientización que provocó un aumento de la preocupación popular, el surgimiento de movimientos medioambientales y, como consecuencia, la promulgación de una nueva legislación que indican el tratamiento que deben recibir actualmente los residuos tóxicos.

A medida que estos casos se producían e iban adquiriendo notoriedad, la población se daba cuenta de los peligros que suponían las sustancias peligrosas con respecto a la salud y el medioambiente, si no eran manipuladas con las debidas precauciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3 Generación de residuos peligrosos.

Los residuos peligrosos pueden tener su origen en una amplia gama de actividades industriales, agrícolas, comerciales o domésticas. Los productores de fabricantes de artículos comunes como de uso no habitual, las compañías de servicios y comerciales, así como universidades, hospitales, organismos gubernamentales o viviendas. Tras la aparición de residuos, éste puede ser tratado en el mismo lugar de su generación (residuos locales) o ser transportados para ser tratados en un lugar diferente al de su generación (residuos transportados).

Existen tres tipos principales de fuentes de emisión de contaminantes en el ambiente, el más evidente lo constituye los procesos de extracción y purificación, minería, fundición y refinación; el segundo, es la emisión de metales al quemarse combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, los cuales contienen cadmio, plomo, mercurio, níquel, vanadio, cromo y cobre. La tercera fuente, la más diversa es la producción y la utilización de insumos industriales que contienen metales.

Cuadro 1. Fuentes antrópicas de los metales pesados.

FUENTES	METALES PESADOS
Lodos residuales	Cd, Pb, As, Cr, Zn, Co, B, Ba, Be, Br, Ce, Cu, Mn, Co, F, Ge, Hg, Mo, Ni, Rb, Sn, Sr, V y Zr.
Riego	Cd, Pb, Se
Fundidoras	Pb, Cd, Sb, As, Se, In y Hg.
Plaguicidas	Pb, As, Hg, Br, Cu, F, V y Zn
Fertilizantes	Cd, Pb, As, B, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cu, F, Mn, Mo, Ni, Sc, Se, Sn, Sr, Te, U, V, Zn y Zr
Minas	Pb, Cd, As y Hg
Abonos	As, Se, Ba, Br, Co, Cr, Cu, F, Ge, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn y Zr
Automóviles	Pb y Cd
Pinturas	Pb y Cd
Carbonatos	As, B, Ba, Ce, Cr, Cu, F, Ge, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn y Zr
Combustión de carbón	As, Se, Sb y Pb

Fergusson, 1990.

3.4 Efecto de los metales pesados.

En cuanto a la importancia biológica de los metales, Wood y Golberg (1977) los dividen en tres grupos:

1.-Metales ligeros, son aquellos elementos que normalmente son transportados como cationes móviles en soluciones acuosas, entre los que se pueden mencionar Na, K, Ca, Mg, entre otros.

2.-Metales de transición, los cuales pueden ser tóxicos a altas concentraciones y esenciales a bajas concentraciones, pertenecen a este grupo el Fe, Cu, Co, Mn, entre otros.

3.-Metales pesados, este término es utilizado en el caso de los metales que tienen una densidad mayor o igual a 5 g/cc y son elementos que pueden ser requeridos para actividades metabólicas a baja concentración, pero a niveles ligeramente altos son tóxicos, los que se pueden incluir en esta categoría son plomo, cobre, cromo, cadmio, platino, entre otros.

En ciertos niveles de los ecosistemas, la concentración de los metales se puede elevar tanto que llegue a constituir una contaminación, la cual puede ser de origen natural de acuerdo a un ciclo biogeoquímico o bien puede ser una contaminación de origen antropogénico.

La contaminación natural por metales se produce a partir de las actividades volcánicas, procesos de erosión y escapes de depósitos profundos y superficiales, etc. (Vega, 1990).

3.5 Transporte atmosférico de sustancias contaminantes.

Las sustancias gaseosas o partículas liberadas a la atmósfera se dispersan a distintas velocidades según los distintos factores naturales que influyen en su transporte, que pueden ser clasificados en propiedades de la estela, viento y turbulencia atmosféricas. Su influencia sobre la dispersión ha quedado establecida en varias teorías elaboradas por ingenieros y científicos, sin apenas cambios significativos respecto a conceptos fundamentales descubiertos en los años cincuenta y sesenta. Estos conceptos muestran habitualmente las relaciones empíricas y las representaciones estadísticas unidas por una base científica. Su desarrollo se ha centrado en los casos típicos de dispersión procedentes de emisiones elevadas (como la estela lanzada desde chimeneas) que son solamente una de las múltiples formas de emisión de residuos tóxicos. No obstante, estos conceptos fundamentales pueden ser aplicados a diversos tipos de emisión.

Sirven además para establecer aproximaciones válidas a los fenómenos de dispersión dentro de ciertos límites y tras establecer una detallada selección de parámetros. Sin embargo, las predicciones son poco fiables cuando se refieren a localizaciones muy próximas o lejanas al lugar de emisión. Estos estudios, deberían, por tanto, ser aplicados con especial precaución a terrenos con residuos

7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tóxicos en los que existen niveles habituales máximos de concentración subterránea tanto en el mismo terreno como en sus inmediaciones, debiendo también incorporar factores importantes de seguridad y, en bastantes casos, ser verificados a través de pruebas atmosféricas (LaGrega, 1996).

3.6 Factores internos

Son los procesos edáficos que influyen tanto en la acumulación como en la dispersión de los metales pesados en el suelo; en el cuadro 2 se muestran algunos ejemplos:

Cuadro 2. Acumulación y dispersión de algunos elementos potencialmente tóxicos de acuerdo a algunos procesos edáficos.

PROCESO	UNIDAD DE SUELO	ACUMULACIÓN	DISPERCIÓN
Podzolización	R, Q y Y	Co, Cu, Mn, Ni, Ti, V y Zr	B, Ba, Br, Mn, Rb, Cd, Cr, I, Li, Se y V
Aluminización	B, L, M, W y A	Co, Mn, Mo y V	B, Ba, Br, Cu, I, Se y Sr
Sialitización	V y F	B, Ba, Cu, Mn, Se y Sr	-----
Latenzación	A, F y K	B, BaCu, Co, Cr, Ni, Sr, Ti y V	-----
Alcalinización	Z, S y X	B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Zn y V	-----
Hidromorfia	-----	Ba, B, Co, Cu, I, Mn, MoSe, Sr y U	B, Br, Co, Cu, Mn, Ni, U y V

Kabata y Pendias, 1989

A = Acrisoles	R = Regosoles	X = Xerosoles
B = Cambisoles	K = Castanozems	Y = Yermosoles
F = Ferrisoles	S = Solonetz	Z = Solonchaks
L = Luvisoles	V = Vertisoles	
Q = Arenosoles	W = Planosoles	

3.7 Toxicidad de los metales

Muchos metales pesados son utilizados en la industria, así mismo algunos de ellos, son indispensables para la vida aunque solo se encuentren en cantidades muy pequeñas en los tejidos de los organismos.

Según Vega, 1990, la unión de los metales a los materiales biológicos es de gran intensidad, pero no es específica ni para el metal ni para las estructuras biológicas; en general los metales tienen la capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, especialmente con los grupos sulfhidrílos (-SH) de las proteínas. Sin embargo la reactividad de cada metal es diferente y por lo tanto su fuerza de unión con las proteínas también lo es. Los metales al unirse con los grupos sulfhidrilo producen la inhibición de la actividad de numerosas enzimas en el organismo. El transporte de los metales a través de las membranas celulares va a diferir según las características del compuesto metálico y del tejido.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 3. Metales pesados más importantes, sus densidades, abundancia y su categoría como esenciales y/o contaminantes.

Elemento	Densidad g/cc	Rocas ppm	Esencial	Contaminante veg/anim.
Ag	10.5	0.07		X
Au	19.3	0.05		
Bi	9.8	0.17		X
Cd	8.7	0.2		X
Cr	7.2	100.0	X	X
Co	8.9	25.0	X	X
Cu	8.9	55.0	X	X
Fe	7.9	6x10 ⁴	X	X
Hg	13.6	0.08		X
La	6.2	25.0		X
Mn	7.4	950.0	X	
Pb	11.3	13.0		X
Mo	10.2	1.5	X	X
Ni	8.9	75.0	X	X
Pt	21.5	0.05		
Tl	11.9	0.45		X
Th	11.5	9.6		X
Sn	7.3	2.0	X	X
U	19.1	2.7		X
V	6.1	135.0	X	
W	19.3	1.5	X	X
Zn	7.1	70.0	X	X
Zr	6.5	165.0		X

Davis, (1980)

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del anión al que este ligado. Los seres humanos presentan una tendencia a acumular metales, como lo demuestra la prolongada vida media de algunos de ellos en el organismo, de acuerdo al cuadro No 4.

Cuadro 4. Ingestión de metales por el hombre

METAL	INGESTIÓN MEDIA DIARIA EN ALIMENTOS (mg/día)		DOSIS ORAL TOXICA (mg/Kg)	CONTENIDO CORPORAL TOTAL (mg/Kg)	VIDA MEDIA CORPORAL (días)
	COMIDA Y AGUA	AIRE			
Antimonio	0.100	0.0017	100	7.9	38
Bario	0.735	0.030	200	22	65
Benio	0.012	0.00004		0.03	180
Bismuto	0.020	0.00076		0.23	5
Cadmio	0.160	0.0074	3	50	200
Circonio	0.490			420	450
Cromo	0.245	0.0011	200	1.8	616
Cobalto	0.390	0.00012	500	1.5	9.5
Cobre	1.325	0.0114	250	72	80
Hierro	15.000	0.084		4200	800
Plomo	0.300	0.046		120	1460
Manganeso	4.400	0.0288		12	17
Mercurio	0.025				70
Molibdeno	0.335	0.0006		9.3	5
Niquel	0.600	0.00236		10	667
Plata	0.060-0.080		60	1	5
Estaño	7.300	0.0006	2000	17	35
Titanio	1.375	0.0014		9	320
Uranio	0.050			0.7	100
Vanadio	0.116	0.00916		22	42
Zinc	14.500	0.0118		2300	933

Stephen, 1981

Se detectaron contaminantes tóxicos en la atmósfera, en las aguas y en los suelos de prácticamente todos los lugares, originados por gran variedad de actividades humanas, por lo que se dejó de considerar la contaminación tóxica como un hecho limitado a casos aislados. Desafortunadamente los conocimientos científicos de los efectos tóxicos por exposición a bajas concentraciones de múltiples componentes durante largos periodos de tiempo no llegaron a ser adecuadamente comprendidos, ni a estar a la altura de la capacidad científica para medir su concentración. Aunque sin estos conocimientos, pero con la referencia sobre Love Canal y otros lugares de vertido de residuos tóxicos, la conciencia pública respecto a este tipo de contaminación hizo que se despertase la alarma.

Pese a que la contaminación tóxica del medio ambiente tiene orígenes diversos, entre los cuales los residuos peligrosos son sólo una posibilidad, sucesos como el de Love Canal, donde se produjo una manipulación equivocada de estos residuos, aceleraron una enérgica respuesta social. Algunos de los terrenos contaminados en el pasado o parcelas arruinadas y abandonadas eran lugares de vertido, tratamiento o instalaciones de almacenamiento de residuos y que posteriormente fueron clausurados o abandonados, pero con una planificación mínima para su observación futura. Para finales de los años setenta ya era evidente que existían este tipo de lugares en diferentes localizaciones (LaGrega,1996).

3.8 Residuos peligrosos en México.

La industria de México se caracteriza por tener un número reducido de grandes empresas con tecnologías avanzadas y un gran número de micro, pequeñas y medianas empresas (más del 95 %), la mayoría con procesos obsoletos de producción.

La planta industrial comprende cuatro tipos básicos de industria:

- Manufactureras
- Extractivas (minería y petróleo)
- De la construcción
- Eléctrica.

3.9 Extracción mineral.

En nuestro país en las últimas décadas se ha incrementado la explotación, que genera más del 90 % de los residuos en el nivel nacional, algunos con características peligrosas por su alto contenido de metales pesados como plomo y cadmio y metaloides como arsénico y selenio, entre otros.

Después del proceso de extracción, el material económicamente importante es conducido a las plantas de fundición o a altos hornos. El proceso de fundición genera gases y cenizas que pueden ser peligrosos para el ambiente.

La explotación mineral genera más del 90 % del total de residuos en el nivel nacional. Dentro de ellos, algunos presentan características de peligrosidad. Adicionalmente se genera una cantidad muy elevada de residuos ácidos durante el proceso de lixiviación de metales no ferrosos con ácido sulfúrico.

La industria del acero, por ejemplo, en 1985 produjo 9 689 374 toneladas de acero con la siguiente generación, también en toneladas, de residuos: escoria 4 844 500, lodos 399 115, polvos 242 225 y baño 67 823. (SEDUE, 1989).

3.10 Disposición final de Residuos Peligrosos.

Los materiales resultantes de los tratamientos de RP antes descritos, así como los que pueden eliminarse sin tratamiento previo, se depositan en confinamientos tales como cementerios industriales, lagunas superficiales, pozos profundos, minas abandonadas o el mar. Sin embargo, se admite que no existe ningún método de confinamiento totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales.

Para la disposición final de una gran variedad de residuos tóxicos se han utilizado cavernas de sal. Se ha empleado con mucho éxito el almacenar combustibles en domos salinos, es decir, estructuras bajo la superficie de la tierra, formados por sal cristalizada que posee características muy especiales, ya que durante muchos miles de años no han sido afectadas en su forma ni en su constitución, estos llegan a tener profundidades de varios miles de metros.

Es tan grande y variada la cantidad de residuos peligrosos generados que, a pesar de que ya existen diversos métodos avanzados de tratamiento, algunos de ellos muy sofisticados. Por la magnitud de la problemática relacionada con los residuos peligrosos en México es fundamental el apoyo de proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico sobre el manejo, transporte, tratamiento y disposición final de éstos. Resulta imperativo estimular y desarrollar estos esfuerzos y enfocar la atención del grupo académico hacia la solución de este problema. Es indudable que la disminución de los RP cuesta, de manera que los responsables de la toma de decisiones se enfrentan al dilema de determinar hasta dónde es preciso aplicar las medidas de control para que se alcance al máximo beneficio; es decir, requieren contar con métodos que les permitan sustentar objetivamente sus decisiones. En el nivel mundial ya se cuenta con tecnologías para el tratamiento adecuado de los RP cuesta, es necesario, entonces, la aplicación de las que se consideran idóneas para la realidad que se esta viviendo. La situación del país parece ser propicia en este momento, ya que existe en el sector gubernamental un Programa Integral para el Tratamiento de Residuos Peligrosos en el Valle de México (Rivero , 1997)

Los residuos peligrosos se definen como "Un residuo sólido o una combinación de residuos, los cuales debido a su cantidad, concentración, sus características físicas, químicas o infecciosas pueden:

- Causar o contribuir significativamente e incrementar la mortalidad o las enfermedades serias, irreversibles o que produzca incapacitación.

- Poseer un peligro substancial o potencial para la salud humana o el ambiente cuando son tratados o indispuestos inadecuadamente.

Se identifican como residuos peligrosos, cualquier residuo sólido que presente una o más de las siguientes características: (Norma Técnica Ecológica 001/88)

1. Corrosividad.
2. Reactividad.
3. Explosividad.
4. Toxicidad.
5. Inflamabilidad.
6. Biológico infeccioso

Aun cuando la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (USEPA), menciona el término "residuos sólidos", esta definición también incluye residuos semisólidos, líquidos y gaseosos (USEPA, 1990).

3.11 Rutas de exposición completas de los residuos peligrosos.

Se da la explicación de los mecanismos de transporte, migración desde la fuente hasta la exposición, y cómo los mecanismos de transformación pueden afectar al movimiento de contaminantes.

El texto sólo debe discutir los mecanismos relevantes para la exposición humana y además debe ser conciso y específico, cubriendo los siguientes tópicos:

- 1.- Medio ambiente contaminado en la zona de estudio (residuos, suelo, aire, agua superficial, plantas y animales comestibles).
- 2.- La extensión de la contaminación.
- 3.- Las posibles relaciones de transferencia de contaminantes entre los diferentes medios ambientales.
- 4.- La posible migración de los contaminantes en el presente y en el futuro.
- 5.- Las discusiones sobre el destino ambiental y el transporte no deben incluir toda la información geológica, topográfica, hidrológica, climatológica y otra información ambiental. Por el contrario, la discusión sólo debe proveer la información necesaria para que el lector comprenda la migración de los contaminantes.
- 6.- Ingestión (agua subterránea, aguas superficiales, suelo, polvo y alimentos).
- 7.- Inhalación (polvo, vapor, gases).
- 8.- Absorción dérmica (contacto con aire, suelo, polvo, agua, materiales contaminados o residuos expuestos).

Cuadro 5. Elementos de las rutas de exposición.

NOMBRE DE LA RUTA	FUENTE	MEDIO AMBIENTE	PUNTO DE EXPOSICIÓN	VIA DE EXPOSICIÓN	POBLACION EXPUESTA	TIEMPO
Suelo superficial	Depósito de residuos peligrosos (DRP)	Suelo superficial	Sitio de exposición de residuos peligrosos	- Ingestión. - Inhalación - Contacto dérmico.	Residentes y personas recolectoras de los residuos.	- Pasado - Presente - Futuro
Pozos	Deposito de residuos peligrosos (DRP)	Agua subterránea (pozos)	Casas habitación (grifo).	- Ingestión. - Inhalación - Contacto dérmico.	Residentes de la localidad.	- Pasado - Presente - Futuro
Abastecimiento público	Abastecimiento de agua potable.	Agua municipal.	Casas habitación y negocios (grifo).	Ingestión.	Usuarios de la localidad.	- Pasado - Presente - Futuro
Atmósfera	Depósito de residuos peligrosos (DRP)	Aire.	Terrenos agrícolas.	Inhalación.	Residentes de la localidad, usuarios del camino y población de la Cabecera Municipal.	- Pasado - Presente - Futuro

LaGrega, 1996.

3.12 Aspectos geohidrológicos.

Los sitios destinados a la disposición de residuos peligrosos, deben reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico, (NOM-055-ECOL/93):

- Ubicarse preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos.
- De no cumplirse la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 metros.
- En caso de no cumplirse las condiciones anteriores, el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado y las características del material ubicado entre éste 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.

3.13 Condicionantes.

La SEMARNAP podrá autorizar la realización de medidas y obras, cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendrán del cumplimiento de los requisitos previstos en los puntos anteriores, cuando se acredite técnicamente su efectividad.

El sitio debe estar ubicado preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos. Si no se cumple la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 metros. En caso de no cumplirse la condición anterior el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado y las características del material ubicado entre éste y la superficie, deben ser tales que el 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.

3.14 Aspectos de hidrología superficial del sitio de confinamiento.

Ubicarse fuera de la llanura de inundaciones con un periodo de retorno de 10,000 años delimitado con un ajuste de tipo Gumbel (Springall 1980).

Estar alejados en desnivel de 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 metros cúbicos.

Estar alejado longitudinalmente 500 metros a partir del centro del cauce de corrientes con un escurrimiento superficial, ya sea permanente o intermitente, sin importar su magnitud.

Estos sitios no puede ubicarse dentro del Sistema de Áreas Naturales Protegidas o en peligro de Extinción, o en aquellas en las que el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales.

3.15 Aspectos climáticos del sitio de confinamiento.

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

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.

Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2 000 mm.

La evaporación promedio mensual, debe ser al menos el doble de la lluvia promedio mensual, con la finalidad de evitar que los residuos sean transportados hacia manto freático.

3.16 Propiedades físicas y químicas del suelo.

3.16.1 pH del suelo.

El pH de una solución acuosa se define como el logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno en la solución o bien, es la concentración de ion hidrógeno si la solución es muy diluida. Por consiguiente el concepto de pH en una suspensión de suelo solo se puede discutir con relación a algunas propiedades de la atmósfera iónica que rodea a las partículas.

En la reacción del suelo el pH es un factor importante en la conducta química de los metales y muchos otros procesos en el suelo. En general, los cationes son más móviles bajo condiciones ácidas; un pH alcalino usualmente reduce su disponibilidad (Alloway, 1990).

La carga total de las partículas del suelo frecuentemente varía con el pH, la carga positiva se desarrolla a pH ácidos y el exceso de cargas negativas se desarrolla a pH alcalinos.

La mayoría de los suelos tienen carga neta negativa debido a que tanto la materia orgánica como las estructuras de los silicatos están formados de esta manera; sin embargo, ciertos suelos donde el alofano y algunos óxidos hidratados están presentes poseen cargas positivas a pH ácidos (Cepeda, 1991).

El pH es una de las mediciones más comunes de laboratorio porque muchos procesos químicos dependen de el pH. Con frecuencia, la velocidad o el ritmo de las reacciones químicas pueden ser alterados significativamente por el pH de la solución. La solubilidad de muchos agentes químicos en solución y su disponibilidad biológica depende del pH.

3.16.2 Textura del suelo.

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Específicamente se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas en el suelo. Esta propiedad ayuda a determinar no sólo la facilidad de abastecimiento de nutrientes, sino también agua y aire, tan importantes para la vida de las plantas.

Por esta razón, la proporción de tamaño de varios tipos de partículas de un suelo (textura) adquiere tanta importancia. No puede alterarse y de esta forma, se le considera propiedad fundamental del suelo que determina, en alto grado, su valor económico.

Para estudiar las partículas minerales de un suelo, los científicos las clasifican, por lo regular, en grupos convenientes, según su tamaño. Estos diferentes grupos se llaman fracciones. El procedimiento analítico mediante el que se separan se conoce como análisis mecánico o granulométrico, este es en realidad, una determinación de la distribución de los tamaños de partículas.

Hay diferentes clasificaciones como la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Sociedad internacional de la Ciencia del Suelo: que van de menos de 0.002 mm. a 2.00 mm. clasificadas desde arcillas, pasando por limos, arenas finas, medianas y hasta arenas gruesas.

El análisis mecánico no sólo sirve para describir, en líneas generales, las propiedades físicas del suelo, sino también para determinar el nombre de su textura; esto es, si el suelo es arenoso, limoso, arcilloso u otro. El departamento de Agricultura de los Estados Unidos, emplea el método exacto fundamental que se basa en el análisis mecánico. El triángulo de textura reitera que el suelo es una mezcla de diferentes clases de partículas y que existe una alta correlación entre la distribución de éstas y las propiedades de los suelos.

Es evidente que los análisis mecánicos de los suelos de un campo de cultivo son útiles al agrónomo, si puede deducir cuidadosamente sus denominaciones sistemáticas.

El tamaño del área superficial de un material, puede influir mucho en sus propiedades físicas y químicas. Los suelos difieren, en forma marcada, en el área superficial como resultado de las diferencias de textura, tipos de minerales arcillosos y cantidad de materia orgánica. Propiedades tan importantes como la retención de agua y capacidad de intercambio están íntimamente relacionadas con la superficie de los suelos.

Un aspecto sobresaliente en el examen de los suelos es su composición por partículas de diferentes tamaños, estas partículas han sido divididas en grupos, exclusivamente sobre la base de tamaños, es decir sin tomar en cuenta su composición química, color, peso y otras propiedades (Foth, 1980).

Así la fracción de arena se subdivide en cinco grupos, resultando en total siete grupos de tamaños, que se designan como separados del suelo. En la tabla siguiente se da el tamaño de estas:

Cuadro 6. Tamaño limite de cada separado.

Fracción	Separado	Tamaño	No. Partículas por g
Arena	Arena muy gruesa	2-1	90
	Arena gruesa	1-0.5	720
	Arena Media	0.5-0.25	5700
	Arena fina	0.25-0.10	46000
	Arena muy fina	0.10-0.05	722000
Limo	Limo	0.05-0.002	5776000
	Arcilla	Menos de 0.002	90260853000

(Thompson, 1982).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Debido a que la arena es relativamente grande pero baja en área superficial, su principal función, en el suelo es servir como una estructura alrededor de la cual esta asociada la parte más activa del suelo.

Como una consecuencia, el limo tiene, por gramo, un área superficial mayor, una velocidad de impenetración más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena.

Los suelos con una capacidad mayor para retener agua contra la fuerza de la gravedad se caracterizan por tener alto contenido de arcilla. Como una gran parte del agua en el suelo está retenida en forma de película sobre la superficie de las partículas de arcilla, la cantidad de esta en el suelo tiene una gran influencia sobre la calidad total de retención de agua. Además, ciertos nutrimentos disponibles están retenidos en la superficie de sus partículas. Por lo tanto actúa como un almacén de reservas para el agua y los nutrimentos.

La determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla, se llama análisis del tamaño de partícula. Hay dos métodos analíticos de laboratorio; ambos se basan en la determinación de la velocidad de sedimentación de las partículas en suspensión en agua. El material grueso se sedimenta rápidamente, mientras el fino lo hace más lentamente (Thompson, 1982).

La textura del suelo deberá reservarse para describir sus características que dependen del tamaño de las partículas.

Los suelos se agrupan en un número definido de clases de textura, tales como arenosos, limosos, francos arcillosos, etc. recibiendo el nombre de la fracción correspondiente de análisis mecánico o clase textural, cuyas características dominan las propiedades del suelo, excepto en los suelos francos, en los que no domina fracción alguna (Russell, 1986).

El análisis de la textura del suelo es un parámetro importante, ya que de los resultados obtenidos del mismo podemos tener una idea más clara de los fenómenos que en él se llevan a cabo, como son la oxidación de materia orgánica, oxidación o reducción de las especies químicas, capacidad de intercambio del suelo, asimismo un determinado tipo textural indica que constituyente del suelo se pudiesen estar uniendo los metales (Shuman, 1978).

3.16.3 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.).

La forma del suelo intercambiable es aquella en que los elementos existen como cationes o aniones adsorbidos en la superficie de los compuestos orgánicos o de las arcillas. Los iones intercambiables son asimilables por las plantas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se admite que la forma en disolución es la más asimilable. La disolución es la forma iónica con mayor movilidad; en donde, los aniones y los cationes se mueven libremente en el seno de la solución, mientras que los que se encuentran en la superficie de las arcillas y de los compuestos orgánicos oscilan en menor grado y además limitado a la superficie a la que se encuentra; los iones que se encuentran en la solución, intercambian sus posiciones con los que están en las superficies adsorbentes. Existe la tendencia a establecerse un equilibrio entre los iones de la disolución y los iones retenidos por la superficie adsorbente.

Las rocas son mezclas de minerales y a medida que sufren el proceso de meteorización se descomponen en las especies minerales aisladas que las constituyen; la velocidad de meteorización es diferente para los distintos minerales, y varía la composición mineral del suelo.

Los minerales que contienen potasio se meteorizan muy lentamente, aproximadamente el 99 % del potasio del suelo se encuentra en forma mineral, el 1 % se halla en forma intercambiable, cantidad mineral si se tiene en cuenta que el potasio total representa más que el total de sodio, calcio o magnesio.

Los minerales que contienen calcio son los que presentan generalmente una meteorización más rápida. El suelo posee menos calcio no intercambiable (en forma mineral), que magnesio o sodio no intercambiable. Como máximo, el suelo contiene la mitad de calcio en forma no intercambiable.

A medida que se meteorizan los minerales se eliminan las bases en forma de cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y N^+ . Partes de estos quedan retenidos como iones intercambiables en las superficies de las arcillas y los compuestos orgánicos y en parte se van filtrando con el agua.

El calcio se halla más retenido que el magnesio en la superficie adsorbente de las arcillas, por lo tanto, el magnesio es desplazado con mayor facilidad que el calcio. El sodio y el potasio cuentan con una sola carga, por lo tanto, son más fácilmente desplazables que los iones bivalentes y ninguno de los estará retenido con más fuerza que el calcio.

Estos cuatro cationes obedecen al orden siguiente $Ca > Mg > K > Na$, en función de la energía de adsorción (Thompson, 1982).

La adsorción de un catión por un núcleo o micela coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo se denomina intercambio de cationes.

La eficiencia con la cual los iones se rempazan unos a otros está determinada por factores como: a) la concentración relativa o número de iones, b) número de cargas sobre los iones y c) la velocidad del movimiento o actividad de los diferentes iones.

La capacidad de intercambio catiónico estará afectada por: a) la clase de arcilla, b) tanto por ciento de arcilla y c) tanto por ciento de la materia orgánica.

La capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.) es una expresión del número de sitios de adsorción de cationes por unidad de peso del suelo. Se define como la suma total de cationes intercambiables adsorbidos expresados en miliequivalentes por 100 g de suelo secado al horno.

La capacidad total de Intercambio de cationes es el número de sitios de intercambio de coloides minerales y orgánicos (Foth, 1980).

Como se ha indicado la arcilla tiene una cantidad apreciable de hidrógeno, y el suelo será ácido, y resultará alcalino si contiene una gran cantidad de cationes (los cationes que se combinan con los OH⁻ para formar bases o hidróxidos).

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de un suelo es la propiedad que tiene la fracción coloidal del mismo (arcilla y humus con tamaños de 0.002 mm ó menos) de retener cationes en forma intercambiable, por lo tanto la C.I.C. es igual a la suma de todos los cationes intercambiables del suelo que equivalen al número de sitio de intercambio de los coloides minerales y orgánicos.

El valor de la C.I.C. se mide en equivalentes / 100 g de suelo, y su valor varía de menor de 1.0 a mayor de 100 miliequivalentes por cada 100 g y se le considera como una de las propiedades o componentes más activos, junto con la materia orgánica, tanto física como químicamente.

Los coloides orgánicos son los más activos del complejo de cambio y tienen una C.I.C. de 200 meq/100 g, dentro de los coloides minerales la montmorillonita actúa con 80 meq/100 g (arcilla tipo 2:1) y la caolinita (arcilla tipo 1:1) participa con 8 %.

La elevada carga eléctrica de los coloides y la gran área de superficie, se manifiesta como una gran capacidad de intercambio catiónico. La carga de los coloides del suelo tanto minerales como orgánicos es predominantemente negativa por lo cual atrae cationes positivos, y las cargas positivas atraen iones negativos.

Los cationes intercambiables del suelo son: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺, K⁺, H⁺, Na⁺, Fe⁺⁺, NH₄⁺ y están en equilibrio con los cationes en solución. De manera que si los cationes son extraídos por las plantas, o bien son lixiviados, la reacción transferirá iones complejos absorbentes a la solución para reponer el equilibrio, de manera que son los cationes intercambiables del complejo los que dan la fertilidad al suelo. Normalmente los cationes del complejo absorbente exceden a los cationes solubles, citando un ejemplo tenemos que cada H⁺ en la solución del suelo está respaldado por 50-100,000 iones intercambiables.

Los minerales del suelo y las partículas orgánicas tienen cargas negativas de valencia, que les permiten retener cationes disociables y son por lo tanto "electrolitos coloidales".

La determinación de la capacidad de canje de cationes supone medir la cantidad total de cargas negativas por unidad de peso del material, variando según la naturaleza del catión empleado, la concentración de la sal y el pH de equilibrio (Jackson, 1982).

La mayor parte de los metales pesados se encuentran como cationes en la solución del suelo y son adsorbidos por medio de la densidad de las cargas negativas de las superficies de los coloides del suelo, el orden que mantiene la electroneutralidad se debe a la superficie de cargas negativas balanceada por una cantidad de cargas opuestas.

La capacidad de intercambio catiónico tiene las siguientes características, es un proceso estequiométrico, reversible, de difusión controlada y hay preferencia de algún ión por el adsorbente.

La selectividad aumenta en el orden de reemplazo entre los cationes, determinada por su valencia y el grado de hidratación. La más alta valencia de un ión aumenta el poder de reemplazo.

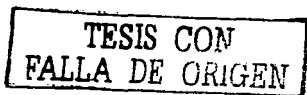
Los iones retenidos de forma intercambiable por el suelo, son generalmente la fracción más grande de nutrimentos disponibles para las plantas.

El intercambio de aniones es diferente del cambio de cationes, donde la mayoría de los suelos posee una carga negativa permanente; por ello muestran un cambio de cationes razonablemente cuantitativo sobre un amplio rango de pH pero no poseen una carga positiva permanentemente, y así el fenómeno de cambio de aniones depende en gran medida del pH (Russell, 1986).

3.16.4 *Materia orgánica.*

La fracción orgánica del suelo consiste en organismos vivos, plantas secas y residuos de origen animal. En una unidad de masa esta porción orgánica es la fracción químicamente más activa. Dicha porción almacena varios elementos esenciales, estimula la estructura adecuada del suelo, es una fuente con capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.) y regula los cambios de pH, propicia también las relaciones convenientes entre el aire y el agua en los suelos y es un enorme depósito geoquímica de carbono.

La materia orgánica del suelo (MOS) es una acumulación de plantas muertas, descompuestas y residuos de animales y plantas resintetizados. La hojarasca y las raíces secas se descomponen rápidamente y sus residuos forman parte del humus. Algunas porciones permanecen en el suelo durante mucho tiempo. Los residuos de cultivos, maleza, hierba, hojas de árboles, gusanos, bacterias y hongos también forman parte de la mezcla compleja denominada MOS. Algunas definiciones de MOS se limitan solo al humus y omiten cualquier consideración de residuos orgánicos sin descomponer y la biomasa. El término MOS se emplea en un sentido más general y se refiere a componentes específicos por su nombre, cuando esta identificación es necesaria.



Los microorganismos y las raíces comprenden solamente un porcentaje pequeño en la masa de la MOS total. El humus generalmente se define como la materia orgánica que los microorganismos del suelo han transformado en una forma estable.

La roca madre determina el contenido de MOS principalmente a través de su efecto de textura del suelo. En una zona de clima y topografía similares, el contenido de MOS tiende a incrementarse con el contenido de arcilla. La asociación íntima de sustancias húmicas con los sólidos orgánicos en forma de complejos organominerales conserva la materia orgánica. Las arcillas montmorilloníticas tienen la capacidad de adsorción particularmente alta para las moléculas orgánicas y son notablemente efectivas para cubrir a los constituyentes nitrogenados contra el ataque de microorganismos. Esta fuerte interacción entre las arcillas y la materia orgánica también hace resaltar los efectos de la MOS en las propiedades físicas y químicas.

Conforme cambian las condiciones, también cambia el contenido de MOS. Si la humanidad o la naturaleza crearan una capa de sedimento mineral, el contenido de MO generalmente se incrementaría rápidamente durante los primeros años de formación del suelo. Después disminuiría más lentamente, hasta alcanzar un nivel de estado estacionario después de los cien años en roca madre de textura fina y hasta después de 1 500 años para suelos arenosos. Los suelos "nuevos" incluyen depósitos que ha dejado las avenidas, desechos de minas, viejas carreteras y tierra que ya no se cultiva.

Los residuos de las plantas constituyen el material primario para la materia orgánica del suelo. Hay una gran variedad de residuos, pero a pesar de ello la materia orgánica es bastante similar en localidades diferentes. Sin embargo, esta mezcla de múltiples compuestos orgánicos hace su estudio más difícil. En general, la materia orgánica sólo se caracteriza en términos generales.

Los compuestos orgánicos más asimilables son los que desaparecen en primer lugar, los más resistentes se mantienen durante periodos de tiempo más largos.

A medida que se desarrolla la descomposición de los residuos de plantas, se van formando células microbianas, más tarde mueren y son descompuestos por otros microorganismos. Una parte importante de los materiales de los residuos de las plantas se consumen como alimento de los microorganismos. Ninguno de los compuestos iniciales puede considerarse como indestructible, pero aparentemente parte del material orgánico es tan resistente a la actividad microbiana que persiste durante largo tiempo produciéndose así su acumulación. El material orgánico que no es descompuesto directamente por microorganismos se transforma en parte de los tejidos de los mismos o bien queda como sencillo producto de descomposición final incluyendo el agua y el dióxido de carbono (Thompson, 1982).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al descomponerse las rocas y minerales de la corteza terrestre, los elementos naturales son asimilables por las plantas; y a medida que la provisión de nitrógeno del aire disminuye se producen reservas en combinaciones químicas susceptibles de ser usadas, las plantas crecen, mueren y contribuyen con sus residuos al suelo. Por lo tanto, la materia orgánica comienza a acumularse, al aumentar la fuente de nutrimentos aprovechables en el suelo para las plantas y esta acumulación de materia orgánica es proporcional. Esta condición se prolonga hasta que se alcanza un equilibrio en el cual el grado de acumulación de la materia orgánica es igual al grado de descomposición (Foth, 1980).

El carbono de las plantas procede del dióxido de carbono de la atmósfera y es reducido en el proceso de fotosíntesis que utiliza la luz solar como fuente de energía. Los compuestos de carbono que se forman en las plantas son muy complejos, sin embargo, los principales son: a) polisacáridos, b) lignina y c) proteínas. Estos otros compuestos son fuente de energía. La oxidación del carbono genera dióxido de carbono que es la fuente principal de energía de la población microbiana del suelo.

El hecho de que la materia orgánica se acumule en el suelo se debe a la resistencia de la descomposición de algunas fracciones de los residuos de las plantas y de los tejidos microbianos. El proceso de formación del suelo en condiciones normales da lugar a la acumulación de materia orgánica, hasta que se alcance cierto equilibrio.

Hasta estos últimos años se carecía de un método satisfactorio para la determinación del contenido de carbono en MOS. Se admitía que su porcentaje era del orden de 58 %. Actualmente la determinación de este carbono es sencilla, y conociendo este dato basta multiplicar por 1624 (cociente de 100 : 58) para deducir el contenido de materia orgánica.

Sin embargo mediante métodos de análisis más perfeccionados se ha llegado a la conclusión de que raramente la materia orgánica contienen más del 52 % en carbono (Thompson, 1982).

Los factores más importantes que afectan a la cantidad de materia orgánica del suelo son:

- a) Clase de vegetación.
- b) Topografía.
- c) Naturaleza de los materiales primarios.
- d) Clima.
- e) Tiempo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.16.5 Densidad.

La densidad es el peso por unidad de volumen de suelo, expresado en gramos por centímetro cúbico, es una medida de la densidad de los componentes individuales que lo forman y varía de alrededor de 900 Kg/m³ para la materia orgánica y 2650 Kg/m³, para el compuesto de todas las partículas minerales. La densidad de los minerales individuales varía de 5200 Kg/m³ para la magnetita a unos 2600 Kg/m³ para los feldespatos.

Esta propiedad también está teniendo importancia en estudios de fertilidad debido a que las labores continuas con instrumentos pesados inducen compactación, reduciéndose la infiltración y la penetración de las raíces (Fitzpatrick 1984).

3.16.6 Conductividad eléctrica.

Las regiones semiáridas del país hay una apreciable cantidad de sales solubles en la solución del suelo. Esta cualidad indeseable se puede cuantificar midiendo la conductividad del extracto de saturación, el cual se obtiene preparando una pasta saturada del suelo y, luego, filtrándola al vacío para obtener el extracto de saturación. La cantidad de sales solubles se puede medir mediante una combinación de puentes de Wheatstone - celda de conductividad.

La medida de la conductividad eléctrica de las aguas naturales o de los extractos obtenidos de los suelos permiten establecer una estimación cuantitativa aproximada de las cantidades de sales que contienen. Los extractos de suelo, particularmente los obtenidos aplicando una elevada relación entre la cantidad de agua y la de suelo tratado, constituyen una medida menos exacta, ya que el tratamiento puede extraer más sales que las que realmente se encuentran presentes en estado de libertad cuando el suelo contiene la humedad propia del campo. Además, las especies iónicas extraídas pueden ser diferentes de las que se encuentran presentes en las disoluciones del suelo (Jackson, 1982).

Como la relación suelo-agua tiene influencia sobre la cantidad y composición de las sales extraídas, es necesario especificar la relación suelo-agua empleada al expresar los resultados de los análisis. La extracción del suelo con el contenido natural de humedad (δ 10-45) es la de la medida más exacta de la cantidad de sales solubles en el suelo. El tanto por ciento de la saturación correspondiente a la humedad del suelo (δ 10-27) se encuentra relacionado con las constantes de humedad del mismo, y el contenido de humedad correspondiente al suelo en el campo proporciona una escala de salinidad del suelo simple, basada en la conductividad eléctrica obtenida para los extractos de esta dilución o contenido de humedad (δ 10-35), y es el contenido de humedad máximo a que el suelo mismo puede emplearse para regular la relación suelo-agua para la extracción.

3.16.7 Estructura y Porosidad.

Esta se refiere a la distribución espacial y a la organización total del sistema de suelo, expresados por el grado y tipo de agregación y por la naturaleza y distribución de los poros y espacios porosos. En la mayoría de los suelos las partículas individuales no existen como entidades discretas, sino que están agrupadas en agregados o peds de formas y tamaños bastantes característicos.

Lo anterior se encuentra con mayor frecuencia en horizontes de textura intermedia. Los suelos que están formados de modo predominante por arena gruesa son sueltos y sin agregados bien formados, mientras que aquellos formados principalmente por arcillas tienden a ser coherentes o masivos y a formar un número de agregados de mayor tamaño (Fitzpatrick, 1984).

Los poros son la parte del suelo ocupados por agua o por la atmósfera del mismo. En secciones delgadas están ocupados por resinas. Pueden ser discretos o formar una fase continúa en que pueden efectuarse movimientos. En algunos casos se puede considerar que su formación es la primera etapa de la formación de los peds. Esto se observa en aquellos casos en que se formaron por encogimiento y rajaduras. En este mecanismo de formación de poros, en el mismo punto se inicia una, dos o tres grietas que irradian hacia fuera con un ángulo de 120° entre cada rama. Esos poros de tres ramas son comunes en suelos de zonas tropicales. Cuando hay un encogimiento notable, cada rama se bifurca y se conecta con las ramas de otros poros, formando peds completos o incompletos y poros continuos (Fitzpatrick, 1984).

4 MARCO JURÍDICO EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

A continuación se mencionan los distintos instrumentos jurídicos, haciendo hincapié en los puntos en los cuales ha sido infringida alguna de las disposiciones establecidas.

4.1 Aspectos legales de los residuos peligrosos en México

La contaminación es el resultado del desfase en la relación consumo de energía y explotación de mano de obra y materias primas, bajo un esquema de despilfarro y desperdicio. Es la forma en que se expresa la ineficiencia de los esquemas de producción, en los que no se toma en cuenta el valor del sustento natural y los mecanismos de ahorro indispensables para la subsistencia de este proceso. Así, uno de los más graves problemas es lo que sobra, es decir: los residuos, que son reflejo de la ineficiencia del sistema productivo. El tema de los residuos es eminentemente económico; se genera en la microeconomía, en el nivel de eficiencia del proceso productivo, y afecta directamente la macroeconomía, al impactar tanto a las políticas económicas como a los esquemas de consumo de energía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo que se han emitido los siguientes convenios internacionales:

Cuadro 7. Convenios internacionales.

CONVENIO	AÑO	PAÍSES PARTICIPANTES	REFERENCIA
Acuerdo de la Paz	1983, 1986	México y Estados Unidos	Establece que el país exportador de sustancias peligrosas debe notificar y obtener el consentimiento por escrito del país importador. El Anexo III de este Acuerdo, suscrito el 12 de noviembre de 1986, regula el movimiento transfronterizo de desechos y sustancias peligrosas.
Convenio transfronterizo de los desechos peligrosos y su eliminación	1991	Suiza (Basilea)	Indica que el país exportador debe asegurarse de que los desechos sean manejados de un modo "ambientalmente apropiado" en el país receptor.
Agenda 21	1992	Brasil (ONU)	Incluye en sus Capítulos 19 y 20 la gestión racional de los residuos peligrosos y de las sustancias químicas tóxicas, así como la prevención del tráfico ilícito de ambos.
Ley Minera	1992	México	Los titulares de concesiones de exploración y explotación, independientemente de la fecha de su otorgamiento, están obligados a sujetarse a las disposiciones generales y a las normas técnicas específicas aplicables a la industria minerometalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) Sección V Evaluación del Impacto Ambiental.

Art.28.- Es el procedimiento a través del cual la secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en el caso de que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo algunas de las siguientes actividades, requerirán previamente la autorización en Materia de Impacto Ambiental de la SEMARNAP:

Fracción IV.- instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos. Art. 30° Para obtener la autorización a la que se refiere el artículo 28 los interesados deberán presentar en la SEMARNAP una manifestación de impacto ambiental la cual deberá contener por lo menos, una descripción de los posibles efectos en él o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Art. 37° Bis.- Las Normas Oficiales Mexicanas en Materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.

Capítulo 11. Preservación y aprovechamiento sustentables del suelo y sus recursos.

Art. 98° Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:

Fracción I - El suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas.

Fracción VI – La realización de las obras públicas o privadas que por si mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

4.3 Código penal para toda la República Mexicana.

Capítulo único delitos ambientales,

Art. 415°. Se impondrá pena corporal y multa a quién sin la autorización de la autoridad Federal competente o contraviniendo los términos en que haya sido concedida, realice cualquier actividad con materiales o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud Pública a los recursos naturales la fauna, la flora, a la calidad del agua de las cuencas o de los ecosistemas.

Art. 416°. Se impondrá pena corporal y multas a quién sin la autorización que en caso se requiera o en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias y Normas Oficiales Mexicanas:

I. Descargue, deposite o infiltre o lo autorice u ordene, aguas residuales entre otros, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos y demás depósitos o corrientes de agua de jurisdicción federal, que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública a los recursos naturales la fauna, la flora, a la calidad del agua de las cuencas o de los ecosistemas.

4.4 Delito ambiental.

Dentro de los elementos jurídicos que respaldan la situación en materia de residuos peligrosos, destacan tanto la Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA) y su reglamento en materia de residuos peligrosos, como la normatividad respectiva, haciendo énfasis en el hecho de que la disposición inadecuada de los residuos peligrosos, como es el caso de estudio, representa un delito ambiental, que ya se encuentra tipificada dentro del código penal de la federación.

Capítulo VI Materiales y Residuos Peligrosos.

Art. 150° los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la LGEEPA, su reglamento y Normas Oficiales Mexicanas.

Art.151°. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponden a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la SEMARNAT y los residuos sean entregados a dichas empresas. Quienes generen, rehusen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la SEMARNAT en los términos previstos en el reglamento de la presente Ley.

Art. 151° Bis III. El recurso, reciclaje y disposición final de Residuos Peligrosos fuera de las instalaciones donde se generaron dichos residuos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Art.152° los residuos peligrosos que sean usados, tratados o reciclados en un proceso distinto al que los generó, dentro del mismo predio, serán sujetos a un control interno por parte de la empresa responsable, de acuerdo con las formalidades que establezca el reglamento de la presente ley.

En el caso de que los residuos señalados en el párrafo anterior, sean transportados a un predio distinto al que se generaron, se estará a lo dispuesto en la Normatividad aplicable al transporte de residuos peligrosos.

Art.152° Bis. Cuando la generación manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

Capitulo III. medidas de seguridad.

Art.145°. La Secretaría promoverá que en la determinación de los usos de suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos para la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente tomándose en consideración:

- I- Condiciones topográficas, meteorológicas, climatológicas, geológicas y sísmicas de las zonas
- II- Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento.
- III- Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate sobre los centros de población y sobre los recursos naturales.

4.5 Reglamento en materia de residuos peligrosos.

Capitulo II generación de residuos peligrosos

Art. 8°. El generador de los Residuos Peligrosos deberá:

- I- Inscribirse en el registro que para tal efecto establezca la Secretaría.
- II- Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus Residuos Peligrosos.
- III- Dar a los residuos peligrosos, el manejo previsto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 8 Clasificación de residuos peligrosos por giro industrial y proceso.

No de giro	Grupo industrial y proceso.	Clave CRETIB	Residuo Peligroso	No. INE
1	Acabado de metales galvanoplastia y			
1.1	Producción en general	(T,C)	Residuos provenientes de los baños de fosfatizados	R.P.1.1/17
8	Metalmecánica			
8.1	Producción en general.	(C,T)	Residuos de las operaciones de limpieza, alcatina o ácida	R.P.8.1/04

Ahora bien en el caso de que se trate de establecer un sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos, se debe dar cumplimiento a la Normatividad respectiva.

4.6 Normas oficiales mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas son de Observancia obligatoria según lo establece cada una de ellas.

NOM-052-ECOL./93. Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-ECOL./93. establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción PECT 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.

NOM-055-ECOL./93. Establece los requisitos que deben de reunir los sitios designados al confinamiento controlado de residuos peligrosos.

El cumplimiento de la NOM será sancionado conforme a lo dispuesto por la LGEEPA, su reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y demás disposiciones jurídicas aplicables.

En este sentido la **NOM-052-ECOL./93.** Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, y en su anexo 2 contiene la tabla 1 con la Clasificación de los Residuos Peligrosos por giro industrial y proceso.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.

El sitio bajo estudio empezó a recibir residuos industriales desde 1990 y la población local aprovechaba para recolectar residuos metálicos y realizar su comercialización; recientemente asociaron un padecimiento de leucemia con la exposición a dichos residuos, por lo que las autoridades municipales procedieron a realizar la denuncia respectiva ante la Comisión Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo y realizar el muestreo respectivo y obtener asesoría técnica.

Se llevó a cabo una evaluación del área para determinar el nivel de la contaminación dentro de la zona. Se recolectaron muestras en el sitio conformadas por residuos industriales mezclados con material del subsuelo.

Cabe mencionar que se realizan actividades agrícolas, principalmente para la producción de maíz y hacia la porción Noreste se tiene la producción de árboles frutales (durazno).

Anteriormente era destinado a actividades agrícolas, al momento del estudio el sitio muestra signos de haber sido retirado todo el material edáfico y la disposición de residuos se realizó sobre el material parental (roca vulcanosedimentaria del Terciario, fracturada y permeable), de tal forma que se encuentran mezclados los residuos industriales con la capa superficial del suelo.

5.1 Localización.

El Estado de Hidalgo forma parte de la zona centro del país y cuenta con una superficie de 20905.12 km². Se localiza entre las coordenadas 19°36' y 21°24' de latitud Norte y 97°53' y Oeste 99°58' de longitud Oeste.

Colinda al Norte con Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz, al Este con Veracruz y Puebla, al Sur con Tlaxcala y México, y al Oeste con México y Querétaro de Arteaga.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el estado de Hidalgo, a 500 metros de la carretera Número 85 (México-Laredo), se localiza entre los paralelos 19° 45' y 20° 42' de latitud Norte y 98° 27' y 98° 08' de longitud Oeste, a una altitud de 2,070 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con el municipio de Actopan, al Sur con San Agustín Tlaxiaca; al Este con el Mineral del Chico y al Oeste con Actopan (INEGI, 1996).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, que se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente. Esta región está integrada por grandes Sierras volcánicas o coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto y depósitos de arenas y cenizas, entre otras formaciones, que se encuentran dispersos entre llanuras. Incluye la cadena de grandes estratovolcanes denominada propiamente "Eje Neovolcánico".

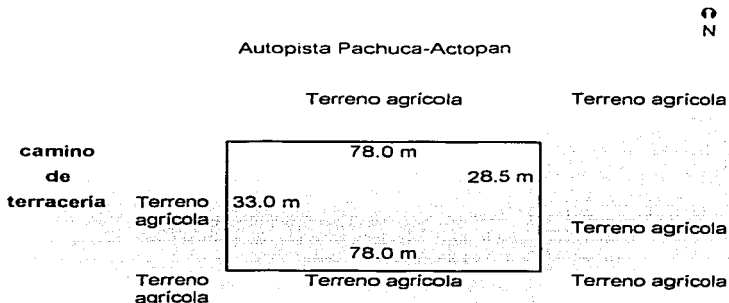
5.2 Historia del sitio.

El sitio tiene una superficie aproximada de 2 398.5 m², este lugar empezó a recibir residuos industriales desde 1990 de giro metal-mecánico, que de acuerdo a la NOM-052-ECOL/1993, se clasifican como Residuos Peligrosos catalogándose este evento como de "peligro para la salud pública y el ambiente". La población local realizaba actividades de recolección de residuos metálicos y se presentaron eventos de salud que alteraron a la comunidad local. A fin de conocer los tipos de contaminantes y los riesgos asociados a dichos residuos se llevo a cabo la caracterización CRETIB.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En este sitio anteriormente se realizaban actividades agrícolas, principalmente para la producción de maíz y hacia la porción Noreste producción de árboles frutales (durazno). Posteriormente el sitio mostró signos de haberse retirado material edáfico y disposición de residuos sobre material parental (roca volcano-sedimentaria del Terciario, fracturada y permeable), encontrándose mezclados los residuos con la capa superficial, al parecer ya se habían realizado actividades de remoción de estos residuos, debido a que se tiene el antecedente de que el sitio tiene aproximadamente 7 años de estar recibiendo este tipo de materiales.

**CROQUIS DEL SITIO 1
PREDIO CONTAMINADO EN EL POBLADO BOJHA**

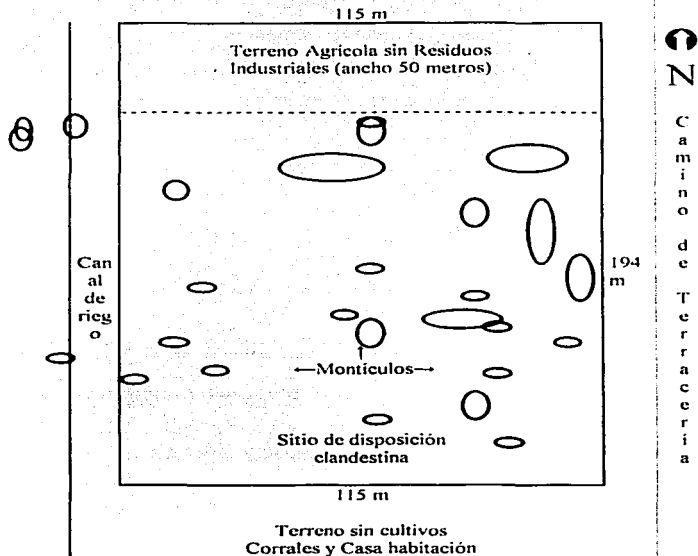


De esta forma se tiene una superficie aproximada de 2,398.5 m²

El sitio presenta evidencia de haber sido sometido a la extracción del suelo superficial y el depósito de los residuos industriales esta directamente sobre el material parental; existe un desnivel con el terreno colindante hacia el sur de 1.90 metros y una pendiente general ligera de los terrenos adyacentes del 7 %.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Autopista Pachuca- Actopan



5.3 Geomorfología y Geología.

La zona de estudio se localiza sobre una geoforma de laderas tendidas con una exposición Norte y con una pendiente menor al 7% y que se suaviza paulatinamente hasta llegar a la Autopista Pachuca-Actopan; el material geológico esta compuesto por rocas ígneas extrusivas básicas y calizas del Terciario, con estratificaciones sedimentarias, que favorecen la formación de complejos con vulcano sedimentarios.

5.4 Clima.

Predomina el Clima semiseco con lluvias en verano, tiene una temperatura media anual igual a 14.8 °C, con una máxima en mayo de 17.3 °C y la mínima en noviembre de 9.4 °C. La precipitación anual total es de 543.4 mm con una máxima incidencia en septiembre con 117.4 mm y una mínima en enero de 8.8 mm (INEGI; 1992).

5.5 Suelos.

El suelo de la zona de estudio corresponden a la Unidad Feozem calcárico y Feozem Haplíco con una textura media, cuya simbología, de acuerdo a la Clasificación FAO/UNESCO, es Hc+Hh/2. Se desarrollan sobre las planicies o laderas tendidas de esta zona y son suelos poco profundos alrededor de 50 cm, y normalmente se destinada actividades agrícolas de temporal y a las actividades pecuarias, son moderadamente productivos, sin embargo, la fuerte restricción climática como es un periodo errático de lluvias y la presencia de intemperismos severos (INEGI; 1992).

6 HIPÓTESIS

Si se identifica el tipo de compuestos de acuerdo al código CRETIB presentes en el suelo y la relación que guardan de acuerdo con las características edafológicas, entonces se podrá establecer la dinámica que presenten los compuestos contaminantes y proponer una técnica de lavado "In Situ" para el saneamiento del sitio contaminado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7 OBJETIVOS

7.1 Objetivo General:

Realizar la caracterización CRETIB a los residuos presentes en el sitio y relacionarla con las condiciones físicas y químicas del suelo.

7.2 Objetivos particulares:

1. Diseño del muestreo, utilizando el método del cuarteo.
2. Caracterización física y química del suelo de un sitio con presencia de residuos del giro metalmecánico.
3. Realizar la caracterización CRETIB de los residuos del giro metal-mecánico presentes en el sitio de estudio para determinar si son o no peligrosos.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos establecer la relación que guardan los contaminantes con los parámetros físicos y químicos para evaluar el impacto sobre el ecosistema.
5. Proponer una técnica de lavado "in situ" para el saneamiento del sitio contaminado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

8 METODOLOGÍA:

Para la realización de este trabajo se tomaron en cuenta las siguientes actividades:

8.1 Fase de campo.

1. Visita y reconocimiento de la zona de estudio, utilizando el mapa geológico y edafológico de la zona de estudio.
2. Localización de los sitios afectados.
3. Diseño de programa de muestreo
4. Trazado de cuadrantes y cuarteo (Sitio Bojha).
5. Toma de muestra compuesta, usando el método de cuarteo, así como de una muestra testigo en zonas aledañas.
6. Toma de muestra de los montículos de "El Rancho".

Se tomaron dentro del Sitio 48 submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm. con un nucleador de acero inoxidable; el muestreo consistió en trazar 16 cuadrantes en el cual se tomaron tres submuestras por cuadrante; cabe mencionar que el suelo superficial ya había desaparecido y se tomaron muestras consistentes en material geológico y residuos industriales. Posteriormente se homogenizaron las 48 submuestras y mediante la técnica del cuarteo se tomaron dos cuadrantes opuestos para obtener la muestra final, de aproximadamente 3 Kg. las cuales se almacenaron en recipientes específicos para determinar los compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, sulfatos y para el resto de los parámetros. En campo se determinó el color de cada una de las submuestras, así como las características ambientales del sitio.

Posteriormente se tomaron tres muestras de los montículos que contenían los residuos industriales de ambos extremos y del centro de los mismos, se homogeneizaron para obtener la muestra final, de aproximadamente un Kg. la cual se almacenó en recipientes específicos para determinar los metales pesados.

Parámetro	Técnica
Temperatura	Potenciométrico,
Color	Tablas Munsell

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.2 Fase de laboratorio.

1. Evaluación de las características edafológicas del sitio Bojha, así como los siguientes parámetros.

Parámetro	Técnica
PH Real	Potenciométrico (suelo-agua 1:2.5)
PH Potencial	Potenciométrico (suelo-KCl 1N 1:2.5)
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad Aparente	De la Probeta
Densidad Real	Picnómetro
Porosidad	Relación Matemática D Aparente y D Real
Materia Orgánica	Walkley y Black
Conductividad Eléctrica	Potenciométrica
Capacidad de Intercambio Catiónico	Extracción con Cloruro de Calcio y Titulación con Versenato

LIDET 1998

2. Realización CRETIB de las muestras tomadas del sitio afectado.

Parámetro	Técnica
Corrosividad	Potenciométrica
Explosividad	Punto de Ignición
Toxicidad	Cromatografía de Gases, Absorción Atómica
Inflamabilidad	Punto de inflamación
Biológico-Infecioso	Microbiológico.

LIDET 1998

3. Se tomaron 3 muestras compuestas del sitio.

- (T) Muestra testigo.
- (B) Muestra del sitio Bojha
- (R) Muestra del sitio de "El Rancho".

4. Extracción y lavado del suelo:

- a) Se preparó la solución de lavado utilizando la solución extractora.
- b) Lavado de las muestras de suelo con solución de lavado.
- c) Lavado del suelo contaminado con solución quelante.
- d) Recuperación de lixiviados.

Cada una de las muestras se trabajó por triplicado sometiénolas a diferentes condiciones de tratamiento con la solución extractora.

- T1 (Tratamiento inmediato)
- T2 (Tratamiento durante 24 horas)
- T3 (Tratamiento durante 48 horas).

Se determinaron los elementos Cu, Fe, Ni y Zn en el lixiviado para cuantificar la eficiencia y determinar el tiempo adecuado para eliminar estos metales.

9 RESULTADOS:

9.1 Resultados físicos y químicos de la muestra superficial del suelo del sitio de estudio (Bojña).

Parámetro	R1	R2	R3	Valor Medio
pH Real	8.23	8.27	8.34	8.31
pH Potencial	7.34	7.33	7.32	7.33
Textura (clase Textural)	MIGAJON ARENOSO			
% Arena (*)	68.00			68.00
% Limo (*)	21.28			21.28
% Arcilla (*)	10.72			10.72
Densidad Aparente (g/mL)	1.33	1.34	1.34	1.34
Densidad Real (g/mL)	2.32	2.27	2.27	2.29
Porosidad (%)	42.67	40.97	40.96	41.53
Materia Orgánica (%)	0.77	0.63	0.687	0.697
Capacidad de Intercambio Catiónico	14.0	13.6	17.5	15.01

(*) Sólo se procesó una muestra, realizando las lecturas con el hidrómetro de Bouyoucos.

Los valores de pH Real (8.31) indican un suelo alcalino, donde la presencia del material parental de tipo calizo, favorece las condiciones de alta alcalinidad en el sitio; en relación al pH Potencial (7.33), se observan condiciones tendientes a la neutralidad y ligeramente a un pH alcalino.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Dentro de los resultados obtenidos en la caracterización CRETIB destaca el hecho de haber encontrado un 100 % de sólidos en el residuo, un pH inicial de 7.91, (mayor de 5, añadir HCl a 50° C, con lo que se obtuvo un pH de 6.50, es decir mayor a 5, por lo que se uso la solución extractora 2)

9.2 Prueba CRETIB.

9.2.1 Corrosividad.

CORROSIVIDAD	Parámetro	Método	Instrumento o equipo	Valores Críticos	RESULTADO
	pH	Potenciométrico	Potenciómetro Jenco, Electronics 6071	A 2.0 a 12.5	4.81
	Corrosión de acero al carbón (SAE 1020)	EPA (1110*)	Equipo para inmersión	Vel. 6.35 mm/año o más	Vel. < 6.35 mm/año. Tiempo de prueba 24 hr. NO CORROSIVO

9.2.2 Reactividad.

REACTIVIDAD	Parámetro	Método	Instrumento o equipo	Valores Críticos	Resultados
	Polimerización	NOM-052-ECOL/93	Sistema de calentamiento y autoclave.	Polimerización violenta sin detonación (25°C atm). 1	NO HAY POLIMERIZACIÓN.
	Generación de gases, vapores o humos en presencia de agua.	NOM-052-ECOL/93	VISUAL	Presencia de gases, vapores o humos.	NO HAY PRESENCIA DE VAPORES, GASES O HUMOS.
	Generación de gases, vapores o humos en presencia de NaOH y HCl	NOM-052-ECOL/93	VISUAL	Presencia de gases, vapores o humos.	NO HAY PRESENCIA DE VAPORES, GASES O HUMOS.
	Cianuros	NOM-052-ECOL/93	UV-VIS Lambda 12	Presencia de gases, vapores o humos en presencia de cianuros con 250 mg HCN/Kg de residuo.	0.2800 mg HCN/ kg residuo. NO HAY PRESENCIA DE VAPORES O HUMOS.

	Radicales libres	Tira reactiva de Yoduro de potasio y almidón.	VISUAL	Presencia de radicales libres	(Continuación) Ausencia de color azul, ausencia de radicales libres.
					NO REACTIVO

9 2 3 Toxicidad.

TOXICIDAD	Parámetro	Método	Instrumento o equipo	Concentración máxima permitida(mg L ⁻¹)	Resultados (mg L ⁻¹)
	Constituyentes orgánicos				
	Arsénico	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	5.0	0.1000
	Bario	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	100.00	15.7992
	Cadmio	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	1.0	0.2795
	Cromo hexavalente	Ultravioleta Visible	PE Lambda 12	5.0	0.2554
	Niquel	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	5.0	10.4670
	Mercurio	Ultravioleta Visible	PE Lambda 12	0.2	N.D.
	Plata	Ultravioleta Visible	PE Lambda 12	5.0	0.142
	Plomo	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	5.0	0.8636
	Selenio	Absorción Atómica	Perkin Elmer 3110	1.0	0.7142
	Constituyentes orgánicos				
	1,4-Diclorobenceno	Separación por cromatografía de Gases.	Perkin Elmer AutoSystem	7.5	0.0045
	Nitrobenceno	Separación por cromatografía de Gases.	Perkin Elmer AutoSystem	2.0	0.4250
					TOXICO

NOTAS: N.D.= No detectado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.2.4 Inflamabilidad

INFLAMABILIDAD	Parámetro	Método	Equipo o instrumento	Valor Crítico	Resultado
	Inflamabilidad	Separación por Cromatografía de gases	Cromatografía de Gases, AutoSystem.	Solución acuosa con más de 24 % de alcohol en volumen.	0.0014 % de alcohol en volumen.
	Inflamabilidad	Punto de Ignición.	Sistema de calentamiento	Punto de inflamación inferior a 60°C	Punto de inflamación inferior a 60°C
					NO INFLAMABLE

9.2.5 Biológico-Infecioso.

BIOLÓGICO-INFECIOSO	Parámetro	Método	Equipo o instrumento	Valor Crítico	Resultado
	Bacterias, Virus u otros microorganismos	Siembra de placa	Cajas Petri	Presencia de Bacterias, virus u otros microorganismos.	Ausencia de Microorganismos
					NO BIOLÓGICO INFECIOSO

La muestra de Residuos Industriales presenta la característica de toxicidad del código CRETIB, además por el hecho de encontrarse presente en el listado incluido en la NOM-052-ECOL-93 (Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

9.3 Resultados totales de metales en el suelo.

9.3.1 Resultados de Fe obtenidos en el lixiviado del suelo testigo a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1T	Conc. ppm
0	0.5494
1	494.5
2	450
3	520

T1T	Conc. ppm
0	0.6593
1	523
2	529.6
3	526.3

T1T	Conc. ppm
0	0.6593
1	434
2	450.5
3	516.4

T2T	Conc. ppm
0	0.4395
1	840
2	810
3	790

T2T	Conc. ppm
0	0.4395
1	840
2	834
3	849

T2T	Conc. ppm
0	0.4395
1	681
2	736
3	721

T3T	Conc. ppm
0	0.5494
1	777
2	796
3	784

T3T	Conc. ppm
0	0.5494
1	818
2	816
3	827

T3T	Conc. ppm
0	0.5494
1	579
2	569
3	557

9.3.2 Resultados de Fe obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio Bojha a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1B	Conc. ppm
1	104
2	100
3	152

T1B	Conc. ppm
1	20
2	340
3	412

T1B	Conc. ppm
1	0.8791
2	163
3	300

T2B	Conc. ppm
1	420
2	207
3	216

T2B	Conc. ppm
1	428
2	M.I.
3	430

T2B	Conc. ppm
1	438
2	476
3	384

T3B	Conc. ppm
1	132
2	128
3	137

T3B	Conc. ppm
1	132
2	133
3	M.I.

T3B	Conc. Ppm
1	M.I.
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

9.3.3 Resultados de Fe obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio "El Rancho" a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1M	Conc. ppm
1	893
2	898
3	896

T1M	Conc. ppm
1	821
2	887
3	861

T1M	Conc. ppm
1	775
2	863
3	863

T2M	Conc. ppm
1	865
2	817
3	946

T2M	Conc. ppm
1	894
2	954
3	918

T2M	Conc. ppm
1	697
2	895
3	916

T3M	Conc. ppm
1	684
2M.I.	
3M.I.	

T3M	Conc. ppm
1	891
2M.I.	
3M.I.	

T3M	Conc. ppm
1	960
2M.I.	
3M.I.	

* M.I. Muestra insuficiente

9.4.1 Resultados de Cu obtenidos en el lixiviado del suelo testigo a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas)

T1T	Conc. ppm
0	0
1	3.2
2	2.2
3	3.2

T1T	Conc. ppm
0	0
1	6
2	4.9
3	3.9

T1T	Conc. ppm
0	0
1	4.1
2	8.7
3	8.3

T2T	Conc. ppm
0	0
1	0.533
2	6.5
3	3.5

T2T	Conc. ppm
0	0
1	4.4
2	4.1
3	3.9

T2T	Conc. ppm
0	0
1	11.3
2	10.6
3	9.9

T3T	Conc. ppm
0	0
1	6.7
2M.I.	
3M.I.	

T3T	Conc. ppm
0	0
1	8
2M.I.	
3M.I.	

T3T	Conc. ppm
0	0
1	11.3
2M.I.	
3M.I.	

M.I. Muestra insuficiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.4.2 Resultados de Cu obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio Bojha a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1B	Conc. ppm
1	9
2	5.1
3	6

T1B	Conc ppm
1	6.5
2	5.6
3	6.2

T1B	Conc. ppm
1	5.3
2	4.8
3	5.6

T2B	Conc. ppm
1	6.2
2	8.1
3	7.4

T2B	Conc ppm
1	0.71
2	5.1
3	6

T2B	Conc. ppm
1	3
2	3.2
3	7.1

T3B	Conc. ppm.
1	4.9
2	8.5
3	5.8

T3B	Conc ppm
1	3
2	3.2
3	7.4

T3B	Conc. ppm
1	4
2	3.5
3	4.4

9.4.3 Resultados de Cu obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio "El Rancho" a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1M	Conc. ppm
1	3
2	9.2
3	8.1

T1M	Conc. ppm
1	6
2	5.3
3	5.3

T1M	Conc. ppm
1	1.7
2	9.2
3	11.3

T2M	Conc.
1	865
2	817
3	946

T2M	Conc. ppm
1	894
2	954
3	918

T2M	Conc. ppm
1	697
2	895
3	916

T3M	Conc. ppm
1	6.2
2M.I.	
3M.I.	

T3M	Conc. ppm
1	6.4
2M.I.	
3M.I.	

TM3	Conc. ppm
1	7.6
2M.I.	
3M.I.	

* M.I. Muestra insuficiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.5.1 Resultados de Ni obtenidos en el lixiviado del suelo testigo a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas)

T1T	Conc. ppm
0	0
1	2.8
2	6.9
3	4.4

T1T	Conc. ppm
0	0
1	8.1
2	4.4
3	8.5

T1T	Conc. ppm
0	0
1	6.5
2	7.3
3	8.5

T2T	Conc. ppm
0	0
1	9.3
2	8.1
3	6.5

T2T	Conc. ppm
0	0
1	7.3
2	6.5
3	8.1

T2T	Conc. ppm
0	0
1	7.3
2	8.1
3	8.1

T3T	Conc. ppm
0	0
1	7.3
2	M.I.
3	M.I.

T3T	Conc. ppm
0	0
1	8.1
2	M.I.
3	M.I.

T3T	Conc. ppm
0	0
1	5.7
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente

9.5.2 Resultados de Ni obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio Bojha a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1B	Conc. ppm
1	8.9
2	7.3
3	7.7

T1B	Conc. ppm
1	8.9
2	5.3
3	6.1

T1B	Conc. ppm
1	6.1
2	6.9
3	6.5

T2B	Conc. ppm
1	7.3
2	7.9
3	8.1

T2B	Conc. ppm
1	6.5
2	6.5
3	6.5

T2B	Conc. ppm
1	6.5
2	6.1
3	6.2

T3B	Conc. ppm
1	7.7
2	8.9
3	7.3

T3B	Conc. ppm
1	10.6
2	8.1
3	8.9

T3B	Conc. ppm
1	8.1
2	8.9
3	8.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.5.3 Resultados de Ni obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio "El Rancho" a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1M	Conc. ppm
1	3.2
2	6.9
3	5.7

T1M	Conc. ppm
1	4
2	6.9
3	7.7

T1M	Conc. ppm
1	3.6
2	8.9
3	8.9

T2M	Conc. ppm
1	5.7
2	10.2
3	10.2

T2M	Conc. ppm
1	4.4
2	10.2
3	8.1

T2M	Conc. ppm
1	10.6
2	14.6
3	14.6

T2M	Conc. ppm
1	18.7
2	M.I.
3	M.I.

T2M	Conc. ppm
1	15.1
2	M.I.
3	M.I.

T2M	Conc. ppm
1	8.9
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente.

9.6.1 Resultados de Zn obtenidos en el lixiviado del suelo testigo a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1T Inm	Conc. ppm
0	0
1	10.6
2	16.9
3	15.9

T1T	Conc. ppm
0	0
1	27.6
2	28.9
3	29.4

T1T	Conc. ppm
0	0
1	12.5
2	8.3
3	15.1

T2T	Conc. ppm
0	0
1	29.4
2	29.3
3	30.6

T2T	Conc. ppm
0	0
1	35.4
2	31.8
3	32.5

T2T	Conc. ppm
0	0
1	32.5
2	35.4
3	32.2

T3T	Conc. ppm
0	0
1	70.3
2	M.I.
3	M.I.

T3T	Conc. ppm
0	0
1	71
2	M.I.
3	M.I.

T3T	Conc. ppm
0	0
1	70.5
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.6.2 Resultados de Zn obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio Bojha a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1B	Conc. ppm
1	128.6
2	117.7
3	127.4

T1B	Conc. ppm
1	146.4
2	133.6
3	120

T1B	Conc. ppm
1	137.7
2	141.1
3	116.6

T2B	Conc. ppm
1	123
2	128.2
3	134.4

T2B	Conc. ppm
1	145.1
2	133.6
3	145.7

T2B	Conc. ppm
1	49.9
2	138.2
3	98.5

T3B	Conc. ppm
1	123
2	129.1
3	131.4

T3B	Conc. ppm
1	156.2
2	M.I.
3	M.I.

T3B	Conc. ppm
1	159.4
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente.

9.6.3 Resultados de Zn obtenidos en el lixiviado del suelo del sitio "El Rancho" a diferentes tiempos (inmediato, 24 horas y 48 horas).

T1M	Conc. ppm
1	107.5
2	168.8
3	146.4

T1M	Conc. ppm
1	98
2	95
3	181.5

T1M	Conc. ppm
1	163.3
2	170.4
3	181.5

T2M	Conc. ppm
1	145.7
2	181.2
3	170.2

T2M	Conc. ppm
1	160.1
2	181
3	172.8

T2M	Conc. ppm
1	157.5
2	173.6
3	177.8

T3M	Conc. ppm
1	179.7
2	M.I.
3	M.I.

T3M	Conc. ppm
1	177
2	M.I.
3	M.I.

T3M	Conc. ppm
1	177.6
2	M.I.
3	M.I.

* M.I. Muestra insuficiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

10 ANALISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y biológicos, los residuos son considerados como peligrosos por los valores encontrados para Fierro (343.75 mg Kg⁻¹ de suelo), Cobre (1229.0 mg Kg⁻¹ de suelo), Niquel (14.6 mg Kg⁻¹ de suelo) y Zinc (1419.06 mg Kg⁻¹ de suelo)

A pesar de que los metales Fierro, Cobre y Zinc se consideran elementos esenciales en el hombre, los niveles encontrados en las zonas de muestreo indican que niveles tan altos pueden originar problemas de salud a la población, su toxicidad es bien conocida, así como su persistencia y capacidad de bioacumulación, razones por las cuales su manejo está sujeto a regulación y control. De acuerdo a Berkow, 1986 la sobre acumulación de Fierro en el ser humano produce envenenamiento agudo llamado hemossiderosis, que cuando se acompaña de lesión tisular puede provocar cirrosis hepática, diabetes y cardiomiopatía. La inhalación de polvos de Fierro puede causar una pneumoconiosis benigna pero puede aumentar los efectos tóxicos del dióxido de azufre y de diversos agentes carcinógenos. Para Zinc (Carson, 1986) reporta que es un ion escasamente absorbido, pero las sales ácidas son corrosivas a la piel y tracto gastrointestinal, la ingestión de 2 g o más produce síntomas tóxicos. Para Cobre, Barberá, 1992 reporta que la exposición continua a este elemento produce su acumulación en los tejidos, especialmente en el hígado causando alteraciones en su funcionamiento.

Los resultados obtenidos se correlacionaron con los parámetros del suelo, los cuales nos indican que la presencia de arcillas es un factor fundamental que evita la migración de los lixiviados generados por los residuos peligrosos.

Es importante señalar que por el listado son Residuos Peligrosos, se anexa la información.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el estudio CRETIB los residuos muestreados no son peligrosos, pero por el hecho de ser mencionados en el listado de residuos peligrosos en la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL-1993** aun cuando la concentración no sobre pase los límites establecidos por la misma.

De acuerdo a las resultados generados en este trabajo se concluye que la zona de estudios representa un peligro para la salud pública, debido a que existen evidencias de determinados contaminantes no considerados en el estudio CRETIB, pero se desconoce su radio de afectación y el lapso de tiempo en que ha estado en contacto la población con los residuos analizados.

Un número importante de montículos de material en campo estaba representado por material caliza (cal) y en otros montículos era evidente la presencia de polvos, limaduras y escorias metálicas que al momento de mezclarse con la cal resultaron una interferencia importante en el desarrollo analítico para constituyentes inorgánicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La evaluación de la concentración total de Fe, Cu, Zn y Ni en los lixiviados obtenidos después de tratar las muestras indica que el mejor tratamiento fue el que se le aplicó durante 24 horas, tomando como principal factor la remoción de metales de acuerdo al tiempo de espera para cada tratamiento. La eficiencia en la extracción de metales en estas muestras resultaron mayor que en el tratamiento aplicado durante 48 horas.

11 CONCLUSIONES.

La zona de estudios la cual representa un peligro para la salud pública, debido a que existen evidencias de determinados contaminantes no considerados en el estudio CRETIB, pero se desconoce su radio de afectación y el lapso de tiempo en que han estado en contacto la población con los residuos analizados.

Los contaminantes encontrados son Hierro, Cobre, Zinc, encontrándose valores excesivamente altos para el caso del Hierro ($343.75 \text{ mg Kg}^{-1}$ de suelo) y niveles altos para Cobre ($1229.0 \text{ mg Kg}^{-1}$ de suelo), Níquel (14.6 mg Kg^{-1} de suelo) y Zinc ($1419.06 \text{ mg Kg}^{-1}$ de suelo), ocasionando efectos severos señalados en el anexo del CRETIB.

Es evidente la presencia de metales en los suelos si bien es cierto que algunos que presentan un riesgo para la salud del hombre no son considerados por el estudio antes mencionado.

Los datos ambientales para el suelo cercano al sitio con residuos peligrosos y para agua subterránea, no caracterizan de manera adecuada la magnitud o la extensión de la contaminación en el área de estudio,

12 RECOMENDACIONES.

Con base a los resultados obtenidos podemos realizar las siguientes recomendaciones encaminadas a la recuperación del sitio afectado:

- Iniciar acciones de remediación a fin de prevenir el contacto de los materiales contaminados o con suelos adyacentes, debido al transporte con agua o erosión edáfica.
- Supervisar los programas de limpieza y remediación del sitio afectado.
- Para evitar y reducir la exposición, se debe restringir todo acceso público al sitio o a la zona contaminada.
- Se sugiere comenzar por la recuperación de estas áreas afectadas aplicando el tratamiento óptimo de mayor remoción de acuerdo a los resultados generados en el presente estudio, en tal caso se deberá iniciar por:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Aplicar la solución de lavado al área afectada, dejándola actuar durante 24 horas y prevenir la dispersión aérea, debido a la intensidad de los vientos de la zona.
- Realizar el muestreo inmediato del agua potable, a fin de detectar posibles evidencias de contaminación de los pozos.
- En caso de detectar niveles de contaminación en los pozos de abastecimiento de agua se debe contar inmediatamente con abastecimientos alternativos.
- Durante el proceso de remediación, se debe de proteger a los trabajadores que realizan la actividad y a la población cercana evitando la dispersión de las partículas con el viento.
- Debe obtener la información faltante, como son los niveles de contaminación en los terrenos adyacentes, (debido a la dispersión eólica de los contaminantes), pozos y productos vegetales localizados en los terrenos cercanos.
- Informar de inmediato a los habitantes de la localidad que no deben realizar actividades cercanas (recolección de residuos, recreación, vegetación, actividades agrícolas o pastoreo) hasta que las autoridades hayan determinado los niveles de contaminación de los terrenos adyacentes.
- Se debe investigar el destino de los materiales que ya fueron removidos, así como emitir una notificación a otras dependencias estatales y federales relacionadas con el problema, tanto ambiental como de salud.
- Se sugiere dar seguimiento y supervisión a los problemas de salud y prohibir la apertura de nuevos pozos en el municipio sin antes conocer la calidad del agua, a fin de prevenir la exposición a agua subterránea contaminada.
- Contar con un programa de trabajo, donde se marquen los tiempos para llevar a cabo las actividades.

**TESIS CON
FALLA DE URGEN**

13 BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ayres, G. H. (1970). "Análisis Químico Cuantitativo". Ed. Harla, S.A. de C.V. México D.F. pp. 41 y 42.
- 2) Alloway, B.J. (1990). "Heavy metals in soil" 1ª ed. Editorial Limusa. México: pp. 325.
- 3) Barberá, C. 1989. "Pesticidas Agrícolas". 3ª edición. Editorial Omega. S. A. de C.V. Barcelona, España. pp. 4-5.
- 4) Carson, B; Harry, V; and Joy, L. 1986. "Toxicology and Biological Monitoring of Metals in Human" Including Feasibilidad and Need. Lewis Publishers. Inc Michigan, USA; pp. 51-297.
- 5) Cepeda, J.M. (1991), "Química de los suelos" 2ª ed. Editorial Trillas. México; pp. 167.
- 6) Cortinas C. y Vega S. (1993). "Residuos Peligrosos en el Mundo y México". SEDESOL. Editorial. Edigraf Watson-Gómez, S.C. México, D.F.
- 7) Chung, N.K. (1989). "Standard handbook of hazardous wastws" Ed. McGraw-Hill. New York, pp. 721-729. Davis, B. 1980. Applied soil trace elements. John Wiley & Sons Ltd. USA; 351 pp.
- 8) Davis, B. 1980. Applied soil trace elements. John Wiley & Sons Ltd. USA.
- 9) Espindola, Z. Y. (1994). "Procesos Fisicoquímicos Para Estabilización de Residuos Peligrosos". Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- 10) Fergusson, J. E. 1990. "The heavy elements: chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon, USA.
- 11) Fernández, G. (1992). "Proceso del Tratamiento Para Residuos Peligrosos". Memorias Reunión Anual del Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM. 154.
- 12) Fitzpatrick, E. A. (1984). " Suelos, su formación clasificación y distribución". Ed. Continental, México.
- 13) Fochtman, E. G. (1989). "Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal". Ed. McGraw - Hill, New York.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 14) González, T.(1997)."Sitios de Confinamiento". Residuos Peligrosos. Ed. PUMA. Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.
- 15) INEGI. 1992. "Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo". Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- 16) Jackson, L.M. (1982). "Análisis Químico del Suelo". 4ª ed. Ediciones Omega, Barcelona, España; pp. 235.
- 17) Kabata -Pendias, A. y Pendias H. 1986. Trace elements in soils and plants. Vol. 1 CRC. Press, Inc. Boca Ratón. Florida. USA.
- 18) LaGrega, M. D. (1996). "Gestión de Residuos Tóxicos, Tratamiento, Eliminación y Recuperación de suelos". Ed. Mc Graw Hill. España.
- 19) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA). 1997. Décima cuarta edición. Ed. Porrúa. México, D. F., pp. 78-79, 123-134.
- 20) LIDET. 1998. (Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico). "RESIDUOS PELIGROSOS, CRETIB" FES ZARAGOZA, UNAM., pp. 78-141.
- 21) Diario Oficial de la Federación 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93. Que establece las características de los Residuos Peligrosos, el listado de los mismos y los Límites que hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente. Secretaría de Desarrollo Social, Dirección General de Normas.
- 22) Diario Oficial De la Federación 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Secretaría de Desarrollo Social. México. p. 17-21.
- 23) Diario Oficial de la Federación 1996. Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; pp. 5-46.
htm.
- 24) Noyes Data Corporation. (1982). "Hazardous Waste Leachate Management Manual". Pollution Tecnology review No. 92.
- 25) PUMA, (1993). "Residuos Peligrosos". Coordinación de Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.

- 26) Rivero, S. O., Garfias, V.M., Gonzáles, M. S. 1997. "Residuos Peligrosos". Primera impresión. Ed. UNAM Programa Universitario del Medio Ambiente.
- 27) Russell. (1986). "Las condiciones del Suelo en el Crecimiento de las Plantas". 4ª ed. Ediciones Aguilar, S.A. España. Pp. 801.
- 28) Consorcio de la Cuenca del Pacífico Para la Investigación de los Residuos Peligrosos (1988). "Transporte y Disposición de Residuos Peligrosos a Nivel Internacional Preparado Para el Programa Ambiental para la Región del Pacífico Sur" (SPREP); traducido y adaptado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- 29) Shuman, L.M. (1978). "Zinc, Manganese and Copper in soil fractions". Soil Science. USA Vol. 127, N° 1
- 30) SEDESOL. "Residuos Peligrosos en el Mundo y en México", serie Monografías, núm. 3, México, 1993.
- 31) Sedue, "Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México", México, 1989.
- 32) Stephen, L. 1981. Química Ambiental. 1ª. Ed. Blume, Barcelona; 320 pp.
- 33) Stallones, L., Nuckols, R.J. y Berry, K.J., "Surveillance around hazardous
- 34) Wastw sites: geographic information systems and reproductive outcomes", en Env. Res., núm. 59, 1992, pp.81-92.
- 35) Rivero, Serrano, (1997). "Los Residuos Peligrosos En México" Coordinación de Investigación Científica. Programa Universitario Del Medio Ambiente, UNAM. México.
- 36) Toledo, C. G. (1998). "Destrucción del hábitat" UNAM. Programa Universitario del Medio Ambiente. México.
- 37) Thompson, L. M. & F. R. Troch. 1982 Los Suelos y su Fertilidad. Cuarta edición. Reverte. España.
- 38) Vega, S. 1990. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. 1a. ed. Ed. Limusa. ; México; 720 pp.
- 39) Viets, 1962. F.G., J.Agricultural Fd.Chemical. Vol 10. 174 pp.
- 40) Wentz, C.A. (1989)."HazardousWast Management". Ed. McGraw-Hill Publishing Co., New York. pp. 156-197.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO.

Ya que los metales pesados son un factor potencialmente de riesgo para la salud del hombre, se consideró PERTINENTE no solo realizar los constituyentes inorgánicos solicitados en el estudio CRETIB. Se realizaron determinaciones para evaluar la presencia de Hierro, Cobre y Zinc.

Metales pasados en una muestra de suelo.

TOXICOS	Parámetro	Método	Equipo o instrumento	Resultado (mg/kg. De suelo)
	Hierro	Digestión húmeda.	Absorción atómica 3110 PE	23 343.75
	Cobre	Digestión húmeda.	Absorción atómica 3110 PE	1229.0
	Zinc	Digestión húmeda.	Absorción atómica 3110 PE	1419.06

CRITERIOS Y ACCIONES PARA LOS NIVELES DE PELIGRO DE LA SALUD PÚBLICA

ANEXOS

Categoría A	Categoría B
PELIGRO URGENTE PARA LA SALUD PÚBLICA	PELIGRO PARA LA SALUD PÚBLICA
Esta categoría se utiliza para los sitios que presentan un peligro de salud pública urgente como resultado de exposiciones a corto plazo a sustancias peligrosas.	Esta categoría es utilizada para los sitios que presentan un peligro de salud pública como resultado de exposiciones a largo plazo de sustancias peligrosas.
Criterios	Criterios
Existe evidencia de que han ocurrido exposiciones, están ocurriendo o es probable de que ocurran en el futuro.	Existe evidencia de que han ocurrido, están ocurriendo o es probable que ocurran exposiciones en el futuro.
Y	Y
Las exposiciones estimadas son a una sustancia o sustancias con concentraciones tales en el medio ambiente que en exposiciones a corto plazo (menos de un año), pueden causar efectos adversos para la salud en cualquier segmento de la población receptora. El efecto adverso para la salud puede ser el resultado ya sea de toxicidad carcinogénica o no carcinogénica de una exposición química. Para un efecto tóxico no carcinogénico, la exposición necesita exceder un nivel de riesgo mínima agudo o intermedio (MRI, siglas en inglés) establecido en los Perfiles Toxicológicos de la ATSDR u otros valores comparables.	Las exposiciones estimadas son a una sustancia o sustancias con concentraciones tales en el medio ambiente que en exposiciones a corto plazo (menos de un año), pueden causar efectos adversos para la salud en cualquier segmento de la población receptora. El efecto adverso para la salud puede ser el resultado ya sea de toxicidad carcinogénica o no carcinogénica de una exposición química. Para un efecto tóxico no carcinogénico, la exposición necesita exceder un MRI crónico establecido en los Perfiles Toxicológicos de la ATSDR u otros valores comparables.
Y/o	Y/o
Los datos de efectos en la salud de la comunidad específica indican que el sitio ha tenido un efecto adverso en la salud que requiere de una rápida intervención.	Los datos de efectos en la salud de la comunidad específica indican que el sitio ha tenido un impacto adverso en la salud humana que requiere intervención.
Y/o	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

<p>Los peligros físicos en el sitio representan un riesgo inminente de daño físico</p>	(continuación)
<p>Acciones a tomar: La ASTDR publica como prontuario una notificación de salud que incluye recomendaciones para mitigar los riesgos a la salud que tiene el sitio. Las recomendaciones emitidas por el asesor y/o a la evaluación de salud deben ser consistentes con el grado de peligro y las preocupaciones temporales que representan las exposiciones a sustancias peligrosas en el lugar.</p>	<p>Acciones a tomar: Se harán recomendaciones en la evaluación de salud que presenta el sitio las recomendaciones emitidas por la evaluación de salud deben ser consistentes con el grado de peligro y las preocupaciones temporales que presentan las exposiciones a sustancias peligrosas en el sitio.</p>
<p>Con base en el grado de peligro en un sitio y la presencia de rutas de exposición complejas pesadas, presentes o futuras, suficientemente definidas, se recomendarán las siguientes acciones de salud pública: Estudios de indicadores biológicos de exposición. Pruebas biomédicas. Estudio de caso. Estudio de prevalencia de síntomas y enfermedad. Registros. Investigación de salud comunitaria. Vigilancia específica del lugar. Sistema voluntario de seguimiento informado de residentes. Investigación de grupo (Cluster). Revisión de estadísticas de salud. Educación de los profesionales de la salud. Educación para salud, y/o Investigación aplicada específica de una sustancia.</p>	<p>Con base en el grado de peligro en un sitio y la presencia de rutas de exposición complejas pesadas, presentes o futuras, suficientemente definidas, se recomendarán las siguientes acciones de salud pública: Estudios de indicadores biológicos de exposición. Pruebas biomédicas. Estudio de caso. Estudio de prevalencia de síntomas y enfermedad. Registros. Investigación de salud comunitaria. Vigilancia específica del lugar. Sistema voluntario de seguimiento informado de residentes. Investigación de grupo (Cluster). Revisión de estadísticas de salud. Educación de los profesionales de la salud. Educación para salud, y/o Investigación aplicada específica de una sustancia.</p>

CRITERIOS Y ACCIONES PARA LOS NIVELES DE PELIGRO DE LA SALUD PÚBLICA (Continuación)

CATEGORÍA C	CATEGORÍA D
<p>Esta categoría se utiliza para los sitios que tienen la información completa</p>	<p>Esta categoría se utiliza para los sitios donde ha ocurrido en el pasado o está ocurriendo exposición humana a medios contaminados, pero que la exposición es por debajo de un nivel de peligro para la salud</p>
<p>PELIGRO INDETERMINADO PARA LA SALUD PÚBLICA</p>	<p>PELIGRO NO APARENTE PARA LA SALUD PÚBLICA</p>
<p style="text-align: center;">Criterios</p> <p>Datos disponibles limitados no indican que los seres humanos están siendo o han sido expuestos a niveles de contaminación que sería de esperarse que causarían efectos adversos para la salud. Sin embargo, no se dispone de información o datos para todos los medios ambientales a los cuales los individuos pueden estar expuestos.</p> <p style="text-align: center;">Y</p>	<p style="text-align: center;">Criterios</p> <p>Las exposiciones no exceden un MPE crónico de la ASTDR u otros valores comparables.</p> <p style="text-align: center;">Y</p>
<p>No existen datos sobre efectos en la salud específicos para la comunidad o son insuficientes, los cuales indiquen que el sitio ha tenido un impacto adverso sobre la salud humana</p>	<p>Los datos son disponibles para todos los medios ambientales a los cuales los humanos están siendo expuestos.</p> <p style="text-align: center;">Y</p>
<p>Acciones a tomar</p> <p>Se harán recomendaciones en la evaluación de salud para identificar los datos o información necesarios para evaluar adecuadamente los riesgos a la salud pública que presenta el sitio</p>	<p>No existen datos de efectos de salud específicos de la comunidad que indiquen que el sitio ha tenido un efecto adverso en la salud humana</p> <p style="text-align: center;">Y</p>
<p>Las acciones de salud pública recomendadas en esta categoría dependerán del peligro potencial de exposición humana de interés para la salud pública. Si el potencial de exposición es alto, pueden recomendarse acciones iniciales de salud que se dirijan a determinar la población con un mayor riesgo de exposición. Tales acciones incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - investigación de salud comunitaria - revisión de estadísticas de salud - investigación de grupo (cluster) - estudio de prevalencia de síntomas y 	<p>Acciones a tomar</p> <p>Si se considera apropiado, se harán recomendaciones para el monitoreo y otras acciones de remediación y/o remoción necesarias, para asegurar que los seres humanos no estén expuestos a concentraciones significativas de sustancias peligrosas en el futuro. Las siguientes acciones de salud, que pueden ser recomendadas en esta categoría, se basan en la información que indica que no está ocurriendo o ha ocurrido en el pasado exposición humana a sustancias peligrosas a nivel de interés de salud pública. Se recomendarán las siguientes acciones de salud para los sitios en esta categoría. (Continuación)</p>

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

<p>enfermedades. Si la población de interés puede ser determinada a través de estas u otras acciones, puede recomendarse cualquiera de las acciones de seguimiento de salud restantes señaladas en las categorías A y B. Además, si los datos más recientes sugieren que ha ocurrido en el pasado o esta ocurriendo exposición humana a sustancias peligrosas a niveles de interés en salud pública, se reevaluará la necesidad de seguimiento.</p>	<p>(Continuación) investigación de salud comunitaria educación para la salud comunitaria educación para los profesionales de la salud sistema voluntario de seguimiento informado de residentes. Sin embargo, si los datos recién disponibles sugieren que esta ocurriendo o ha ocurrido en el pasado exposición humana a sustancias peligrosas a niveles de interés de salud pública, se reevaluará la necesidad de seguimiento.</p>
--	---

CATEGORÍA E
NO EXISTE PELIGRO PARA LA SALUD PÚBLICA
 Esta categoría se utiliza para los sitios que no presentan un peligro de salud pública.

Criterios
 No existe evidencia de exposición humana actual o pasada a medios contaminados. Y
 No es probable que ocurran exposiciones futuras a medios contaminados. Y
 No existen datos de efectos específicos de la comunidad que indiquen que el sitio ha tenido un impacto adverso en la salud humana. Y

Acciones a tomar:
 No se recomiendan acciones de salud pública en este momento debido a que no está ocurriendo, no ha ocurrido en el pasado ni es probable que ocurra en el futuro una exposición humana que pueda ser de interés en salud pública.

Químico	Solubilidad al agua (mg/l)		Vida media en el suelo
	Miscible		
Acetona			7
Acetonitrilo	79,000c		23
Benceno	1,780		16
Bromoformo	3,030		180
2-Butanona (MEK)	2,090e + 0.0c		7
Tetracloruro de carbono	1,160		300
Clorobenceno	500		150
Cloroformo	7,900		180
Clorometano	5,300		26
1,2-Diclorobenceno	145		180
1,3-Diclorobenceno	123		180
1,4-Diclorobenceno	80		180
1,1-Dicloroetano	5,100		154
1,2-Dicloroetano	8,700		180
1,1-Dicloroetano	400		180
1,2-Dicloroetano (trans)	6,300		180
1,2-Dicloroetano (cis)	3,500		180
Etilbenceno	167		10
Cloruro de metileno	19,400		28
4-Metil-2-pentanona	19,000f		7
1,1,1,2-Tetracloroetano	1,100		66
1,1,1,2,2-Tetracloroetano	3,000		44
Tricloroetano	180		360
Tolueno	522		22
1,1,1-Tricloroetano	720		273
1,1,2-Tricloroetano	4,420		365
Tricloroetano (TCE)	1,100		360
o-Xileno	186		28
m-Xileno	162		28
p-Xileno	179		28

A de EPA (1986)
 B de Roy & Griffin (1985)

Tomado de Sanders, 1996

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO (ANEXO DE LA NOM-052-ECOL/93)

No. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No.
2.	BENEFICIO DE METALES			
2.1	FUNDICION DE PLOMO PRIMARIA.	(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DEL AFINADO.	RP2.1/01
		(T)	LODOS PROVENIENTES DE LA LAGUNA DE EVAPORACION.	RP2.1/02
		(T)	SOLUCION RESIDUAL DEL LAVADOR DE GASES QUE PROVIENE DEL PROCESO DEL AFINADO.	RP2.1/03
2.2	FUNDICION DE PLOMO SECUNDARIO	(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DEL AFINADO.	RP2.2/04
		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO	RP2.2/05
		(T)	LODOS PROVENIENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP2.2/06
		(T)	LODOS PROVENIENTES DEL LAVADOR DE GASES QUE PROVIENEN DEL PROCESO DEL AFINADO.	RP2.2/07
2.3	PRODUCCION DE ALUMINIO.	(C,T)	LODOS DE LAS SOLUCIONES DE CAL DEL LAVADOR DE GASES EN LA FUNDICION Y REFINADO DE ALUMINIO	RP2.3/01
		(C,T)	SOLUCIONES GASTADAS PROVENIENTES DE LA EXTRUSION.	RP2.3/02
		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO DE FUNDICION DE CHATARRA DE ALUMINIO	RP2.3/03
2.4	PRODUCCION PRIMARIA DE COBRE.	(T)	LODOS DE LAS PURGAS DE LAS PLANTAS DE ACIDO.	RP2.4/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE EXTRUSION DE TUBERIA DE COBRE.	RP2.4/02
2.5	PRODUCCION SECUNDARIA DE COBRE	(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO.	RP2.5/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE EXTRUSION DE TUBERIA DE COBRE.	RP2.5/02

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ESTO PUEDE NO SER

2.6	PRODUCCION DE COQUE.	(T)	LODOS DE DESTILACION CON CAL AMONIACAL.	RP2.6/01
		(T)	LIXIVIADOS Y CENIZAS DEL PROCESO DE COQUIZADO.	RP2.6/02
		(T)	LODOS DE ALUOTRAN DEL TANQUE SEDIMENTADOR.	RP2.6/03
2.7	PRODUCCION DE HIERRO Y ACERO.	(T)	RESIDUOS DEL ACEITE GASTADO.	RP2.7/01
		(C.T)	LICOR GASTADO EN LAS OPERACIONES DE ACERO INOXIDABLE.	RP2.7/02
		(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DE HORNO ELECTRICOS.	RP2.7/03
		(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES EN LA PRODUCCION DE HIERRO-CROMO.	RP2.8/01
		(T)	COLAS EN LAS PLANTAS DE MANUFACTURA DE HIERRO-NIQUEL.	RP2.8/02
(T)		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO.	RP2.8/03
		(T)	CASCARILLA Y/O COSTRAS METALICAS ACEITOSAS DEL PROCESO DE FORJA EN CALIENTE.	RP2.8/04
		(T)	LODOS DE LA MANUFACTURA DE ALEACIONES DE NIQUEL.	RP2.9/01
		(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION DE CARBONILLO DE NIQUEL.	RP2.9/02
2.10	PRODUCCION PRIMARIA DE ZINC.	(T)	LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y/O PURGAS DE LA PLANTA DE ACIDO.	RP2.10/01
		(T)	LODOS DEL ANODO ELECTROLITICO.	RP2.10/02
		(T)	RESIDUO DEL LIXIVIADO DE CADMIO.	RP2.10/03

Diario Oficial de la Federación 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN