

32002A

0902B00007838

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL



## RIESGO POR CADMIO EN UN TIRADERO ABANDONADO EN EL MUNICIPIO DE SAHUAYO, MICHOACÁN.

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
PRESENTA

*ROSA ELENA NAVARRETE LOPEZ*

ZAPOPAN, JALISCO, MAYO 2004

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**  
**Centro Universitario de Ciencias de la Salud**  
**Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental**

Rosa ELENA Navarrete López / B00007838  
Nombre del Alumno Código

RIESGO por cadmio en un tiradero  
abandonado en el municipio de Sahuayo, Mich.  
Título de Tesis

SALUD AMBIENTAL  
Línea de investigación

SAHUAYO, Michoacán, Comunidad "La Calzonuda"  
Lugar donde se desarrollará el proyecto

Costo aproximado

Arturo Guzmán  
Nombre del Director(a)

Financiado por

UCBA

Lugar de Adscripción

DR. JAVIER GARCIA VELASCO  
Nombre del Asesor 1

CUCBA

Lugar de Adscripción

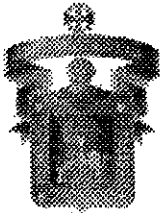
Rosa Martha Georgina Ortiz Medina  
Nombre del Asesor 2

CUCBA

Lugar de Adscripción

Se anexa listado de:

- Requerimientos de materiales ( )
- Requerimientos técnicos ( )
- Requerimientos financieros ( )



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Centro Universitario de Ciencias de la Salud  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**

**COMITÉ DE TESIS**

DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA  
DR. JAVIER GARCÍA VELASCO  
PRESENTE:

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted(es), que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el (la) pasante:

**ROSA ELENA NAVARRETE LOPEZ**

Con el título:

**RIESGO POR CADMIO EN UN TIRADERO MUNICIPAL ABANDONADO, EN EL MUNICIPIO DE SAHUAYO, MICHOACAN.**

Manifestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 29 de **MARZO** del 2003

Dr. Arturo Curiel Ballesteros

(Nombre y Firma)

Director del trabajo de Tesis

Rosa Elena Navarrete Lopez

(Nombre y Firma)

Alumno(a)

Asesores: Dra. Martha Georgina Orozco Medina

Nombre

Dr. Javier García Velasco

Nombre

Firma

Firma

SINODALES	FIRMA
1. Presidente: Silvia de León Cortés	
2. Secretario: Dr. Arturo Curiel Ballesteros	
3. Vocal: Dra. Martha Georgina Orozco Medina	
4. Vocal: Dr. Javier García Velasco	
5. Vocal: Dra. Guadalupe Garibay Chávez	
6. Suplente: Dr. Alberto Jiménez Cordero	

**DIRECTOR**  
**DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS Y**

**ASESORES**  
**DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA Y**  
**DR. JAVIER GARCÍA VELASCO.**

## AGRADECIMIENTOS

A mi Padre Celestial que me ha permitido estar en esta tierra y darme las posibilidades mentales y físicas para prepararme y desarrollarme en el campo de la ciencia.

A Jesucristo Su hijo por ser mi Señor, Redentor y Salvador.

A los Señores

Doña Magdalena López Ruiz\* y a Don Luis Navarrete Anaya\*

Por ser los instrumentos en las manos del Señor para que yo pudiera ser.

A mis hermanos

\*Teresa; mi segunda madre

\*José Luis

Federico

Eva Angelina

Consuelo; mi tercera madre

José María

José de Jesús

José Trinidad

Manuel

Andrés

Ricardo

Juan José

\*Ma. Magdalena

por ser los antecesores e instructores en la vida cotidiana

\* Se encuentran gozando de la paz del Señor, presentes siempre en mi corazón.

## AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Miguel Agustín Lonngi Corona.

Por ser mi apoyo constante, compañero y padre de mis hijos.

A mis hijos

Por ser mi principal motivo

Luis Miguel por haberme permitido aprender a ser mamá.

Aminael Maciste por su ternura comprensión y amor.

Pablo Alejandro por su llegada en el momento preciso y ser el tercero en discordia, por su gran carácter.

Yanitzin Itzaiana por ser flor perenne y esperar siempre con paciencia y alegría.

## GRACIAS

El tamaño de una obra no siempre refleja el esfuerzo que representa su realización, pues llevará implícito la dedicación de los autores y las intenciones nobles y silenciosas de los colaboradores, que finalmente la llevarán al éxito, y por mencionar algunos se corre el riesgo no deseado de olvidar a otros.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser mi Alma Mater

AL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Por la oportunidad de servir por su medio.

Por todas las facilidades prestadas para poder realizar este esfuerzo de superación.

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, dependiente del IPN ubicado en Jiquilpan. CIIDIR – Michoacán.

Que por medio de sus autoridades me otorgó las facilidades y apoyo necesarios para la realización y conclusión de este esfuerzo académico.

A todos mis compañeros,

A los que se han ido y a los presentes.

A la Universidad de Guadalajara

DEDICADA

A LA MEMORIA DE

LA SEÑORA DOÑA MA. MAGDALENA LÓPEZ RUIZ  
DEL SEÑOR DON LUIS NAVARRETE ANAYA

DE TERESA NAVARRETE LÓPEZ

EN ESPECIAL A LA DE MA. MAGDALENA NAVARRETE LÓPEZ  
POR QUE ESPERO CON ESTE ESFUERZO COMPENZAR EN ALGO TODAS  
LAS COSAS QUE TU QUISITE LOGRAR

A MI FAMILIA POR SU APOYO DISCRETO E INCONDICIONAL





# CONTENIDO

	Página
Índice de cuadros	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iii
<b>1. Resumen</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>6</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>9</b>
<b>5. Marco Teórico</b>	<b>10</b>
<b>5.1 Antecedentes</b>	10
<b>5.2 Riesgo</b>	11
<b>5.3 Vulnerabilidad</b>	11
5.3.1 Vulnerabilidad del suelo	13
5.3.2 Química del suelo	15
<b>5.4 Amenaza</b>	16
<b>5.5 Cadmio como amenaza</b>	19
5.5.1 Generalidades	19
5.5.2 Usos del cadmio	20
5.5.3. Contaminación por cadmio	21
5.5.4 Toxicidad del cadmio	21
5.5.5 Efectos a la salud	21
<b>5.6 Residuos sólidos</b>	24
5.6.1 Generación de Residuos Sólidos	24
5.6.2 Disposición final de residuos sólidos.	26
5.6.3 Marco legal	30
<b>6. Descripción del Área de Estudio</b>	<b>32</b>
<b>6.1. Descripción del Medio Físico</b>	32
<b>6.2 Descripción Socioeconómica</b>	35
<b>6.3 Historial del tiradero Municipal “La Calzonuda”</b>	37
<b>7. Metodología</b>	<b>41</b>
<b>7.1. Selección del sitio</b>	42
7.1.1 Aplicación de encuestas	42
<b>7.2. Ubicación y delimitación del área de estudio</b>	42
<b>7.3. Recolección de datos</b>	43
<b>7.4. Toma de muestras de residuos y suelo</b>	43
<b>7.5. Preparación y preservación y de muestras</b>	45

7.5.1	Para las muestras de residuos y suelo	45
7.5.2	Para las muestras de agua	46
7.5.3	Para las muestras de los residuos portadores potenciales de cadmio	46
<b>7.6.</b>	<b>Determinación de cadmio</b>	<b>47</b>
<b>7.7.</b>	<b>Detección de la amenaza</b>	<b>47</b>
<b>7.8.</b>	<b>Análisis de la vulnerabilidad del suelo</b>	<b>48</b>
7.8.1	Corroboración de la vulnerabilidad del suelo	50
<b>7.9.</b>	<b>Determinación y análisis de riesgo</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>Resultados</b>	<b>52</b>
<b>8.1</b>	<b>Selección del sitio</b>	<b>52</b>
8.1.1	Tiradero municipal	52
<b>8.2</b>	<b>Ubicación del área de estudio</b>	<b>53</b>
<b>8.3.</b>	<b>Recolección de datos</b>	<b>55</b>
8.3.1	Caracterización de los residuos sólidos del tiradero	55
<b>8.4.</b>	<b>Toma de muestras de residuos y suelo</b>	<b>55</b>
<b>8.5</b>	<b>Preparación y preservación de las muestras</b>	<b>59</b>
<b>8.6</b>	<b>Determinación de cadmio en las muestras de residuos y suelo</b>	<b>59</b>
<b>8.7</b>	<b>Detección de la amenaza</b>	<b>59</b>
<b>8.8</b>	<b>Análisis de la vulnerabilidad del suelo</b>	<b>60</b>
8.8.1	Profundidad del suelo	61
8.8.2	Textura	62
8.8.3	Contenido de arcillas	62
8.8.4	Materia orgánica	63
8.8.5	Nivel de pH	63
<b>8.9</b>	<b>Determinación y Análisis del riesgo</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>Discusión</b>	<b>64</b>
<b>10.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>11.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>75</b>
<b>12.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>76</b>
<b>Anexos</b>		<b>81</b>

## Índice de cuadros

Número y nombre del cuadro	Página
5.1. Evolución del modelo de consumo de cadmio en el mundo occidental, expresado en % del total	20
5.2. Dosis letal. LD50/LC50	22
5.3. Clasificación de Generadores, generación diaria de residuos sólidos urbanos en el estado de Michoacán.	25
5.4. Generación de residuos sólidos urbanos en municipios de Michoacán	26
5.5. Disposición de residuos sólidos municipales	27
5.6. Número de instalaciones y capacidad de disposición de residuos sólidos municipales.	28
6.1 Número de planteles escolares por año, nivel educativo y número de alumnos inscritos.	35
6.2. Historial del terreno usado como tiradero Municipal de La Calzonuda	38
7.1. Diagrama de flujo de la investigación	41
7.2. Determinación de la amenaza por cadmio	48
7.3. Vulnerabilidad por profundidad	49
7.4. Vulnerabilidad por contenido de arcillas	49
7.5. Vulnerabilidad por contenido de materia orgánica	49
7.6. Vulnerabilidad por nivel de pH	49
7.7. Determinación del riesgo	50

## Índice de tablas

Numero y nombre de la tabla	Página
7.1 Cargos ocupados por los entrevistados, periodos temporales y nombres	42
7.2 Valores permitidos por la Comunidad Económica Europea para concentraciones de metales pesados en suelos y lodos	47
7.3 Materiales encontrados en el tiradero con aporte potencial de Cadmio al suelo, material analizado, concentración de Cadmio	51
8.1 Resultados de los Análisis de Residuos en el Tiradero Municipal Abandonado en Sahuayo, Michoacán	59
8.2 Resultados de los Análisis de Suelo del Tiradero Municipal Abandonado en Sahuayo, Michoacán	59
8.3 Determinación de Cadmio Fuentes Potenciales	60
8.4 Parámetros de vulnerabilidad del suelo, límites permisibles	61
8.5 Análisis de las muestras de agua de pozos ubicados en la comunidad de La Puntita y PREJOSVI, municipio de Sahuayo, Mich.	63
8.6 Parámetros determinantes de vulnerabilidad del suelo	64
9.1 Parámetros, nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo	69

## Índice de Figuras

Número y nombre de la figura	Página
6.1 Ubicación del municipio de Sahuayo, Michoacán.	32
6.2 Restos del banco de material	33
6.3 Tipo de suelo del área de estudio es Vp	34
6.4 Material superficial del área de estudio	34
6.5 Ubicación del ejido "La Calzonuda"	38
6.6 Localización del banco de material	39
6.7 Imagen desde el tiradero "La Calzonuda"	39
6.8 Imagen reciente del tiradero "La Calzonuda"	40
7.1 Puntos de muestreo de Residuos y Suelo	44
7.2 Excavación de los sitios de muestreo	45
8.1 Determinación del perímetro del tiradero	53
8.2 Croquis del terreno del tiradero	53
8.3 Metales presentes en el tiradero abandonado	54
8.4 Vidrios, transparente y oscuro	55
8.5 Plásticos	55
8.6 Pila de uso domésticos	56
8.7 Fleje	56
8.8 Cuero utilizado para fabricación de Calzado	57
8.9 Ubicación de los sitios de muestreo de residuos y suelos	58
8.10 Perfiles de los sitios de muestreo	58
8.11 Profundidad en el suelo del tiradero municipal	61
8.12 Profundidad del suelo fuera del tiradero	62
8.13 Ubicación del tiradero, toma de muestra de suelo fuera y dentro del tiradero y área de pozos	65
9.1 Estructura del terreno	71

## 1. RESUMEN

Se define al **riesgo** en términos generales como la posibilidad de pérdida o daño a la salud, al ambiente y al patrimonio, y la presencia de consecuencias potenciales no deseables. El riesgo es consecuencia de la presencia de una amenaza, la dosis respuesta de la persona, y la situación en la cual la gente esta expuesta a un daño.

La amenaza en el tiradero municipal de La Comunidad de "La Calzonuda" y estudiada en este trabajo es la presencia de cadmio en el suelo de tiradero.

Los daños que causa el cadmio a la salud van desde irritación nasal hasta insuficiencia renal, males hepáticos, gastritis aguda por ingestión, la irritación respiratoria con dolores torácicos, a veces edema pulmonar agudo y broncoalveolitis hemorrágica causados por inhalación de humos de cadmio, las intoxicaciones graves provocan proteinurias y anurias, yendo de necrosis cortical bilateral irreversible, y alteraciones de la médula ósea como efectos de intoxicación crónica por cadmio, el mas notable es la aparición del síndrome de Farconi (proteinuria, glucosuria, aminoaciduria) (Frejaville, J. P. Bourdon, R 1978). Este metal se almacena en la placenta y en altas concentraciones puede atravesar la barrera placentaria y afectar al producto. Se ha señalado al cadmio como agente provocante de abortos espontáneos y teratogenisidad en ratas, ratones y hamster.

Las aportaciones naturales de cadmio al planeta son de 290 toneladas anuales, mientras que las antropogénicas son de 5,500 toneladas anuales (Domy C. Adriano, 1986). El cadmio es un elemento presente en la naturaleza a través de su uso en la elaboración de una gran diversidad de productos (plásticos de todos tipos, pilas, lámparas, cinescopios, etc.), estos una vez desechados llegan a depositarse en los tiraderos a cielo abierto.

La disponibilidad de este metal en el suelo de los tiraderos depende de la concentración del metal, de su forma química, de las características de pH del medio, la cantidad de materia orgánica, la textura del suelo, la cantidad y el tipo de arcillas, así como la profundidad del suelo y la estructura del terreno.

La determinación del sitio de estudio se hizo por la antigüedad y por la temporalidad en el uso como tiradero a cielo abierto.

La caracterización del sitio aportó datos sobre los residuos de metales, vidrios, plásticos, desechos tóxicos y empaques diversos.

Las concentraciones de cadmio se analizaron en los residuos y el suelo, resultando las mas altas en los residuos, la vulnerabilidad del suelo fue determinada por los parámetros de profundidad, concentración de materia

orgánica, la proporción de las arcillas, y el pH presentes en el suelo. Que en este caso los últimos tres permiten la disminución del riesgo.

Se analizaron las posibles fuentes de ingreso de cadmio al tiradero, entre ellas, pilas de uso doméstico y baterías de carro y motocicleta, diversos tipos de plástico, hules; resultando con mayor concentración las pilas de uso doméstico.

Para comprobar que no existen daños en los acuíferos se tomaron muestras de pozos explotados en las cercanías, tanto en la parte plana como en las laderas. Reportándose concentraciones de  $< 0,005$  de cadmio.

Por lo que los objetivos del trabajo se lograron en su totalidad, pues se determino el riesgo del suelo, su vulnerabilidad y los parámetros que la conforman, se determino la fuente principal de cadmio en el tiradero. Esto permite conocer que los tiraderos abandonados, siguen siendo un problema para el ambiente, conformando un problema de salud ambiental con efecto potencial en la salud humana.

## 2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha hablado mucho de ecología, medio ambiente y sustentabilidad, tanto por los tomadores de decisiones como por el ciudadano común, sin embargo, la naturaleza no ve una respuesta adecuada a las actitudes que el hombre tiene respecto al depósito de los residuos generados de manera constante y continua, ya que la disposición final sigue siendo de la misma forma que en la antigüedad, pero con mayores impactos y riesgos.

Los residuos han cambiado en su composición de 100% orgánicos a una gran diversidad de compuestos en su estructura, por lo que ya no son como en la antigüedad, que no dañaban a ningún elemento de la naturaleza, incluido el ser humano. En la actualidad las condiciones de los procesos de producción y la generación de desechos han cambiado de manera tan importante, que desde la extracción de materias primas puede considerarse dañina, sobre todo por la industria, la naturaleza de estas materias primas y sus contenidos de sustancias sintéticas o naturales que por sus características químicas pueden convertirse en elementos tóxicos, para el suelo al ser depositados y permanecer en él.

La disposición final de residuos sólidos se realiza en sitios diversos, pudiendo ser cuerpos de agua, ríos, barrancas y orillas de las carreteras, así también en sitios designados como tiraderos a cielo abierto. En el Estado de Michoacán se continúa depositando la basura a cielo abierto y en sitios cercanos a los centros de población (Buenrostro, 2000). Los residuos peligrosos generados tienen un manejo deficiente porque se mezclan con los residuos municipales, y se recolectan con el mismo equipo en las rutas establecidas por el servicio de limpia.

Como referencia, la ciudad de Sahuayo, Michoacán ha tenido un crecimiento poblacional que se registra en el Plan Director de Sahuayo, 1992, a partir de 1940 y se proyecta al año 2010, en el Diagnóstico Pronóstico del Plan Director de Desarrollo Urbano del Centro de población de Sahuayo de José Ma. Morelos, Michoacán. En los años cuarenta el municipio contaba con 10,365 habitantes, creciendo 150% en las siguientes dos décadas, para los 70's alcanzó 43,250, duplicándose entre 1980 y 1990, a finales del siglo XX se reportan 133,376. La generación per cápita es 0.8797 kg/hab/día de residuos sólidos siendo un parámetro importante para la determinación de la generación total de la basura, así como el tipo de residuos que la componen.

En el México rural, se generaban únicamente residuos orgánicos, sin embargo, según Deffis Caso, en 1986, con el uso de nuevos y diferentes materiales empleados en la fabricación de artículos de uso cotidiano cambió la calidad y cantidad de los desechos.

La mayoría de estos residuos no son degradables, permanecen en el sitio donde son depositados, afectan el paisaje creando una imagen desagradable, liberan parte de sus componentes, en el caso de las pilas alcalinas, los metales



pesados que estas contienen se disponen en el ambiente, y convierten al tiradero en sitios contenedores de fuentes potenciales de contaminación activa o pasiva.

Olores desagradables, polvos, gases, aerosoles, incendios, fugas de biogas y humos que son llevados por el viento, así como los lixiviados que contaminan en suelo y son fuente potencial de contaminación para los mantos freáticos, y constituyen una amenaza para la salud de los humanos.

Otro problema que presentan los tiraderos a cielo abierto es la fauna nociva que transmiten enfermedades y molestias a la población, además de los riesgos por exposición a los agentes contaminantes. Los residuos hospitalarios que son eliminados conjuntamente con los municipales y depositados en tiraderos a cielo abierto, ocasionan riesgos a la salud e higiene pública por ser infecto contagiosos, ya que contienen microorganismos en cantidad y con patogenicidad suficientes para producir enfermedades. (Orozco M., 1997)

Estos residuos médicos desde su generación hasta su disposición final están regulados por la Norma oficial Mexicana NOM 087-ECOL- SSA1- 2002 de la Protección Ambiental – Salud Ambiental – Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos – Clasificación y Especificaciones de Manejo. La aplicación de esta norma en México no se realiza con adecuada supervisión por parte de las autoridades correspondientes, por lo que su observancia presenta importantes deficiencias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1994 señaló que; entre los factores que amenazan la salud en zonas urbanas a los desechos comerciales e industriales, así como la carencia de servicios de salud y sociales básicos (Garibay, 1997).

El tiradero a cielo abierto al que estamos dedicando este estudio, es el de mayor antigüedad en el Municipio de Sahuayo, con la característica de que en el se han depositado todo tipo de residuos, la carencia de normas sobre la peligrosidad y la necesidad de un lugar para deshacerse de los desechos ha obligado a este tipo de disposición, ya que para el tiempo en que inició (1956) el tiradero, la SSA solo indicaba que tenía que ubicarse a 1,500 metros de la zonas habitacionales. (NOM – ECOL – 083 – 1993)

La incorporación del plástico a la vida cotidiana, marca un momento histórico importante, para el tiradero, ya que se comenzaron a tirar productos no degradables, así como sus contenidos en metales pesados y otras sustancias.

El cadmio es un metal pesado cuyos efectos nocivos a la salud han sido demostrados, entre estos se encuentran irritación de las vías respiratorias, sustitución del grupo hemo en la sangre, el traspaso placentario con consecuencias graves para el feto, intoxicaciones crónicas y agudas. Así como un indicador de riesgo sanitario representando una amenaza para el suelo,

donde el grado de vulnerabilidad del mismo, determinará el nivel de riesgo que representa para el suelo y su entorno. (De la Vega 1985)

Dado que la salud ambiental se ocupa de la salud de los ecosistemas y las comunidades humanas inmersas en ellas, se hace necesario realizar un diagnóstico del riesgo que implican los depósitos de residuos sólidos en sitios asignados para este propósito, las cuales en su mayoría no tienen en cuenta las características del suelo y todos los parámetros que de manera normativa indica la legislación ecológica. Así mismo la depositación de residuos peligrosos sin ninguna medida sanitaria ni precautoria de almacenamiento como el caso de las pilas que contienen cadmio y otros elementos que son considerados como tóxicos y que convierten al sitio donde son depositados en lugar peligroso. Es por esto que el presente estudio se enfoca en la detección de cadmio en el suelo y a la vulnerabilidad del mismo donde se ubica el contaminante, pretendiendo establecer el origen de este elemento en el tiradero y el riesgo del sitio.

La metodología para la realización del presente estudio consistió en la caracterización de los residuos sólidos del tiradero, la selección de los sitios de muestreo, la toma de muestras de suelo y residuos con la finalidad de analizarlos respecto a las concentraciones de Cadmio, detectar la amenaza, determinar la vulnerabilidad del suelo, así como el riesgo. Obteniendo como resultados la existencia de diversos residuos entre ellos, metales, vidrios, plásticos, pilas de uso domestico, fleje, restos de cuero. De las muestras de suelo y residuos se determinaron las concentraciones de Cadmio, en los residuos la mayor concentración encontrada fue de 9.82 ppm. en la superficie del sitio de muestreo denominado Sur, de las muestras de suelo se encontraron cuatro diferentes concentraciones yendo desde 0.572 hasta 2.22 ppm. de las fuentes potenciales de Cadmio en el tiradero se encontró que las pilas y en los acumuladores.

Por medio de este trabajo el municipio tendrá las bases del conocimiento del problema de contaminación por Cadmio presente en el tiradero abandonado, y se verá la necesidad de evaluar los riesgos por otros elementos posibles de encontrar en el tiradero, y los posibles daños a la naturaleza en el tiradero actual.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La salud ambiental es un campo emergente del conocimiento que estudia la salud de las comunidades humanas y silvestres que interactúan en un territorio: entendiendo estos como sistemas complejos, económicos, políticos, científicos, tecnológicos, jurídicos, culturales, la salud pública y el desarrollo humano. Analiza las interrelaciones de las comunidades, reconoce factores de estrés y degradación, prevenir y controlar las amenazas a la salud humana y restaurar las condiciones que mantienen el equilibrio y dan certidumbre a las comunidades y territorios para hacerlos habitables y sostenibles. (MCSA 2003)

Se sabe que existen muchas formas para hacer el ambiente más saludable, y que los riesgos frecuentes para la salud no están controlados por el individuo afectado y esto puede deberse a la contaminación del suelo o a la gestión deficiente de los residuos sólidos municipales. Los residuos sólidos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas se pueden clasificar según su origen en orgánicos e inorgánicos.

En los últimos años las naciones industrializadas han cuadruplicado su producción de desechos domésticos, incrementándose esta cifra en dos a tres por ciento anual. Existen estimaciones que señalan que los envases comprenden el 40 % de la basura doméstica, encareciendo el producto. Una vez tapando el bote o cerrando la bolsa, nos olvidamos y desde ese momento el problema de la basura corresponde al municipio. En la actualidad existen varias maneras de manejar la basura sin embargo en los 50s la manera de disposición acostumbrada era en tiraderos a cielo abierto que en el municipio de Sahuayo, Michoacán no ha cambiado. En el tiradero abandonado de la Calzonuda, se han tirado por 30 años los residuos sólidos municipales.

La basura se considera un problema de contaminación por varios motivos:

- En ella se desarrollan múltiples organismos dañinos para la salud.
- La quema de la basura agrava el problema sanitario, las áreas donde se deposita la basura constituyen un problema sanitario que contamina el ambiente ya sea por combustión directa o indirecta, cuando se queman los desechos se desprenden sustancias no deseables en forma de gases o partículas que producen contaminación.
- gran parte de los desechos no son degradables, estos se acumulan y provocan pérdidas en la calidad y productividad del suelo y el agua, además de problemas de salud humana y ambiental.

Varela S. J. en 2004, indica que entre los contaminantes que se consideran prioritarios en México por su alta toxicidad y persistencia está el Cadmio. Se ha mencionado en documentos generados por el INE que en todo el país existen problemas de contaminación aún no cuantificados con precisión, en la literatura se registran los grandes generadores de residuos peligrosos, sin embargo en los municipios y dentro de los tiraderos municipales existen residuos peligrosos,

que no son considerados y que deben tomarse en cuenta por su daño a la salud humana y ambiental. (Varela S. J. 2004)

En el país la Procuraduría Federal para la Protección del Ambiente (PROFEPA) menciona que en los años de 1995, 1997 y 1998 se detectaron 161 sitios abandonados con residuos peligrosos en 18 estados de la república, estima que el número es mucho mayor y se desconoce.

El INE indica que entre las implicaciones de la contaminación derivada del manejo, tratamiento y disposición final de los residuos se encuentran compuestos provenientes de los residuos sólidos que entran en contacto con el suelo pueden ser relativamente inertes e inofensivos, pero existen un gran número de ellos que pueden causar serios daños a los seres vivos presentes en el suelo, aun en pequeñas concentraciones. Algunos de los efectos indeseables de la inadecuada disposición de los residuos son:

- Los organismos vivos presentes en el suelo pueden ser inhibidos o eliminados, rompiendo el equilibrio bioquímico del suelo.
- Los compuestos químicos pueden ser transportados del suelo al aire o a los cuerpos de agua y de esta manera entran en contacto, en un área muy amplia, con un gran número de organismos produciendo efectos adversos a la salud humana y a los ecosistemas.

La formación de lixiviados se realiza cuando el agua entra en contacto con los residuos sólidos depositados en sitios de disposición final, se produce una solución que se denomina lixiviados ricos en elementos que al desplazarse verticalmente llegan al subsuelo de las siguientes maneras:

- El agua de lluvia cae directo sobre los residuos sólidos.
- El agua que se mueve de manera horizontal al suelo y que llega directamente al sitio de disposición final.
- Por contacto directo de las aguas subterráneas por el aumento del nivel piezométrico.
- Aporte o derrame de líquidos en el sitio de disposición final.

La composición de un lixiviado es muy complejo, aunque existen características químicas mas o menos comunes entre los sitios de disposición final.

- Hidrocarburos solubles
- Nitrógeno orgánico y amoniacal
- Presencia de metales pesados como Cadmio (Cd), Niquel (Ni), Zinc (Zn), Plomo (Pb)

Uno de los residuos peligrosos sujetos a planes de manejo son los aditamentos que contengan Pb y Cd.

El cadmio es un elemento natural, proveniente de la extracción del Zinc. La multiplicidad de aplicaciones en la industria lo hace accesible a todos los

hogares, consecuentemente este elemento en algún momento será depositado en los sitios de disposición final como desperdicio o desecho, ocasionando riesgos para la salud humana y ambiental.

La llegada de residuos peligrosos a sitios destinados para el depósito de residuos sólidos municipales los convierte en lugares peligrosos.

La presencia de metales pesados en los residuos presentan una amenaza para el suelo y el posible movimiento de estos contaminantes la convierten en un riesgo para los mantos acuíferos y su presencia en el aire lo potencian como promotor de enfermedades para los seres humanos.

La carencia de información sobre sitios peligrosos al igual que los efectos potenciales de contaminación por cadmio a los elementos naturales y la salud humana justifican el presente estudio.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 General.**

Evaluar el riesgo por cadmio en un tiradero abandonado en el municipio de Sahuayo, Michoacán.

### **4. 2 Específicos.**

4.2.1 Determinar el riesgo por cadmio en el suelo.

4.2.2 Determinar el origen del cadmio en el tiradero municipal.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Antecedentes

El Dictamen de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Autorizada por el H. Consejo Universitario el 22 de octubre del 2003, se puede resumir en la aseveración siguiente: la salud ambiental se ocupa de la salud de los ecosistemas y las comunidades humanas inmersas en ellas.

La ignorancia a cerca de las implicaciones de tirar residuos por doquier sin ningún control, ha tenido como consecuencia situaciones graves de contaminación ambiental, con grandes costos desde la perspectiva de pérdida de la capacidad de los suelos para sustentar los procesos de degradación de materia orgánica por la destrucción de los organismos encargados de ello, así como de su fertilidad, o bien desde la perspectiva del deterioro de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento tanto superficiales como subterráneas.

La exposición humana a los residuos peligrosos pueden darse en tres escenarios, sitios de producción, en accidentes durante el transporte y en los sitios donde se almacenan o se depositan para su tratamiento. En América Latina y el Caribe los residuos peligrosos, por lo general se eliminan utilizando métodos inadecuados, entre ellos: el deposito en sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto), la incineración en hornos de pobre tecnología y la disposición en cuerpos de agua. Los lugares donde los residuos sólidos peligrosos son manejados sin medidas de prevención ambiental se convierten en fuentes de contaminación. Los contaminantes de los residuos peligrosos representan para la mayoría de la población, el mayor riesgo en salud en cuanto a exposición a residuos peligrosos. (Carrizales, 1999)

En América Latina se carece de instalaciones adecuadas y suficientes para el manejo de este tipo de residuos; por consiguiente, la exposición humana a los residuos peligrosos se puede dar en cualquier lugar ya que, ante la carencia de mecanismos adecuados los residuos son incinerados o son depositados sin ningún control en tiraderos municipales entonces se puede decir que los sitios no controlados son las principales fuentes de contaminación de residuos peligrosos, constituyendo un riesgo para la salud en las comunidades aledañas a ellos. (Carrizales, 1999)

El estudio de sitios peligrosos en América Latina presenta la limitante de carecer de información, esta limitante impide la elaboración de políticas ambientales, dificultando el establecimiento de programas preventivos de salud. (Carrizales, 1999)

## 5.2 Riesgo

El desarrollo de este tema está basado en la evaluación de riesgos y desastres escrito por el Dr. Arturo Curiel Ballesteros, en el capítulo del libro La Salud Ambiental; Retos y Perspectivas Hacia el Siglo XXI, compilado por Garibay 1997.

Curiel en 1997 define al **riesgo** en términos generales como la posibilidad de pérdida o daño a la salud, al ambiente y al patrimonio, y la presencia de consecuencias potenciales no deseables. El riesgo es consecuencia de la presencia de una amenaza, la dosis respuesta de la persona, y la situación en la cual la gente esta expuesta a un daño.

La evidencia de que la devastación por desastres naturales era solo atribuible a la severidad natural de los eventos creció a finales de los años sesenta, haciéndose manifiesto que en mayor proporción es también función de las características sociales y económicas de la población afectada. Partiendo de esta consideración se inicia una corriente de estudio ligada a la investigación social de los desastres en donde las aportaciones a los parámetros que van definiendo la vulnerabilidad de las poblaciones, destacando los trabajos solo el comportamiento colectivo y el análisis organizacional relacionados a desastres, los procesos económicos pueden incrementar la vulnerabilidad de las poblaciones a los desastres naturales.

En resumen, si riesgo se define como pérdidas esperadas relacionadas a las vidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de las actividades económicas debidas a una particular amenaza para un área o período determinado. Con base en un cálculo matemático, el riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad; entonces la definición de la amenaza y la vulnerabilidad que son los componentes del riesgo, se hacen necesarias.

## 5.3 Vulnerabilidad

Se considera a la vulnerabilidad la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos ambientales sufrir daño o una perdida. Estos elementos pueden ser físicos, biológicos y/o sociales. La vulnerabilidad esta expresada generalmente en términos de daños o perdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual se está expuesto. Otra forma de describir la vulnerabilidad es con relación a la capacidad de respuesta que tiene el ambiente para mitigar la presencia de una amenaza. Este grado de perdida, como resultado de un fenómeno potencialmente dañino, tendrá que relacionarse con la capacidad de amortiguamiento que tengan los organismos, las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas donde se manifiesten las amenazas. (Curiel B. A. 1997)



De manera resumida, la vulnerabilidad considera factores naturales, físicos, económicos, sociales, políticos, técnicos, ideológicos, culturales, educativos, ecológicos e institucionales.

Sin duda las fuerzas naturales desempeñan un papel importante en el inicio de multitud de desastres, sin embargo ya no debe seguirse considerando como causa principal de los mismos. Según Wijkman y Timberlake 1985, citados por Curiel B. A. 1997 tres parecen ser las causas fundamentales que dominan los procesos de desastre: a la vulnerabilidad humana, resultante de la pobreza y la desigualdad; la degradación ambiental resultante del abuso de las tierras; al rápido crecimiento demográfico, especialmente entre los países pobres. El crecimiento de la población total y la reducción del espacio habitacional, la alta densidad poblacional en las grandes ciudades, la concentración del desarrollo industrial, el ejercicio del poder centralizado, la creciente dependencia económica y tecnológica con el exterior y la poca o nula respuesta social frente a estos factores, son elementos que se conjugan y se ponen al descubierto en situaciones de desastre, haciendo patente el grado de vulnerabilidad de las poblaciones de hombres y mujeres ante las amenazas contemporáneas. (Curiel B. A. 1997)

Las malas condiciones de existencia de centenares de millones de habitantes de las zonas urbanas y periurbanas están destruyendo su salud, sus valores sociales y sus vidas. La capacidad de la sociedad para satisfacer las necesidades humanas no ha ido aumentando en la misma medida que la población urbana, y centenares de millones de personas están malviviendo con escasos ingresos, mal alimentadas, mal alojadas y con servicios deficientes. El crecimiento urbano expone a los habitantes de las grandes urbes a serios riesgos derivados de las condiciones ambientales y ha dejado a las autoridades municipales con capacidad insuficiente para proporcionar los servicios de higiene ambiental que la gente necesita. Con muchísima frecuencia el crecimiento urbano va acompañado de efectos destructivos del medio ambiente físico y de la base de recursos necesaria para el desarrollo sostenible. La contaminación ambiental que se registra en las zonas urbanas va asociada con tasas de morbilidad y mortalidad excesivamente altas. El hacinamiento de la población y el alojamiento inadecuado son factores que contribuyen al aumento de la incidencia de enfermedades de las vías respiratorias, de la tuberculosis y de la meningitis, entre otras enfermedades. (Curiel B. A. 1997)

Un punto a analizar dentro del análisis de la vulnerabilidad, es el de los impactos que ocasionan algunos sucesos, que van en relación a la capacidad de amortiguamiento de los organismos y del medio. Al respecto, es conveniente comprender que cada una de las esferas que forman el planeta, tienen características que se relacionan estrechamente con la capacidad de mitigación del ambiente, y que frecuentemente algunos de esos parámetros se asocian a los impactos del hombre sobre la tierra. (Curiel B. A. 1997)

Los parámetros generales de la vulnerabilidad comprenden; la litosfera (suelo), atmósfera, hidrósfera, biosfera, sociósfera, tecnósfera.

De cada uno de ellos se miden los parámetros indicativos escritos en cursivas; Litosfera; *sustrato reciente de cenizas y/o espumas volcánicas, poca profundidad efectiva, altos contenidos de limos y arenas finas, suelos desnudos, topografía accidentada, bajo contenido de materia orgánica.*

Atmósfera; *calma atmosférica e inversión térmica.*

Hidrósfera; *agua estancada y cuencas endorreicas.*

Biosfera; *el cambio de uso de suelo, poca diversidad de especies y la sucesión.*

Sociosfera; *antidemocrática, rígida, no previsor y especulativa.*

Tecnósfera; *tecnología es discontinuada y la falta de auditorías.* (Curiel B. A. 1997)

Se puede decir que son algunas de las características del medio que son indicativas de una baja capacidad de amortiguamiento, y por lo tanto, que participan en la caracterización de una vulnerabilidad alta.

### 5.3.1 Vulnerabilidad del suelo

Suelo es un término derivado del Latín *Solum* que significa suelo o terreno, en general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. (Ortiz y Ortiz ;1980)

Existen diversas definiciones de suelo y todas coinciden en que el suelo está formado de material de origen mineral, (Soil Conservation Service, (SSSA 1987), el Ministerio Español del Medio Ambiente, en la Guía para la elaboración de estudios de Medio físico 1996, define al suelo como fuente de materiales para actividades humanas (material de construcción, arenas, gravas), ya sea a partir de sus elementos texturales componentes, o bien si los procesos de formación del suelo han permitido la acumulación selectiva de ciertos materiales.

Otra definición de suelo se trata aparte porque involucra la actividad humana y es la referida por el Soil Survey Staf (SSSA 1987); dice es el termino colectivo de cuerpos naturales, hechos a partir de materiales minerales, que cubren mucha de la superficie terrestre, que contienen materia viva y pueden soportar vegetación en forma natural y algunos lugares han sido transformados por la actividad humana. Esta definición se complementa con la de la FAO 1968 (en Guía para la elaboración de estudios de Medio físico 1996); que refiere a los antropoles (AT) como los suelos en que las actividades humanas provocaron modificaciones profundas, en los horizontes originales del suelo, o los enterraron debido a la remoción o perturbación de los horizontes de superficie, apertura de tajos o rellenos, aporte secular de materiales orgánicos, riego continuo durante mucho tiempo.

El servicio de conservación de suelos; dicen respecto a los límites del suelo; refiere como el superior al aire o el agua poco profunda o áreas estériles de roca o hielo y para el límite inferior a roca o materiales terrestres desprovistos de animales, raíces o señales de actividad biológica. Así también hace referencia a que normalmente el límite inferior de la actividad biológica que generalmente coincide con la profundidad común de las raíces de las plantas perennes nativas. Aunque el límite inferior del suelo que se clasifica se establece arbitrariamente en 200 cm. (Ortiz y Gutiérrez, 1995)

La Soil Survey Staff Association (SSSA 1987); enuncia referente a la morfología del suelo; las características observables correspondientes a la organización del suelo en horizontes (espesor disposición) y para cada horizonte, textura, estructura, porosidad y consistencia (SSSA, 1987). Con referencia a la textura, dicen que la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo, como la característica que afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas, dividiéndolos en suelos de textura fina y gruesa. En términos generales el contenido de arcillas determina las propiedades físicas y químicas, así como la productividad del suelo, los suelos de textura fina predomina la arcilla y tiene una mayor superficie de adsorción de nutrientes (Ortiz y Ortiz 1980).

Sobre la composición química de las arcillas que varía en amplios rangos, inclusive dentro del mismo material, estas variaciones se deben (entre otros procesos) a su propiedad de retención de cationes por las cargas de estos minerales. (Fassbender, 1987)

La topografía o relieve como determinante para las labores agrícolas, del mismo modo determina las propiedades de desagüe y drenaje interno que afectan el desarrollo del perfil de suelo, la pendiente se define como el mayor ángulo con el plano horizontal, es decir la inclinación del terreno. El valor de la inclinación es la línea máxima pendiente sobre una superficie. (Ortiz y Ortiz 1980)

### 5.3.2 Química del Suelo

El pH está definido, como el logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno. Está definido como  $\text{pH} = -\log - [\text{H}^+]$ . Los valores de pH van de 0 a 14, considerándose como elementos ácidos los que se encuentren entre los valores de 0 a 7.4 y alcalinos o básicos entre 7.5 a 14 (Etchevers, 1992). Estos rangos dependen de los agentes neutralizadores definidos Ulrich en 1991, Sposito en 1989 y Van Bremen en 1991; expresan que esto es precisamente la capacidad tampón del suelo que permite el proceso de acidificación sin un aparente cambio en el valor de pH del mismo. (Etchevers, 1992)

Materia orgánica. Es uno de los componentes de la fase sólida del suelo, está constituida por material biológico. (Fassbender, 1987), explican que el humus es la parte más estable de la materia orgánica del suelo, la que se obtiene

después que se ha descompuesto la mayor parte de las sustancias vegetales animales añadidas al suelo, comúnmente es de color oscuro.

La materia orgánica afecta algunas de las propiedades más importantes del suelo; como la estructura; favorece la formación de agregados individuales; reduce la agregación global del suelo; disminuye la plasticidad del mismo. Así también es importante para la formación del suelo debido a las propiedades de peptización, coagulación, formación de quelatos y otros. (Fassbender, 1987)

Uno de los rasgos que distingue un suelo de su material originario, es la presencia de materia orgánica, en cantidad y calidad muy variable. Influyendo grandemente en las propiedades físicas y químicas de los suelos, tales como la estructura, capacidad de retención de agua, capacidad de intercambio catiónico, etc. Además de que una de las características fundamentales de las sustancias húmicas es su habilidad de interactuar con la arcilla, iones metálicos, óxidos, hidróxidos, para formar asociaciones solubles o insolubles. (Stevenson, 1982)

La capacidad de intercambio catiónico se refiere a la capacidad de intercambiar con el medio distintos iones. (Fassbender, 1987) Respecto a la capacidad de intercambio catiónico, la intervención de la materia orgánica es muy valiosa, para los suelos con textura arenosa y para los que contienen arcillas con reducida capacidad de cambio y baja retención de cationes, la proporción en que la materia orgánica contribuye a promover dicha capacidad en un suelo, varía según el tipo de suelo. Así también los componentes sólidos, inorgánicos y orgánicos del suelo poseen cargas electrostáticas en sus superficies, estas pueden ser y lo son particularmente en las fracciones de arcilla y de materia orgánica. (Stevenson, 1982)

Dentro de esta función de CIC, (Fassbender, 1987) dice que, los cambiadores de cationes se encuentran rodeados por una solución del suelo donde los iones hidratados están distribuidos en diferentes capas. Cerca del intercambiador se encuentra una capa de iones contrarios llamada la capa Stern, la cual forma con las capas negativas del cambiador, la capa doble. En ella la concentración es mucho más alta que en la solución del suelo. Juárez B, tiene otra versión sobre la actividad de la doble capa difusa que se presenta cuando dos cristales de arcilla quedan suficientemente próximos uno del otro, sus respectivas atmósferas de adsorción se interaccionan de manera que entre ellas aparece una fuerza neta de repulsión. (Juárez, 1980).

Los procesos de absorción, desempeñan un papel fundamental en regular los niveles y magnitudes de diversos procesos que gobiernan el destino y transporte de ciertos contaminantes. Provoca un retardo en el transporte de solutos en las fases líquida y vapor, influenciado el tiempo de residencia en el medio edáfico. De este modo puede influir la biodisponibilidad de ciertos compuestos, controlando directa o indirectamente la biodegradación o la adsorción por las plantas. En definitiva, los procesos de absorción representan,

probablemente, el modo más importante de interacción de contaminantes con la materia orgánica, arcillas y óxidos. (Juárez, 1980)

La movilidad según Korte et. al; citados por Fassbender (1987), es el fenómeno inverso de la retención; la primera, junto con la estabilidad química y biológica del producto y de sus eventuales residuos, influye sobre los problemas de contaminación. La movilidad de algunos contaminantes catiónicos en los suelos se puede agrupar en el siguiente orden;  $Cu < Pb < Ba < Zn < Cd < Ni < Mg$ . Textura, superficie específica y el pH; son factores del suelo que influyen este fenómeno. Así también el estado en que se encuentran las sustancias contaminantes. Se ha observado que los metales conocidos como contaminantes importantes, se puede escribir de la siguiente serie de solubilidad.  $Cd, Zn > Ni > Cu > Pb > Cr$ .

Juárez en (1980) dice que; cuando en la fase disuelta se presentan en concentraciones menores de  $10^{-4}$  mol/l se consideran trazas. Generalmente la concentración de metales pesados en la solución del suelo son menores de  $10^{-8}$  /l. Y generalmente los iones metálicos se coordinan con las sustancias orgánicas. Pudiendo intervenir en la formación de complejos funcionales. Así también se ha indicado que la adsorción de metales tales como Cd, Ni, Cu, y Zn en óxidos de Fe y Mn era el principal mecanismo de control de las concentraciones de estos metales. La eficiencia de la absorción de iones sobre estos aumenta con el pH y la concentración de los mismos. El orden de adsorción es:  $Hg > Fe > Pb > Cu = Al > Ni > Cr = Zn = Cd = Co = Mn$ , a Ph 2.4, mientras que a pH de 5.8 el orden es:  $Hg = Fe = Pb = Al = Cr = Cu > Cd > Zn > Ni > Co > Mn$ . (Juárez, 1980)

#### **5.4 Amenaza**

La amenaza es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y periodo de tiempo dado. En términos generales las amenazas son las fuentes del peligro asociadas a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos adversos sobre la salud humana, sus bienes y en el medio ambiente, esta puede ser considerada como pre-desastre, en donde algunos riesgos de desastre existen, principalmente porque la población presenta situación de vulnerabilidad, analizando de manera general las amenazas del planeta, se puede observar desde la perspectiva humana, algunos impactos directos, como el caso de la pérdida de sustento de cualquier actividad productiva, primaria, a través de procesos de degradación de suelos como la erosión. Es conveniente, de igual forma, mencionar, que la gran mayoría de las amenazas son antropogénicas y limitan la posibilidad de alcanzar un desarrollo sustentable. El análisis de la problemática ambiental en el ultimo decenio del siglo XX, como la elaborada en la Agenda 21, la podemos relacionar estrechamente con la presencia de amenazas e incremento en la vulnerabilidad, como la deforestación, la alteración de la calidad del agua; la desertificación y sequía; pérdida de la diversidad biológica; subordinación tecnológica, producción de tóxicos y sustancias peligrosas; aumento de

desechos sólidos, contaminación de la atmósfera, océanos y zonas costeras, entre otros. Estos temas deberán ser incorporados dentro de las universidades, con el fin de analizar las estrategias para minimizar impactos y riesgos, a través de la actividad profesional. (Curiel B. A. 1997)

Algunas reflexiones asociadas con las amenazas, presentadas en la Agenda 21 son las que señalan que es menester desarrollar estrategias para mitigar, tanto el efecto adverso de las actividades humanas sobre el medio ambiente, como el impacto negativo de las modificaciones del medio ambiente sobre las poblaciones humanas.

El concepto de catástrofe se relaciona comúnmente con efectos agudos, no hay que olvidar las evaluaciones de efectos crónicos, que afectan a una amplia población, y que se verán incrementados en los próximos años, se menciona la contaminación como riesgo en los grupos poblacionales; al respecto la OPS señala que en Latinoamérica y el Caribe se estima que dos millones de niños sufren de tos crónica por los altos índices de contaminación del aire urbano, y en países en vías de desarrollo, 14 millones de niños mueren cada año por infecciones inducidas por problemas ambientales. (Curiel B. A. 1997)

Los tipos de amenaza se citan a continuación: geológico, socio-organizativo, hidro-meteorológico, sanitario, químico tecnológico, radiactivo, obras de ingeniería y biológico. (Curiel B. A. 1997).

Respecto a la amenaza, es importante señalar que se considera que; dentro del país se generan ocho millones de toneladas anuales de desechos peligrosos, en los que el 90% no recibe tratamiento adecuado. Porcentajes semejantes son los que presentan las aguas residuales del país, que se vierten a los ríos sin ningún tratamiento. Según la Secretaría Económica de Latino América (SELA) en México vive el 20 % de los pobres de América Latina (se tienen 40 millones en esta condición, de los cuales 17 millones están en extrema pobreza). (Curiel B. A. 1997)

La Organización Panamericana de la Salud (CEPIS, OMS, OPS, 1999) establece categorías para identificar los sitios peligrosos, mediante los criterios siguientes: región geográfica, contaminación de un mismo medio, impacto de fuente contaminante con similitud en las características del contaminante, así como por las características generales, tomando en cuenta todos los medios ambientes y, todas las fuentes de contaminación y tipos de contaminantes en una región geográfica previamente definida. Las organismos internacionales como OMS, OPS, y CEPIS; sugieren la categorización en siete niveles a los sitios peligrosos: 1) minerometalurgia, 2) regiones agrícolas, 3) macroindustrias, 4) Industria petrolera, 5) microindustria, 6) depósitos no controlados, e indica que; como depósitos de residuos sólidos se debe considerar a los rellenos sanitarios, tiraderos clandestinos y confinamientos para residuos industriales no regulados y 7) otros o sea, los sitios que no pueden ser categorizados en ninguna de las definiciones anteriores. Permitiendo de esta manera considerar

los sitios potencialmente contaminados. Así también existe la facilidad de priorizar la atención al sitio en estudio, al tomar en cuenta los grupos con mayor vulnerabilidad social estarían más propensos a tener eventos de daño a la salud por la presencia de contaminantes.

Para efectos de riesgo la Norma Oficial Mexicana que establece el método normatizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. (NOM-048 – SSA1-1993), se consideran tres grados de riesgo de acuerdo con los siguientes parámetros: El Riesgo Superior, medio y menor; los parámetros están basados en los valores resultantes de monitoreos ambientales.

La Norma Oficial Mexicana 052 ECOL- 1993; establece que 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 - ECOL- 052 -1993) define a; un residuo biológico infeccioso se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades; bacterias, virus u otros organismos con capacidad de infección, toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos, o la mezcla de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

## **5.5 Cadmio como amenaza**

### **5.5.1 Generalidades**

El Cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos, el agua y el suelo de vertederos y derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos, se adhiere fuertemente a partículas de la tierra, parte de este elemento se disuelve en el agua, no se degrada pero puede cambiar de forma. (ATSDR 1999).

Galvao, Corey en 1987; dicen que el cadmio fue descubierto por F. Strohmeyer en 1817 una impureza en la calamina (carbonato de Zinc), de donde procede el nombre. Representa el  $1,5 \times 10^{-5}$  % en peso de la corteza terrestre. Sus características Físicas y Químicas son; metal blanco plateado, brillante, dúctil y blando que puede cortarse fácilmente con un cuchillo. Cruje al doblarlo. Se parece bastante al Zinc en sus propiedades físicas y químicas. Es estable al aire; conserva el brillo por bastante tiempo, pues forma una capa uniforme de óxido, el color de la flama es rojo amarillento con humo color marrón de óxido de cadmio. Es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Es utilizado en muchos productos y procesos industriales. Se utiliza para el galvanizado de partes metálicas, como pigmento en pinturas y plásticos, en baterías recargables de níquel-cadmio, y como catalizador y preservante en la industria de plásticos. El 60 % de la producción se usa en electrodeposición sobre hierro o acero para protegerlos de la corrosión, baterías recargables de níquel-cadmio y como reactivo químico.

Otros usos son, el recubrimiento de acumuladores y rectificadores, muchos tipos de soldadura y barras de control del flujo de neutrones en los reactores nucleares, cables eléctricos, células fotoeléctricas, cloruro de polivinilo, colorantes de cadmio, equipo para ruedas, equipos, fusibles, joyería, laminados a vapor, soldadura, tapones de extintores y zinc.(Galvao, Corey 1987)

Respecto a los compuestos del cadmio Galvao y Corey indican que se encuentran como:

El Óxido de cadmio (de color rojo amarillento a marrón negruzco si es amorfo y de color rojo oscuro a negro brillante si es cristalino) se usa en galvanotecnia, como catalizador (hidrogenación y síntesis de metano), en la fabricación de esmaltes.

Hidróxido de cadmio (incolore) se usa en galvanotécnia y en la fabricación de electrodos negativos de baterías de níquel-cadmio.

Cloruro de cadmio (incolore) se utiliza en galvanotécnia, fotografía, tintorería y absorbente de H<sub>2</sub>S.

Sulfuro de cadmio se usa como pigmento amarillo.

Estearato de cadmio se emplea en la mejora de la estabilidad de los materiales de PVC frente a la luz y los agentes atmosféricos.

Los silicatos y boratos de cadmio presentan fosforescencia y fluorescencia y se usan como componentes de las sustancias fosforescentes de televisión en blanco y negro y activadores para producir color azul y verde de tubos de TV color.

En las rocas las concentraciones normales se basan en las concentraciones reportadas para las rocas comunes. El menor contenido se presenta en un rango de <0.1 a 1.0 ppm. y los derivados de las rocas sedimentarias pueden tener 0.3 a 11.0 ppm. también reporta que la concentración normal en suelos es de 0.3 ppm. En suelos normales el cadmio total es de 0.1 a 1.0 ppm. en suelos agrícolas las concentraciones es de 1.0 ppm o menos, en estudios realizados en 91 muestras de suelo vertisol se encontró un rango de 0.13 – 0.55, con una media de 0.27 ppm. Dentro de los perfiles de suelo la mayor concentración de cadmio es de 0.22 ppm. ( Domy C. Adriano 1986)

México en 1996 ocupaba el séptimo lugar como productor de cadmio refinado con 783 toneladas anuales, para el año 2003 se encuentra en el cuarto lugar en esa actividad. (INEGI 1997)



### 5.5.2 Usos del cadmio

En el siguiente cuadro se plantea un modelo de cómo se realiza el consumo del cadmio y cual es el uso dado para este elemento entre los años 1992 – 1996. El consumo en baterías ha ido en aumento, en los pigmentos la tendencia es a disminuir al igual que los estabilizadores de plástico y las aleaciones, en el electrocadmiado permanece constante. Cuadro 5.1.

**Cuadro 5.1. Evolución del modelo de consumo de cadmio en el mundo occidental, expresado en % del total**

	1992	1993	1994	1995	1996
Baterías Ni – Cd	61	63	65	67	70
Pigmentos	16	15	15	14	13
Estabilizantes para plásticos	11	10	9	8	7
Electrochapado cadmiado	8	8	8	8	8
Aleaciones y otros	4	4	3	3	2
Total	100	100	100	100	100

Fuente: International Cadmium Association 1997 en Tomes (2000)

### 5.5.3. Contaminación por cadmio

Las fuentes de contaminación no ocupacional, especialmente en las ciudades son: la incineración de residuos, la combustión de carburantes fósiles y el uso de fertilizantes fosfatados, encontrando que tanto el cadmio como sus compuestos se distribuyen y se presentan de modo diferente según las características del medio en que se encuentre, como es: en el suelo, en áreas no contaminadas se encuentra en concentraciones alrededor de 1 mg/kg. La contaminación del suelo por depósito de partículas del aire o por agua contaminada por actividades industriales, a determinadas concentraciones de hasta 16 mg/kg. Las concentraciones en el aire de cadmio, tienden a aumentar en las cercanías de fundiciones, incineradores y a lo largo de las carreteras. (Galvao y Corey 1987)

### 5.5.4 Toxicidad del cadmio

El organismo tiene la capacidad de eliminar importantes cantidades de cadmio, según Galvao y Corey 1997; la cantidad de cadmio ingerida a través de alimentos es variable. Las determinaciones hechas en algunos países, demostraron que la ingesta puede ser de 10-60 µg/día para una persona de 70 Kg. En algunos sitios se han encontrado casos con ingestión de hasta 150 µg/día. Los alimentos son la fuente de exposición más importante para la población no expuesta ocupacionalmente. Entre el 90 y el 95 % del cadmio ingerido es eliminado por las heces, la ingestión de cadmio es significativa

cuando existe un alto índice de contaminación ambiental, lo que repercute en las concentraciones de cadmio en los alimentos y por lo tanto en su ingestión.

En el tabaco; de cada cigarrillo existe de 1–2 µg de cadmio, según Galvao y Corey en 1997 mencionan que parte del cadmio del tabaco se elimina con la combustión. Pero se inhala de 0.1-0.2 µg de cadmio por cigarrillo, lo que puede ocasionar una acumulación de 15 mg de cadmio en el organismo al cabo de 20 años de haber fumado 20 cigarrillos diarios.

Respecto a la toxicidad del cadmio, la CEPIS (1999) hace mención de que en las ciudades industrializadas, en el aire se han encontrado la presencia de cadmio en concentraciones desde 0.05 a 30 mg/m<sup>3</sup>, estos niveles son altos y dañinos para la salud y en las regiones donde la contaminación es en agua se han identificado niveles de 0.001 mg/L hasta 0.15 mg/L siendo al igual que el anterior tóxicos. En áreas no industrializadas la presencia de cadmio en el suelo, se encuentran concentraciones de hasta 16 mg/kg, derivado del deposito de partículas del aire o agua movilizadas largas distancias desde las zonas que en las que se realizan actividades industriales.

Las dosis letales probadas en animales van desde 140 mcmolcd/kg. administradas por vía oral o cutánea los datos se mencionan en el cuadro 5.2, (Frejaville, J. P. Bourdon R. 1978)

**CUADRO 5.2. Dosis Letal.  
LD50/LC50**

DOSIS mcmolcd/kg	MORTALIDAD (%)
140	0/10 (0)
270	3/64 (5)
530	14/57 (25)
790	38/42 (90)

Fuente: Frejaville, 1978

La dosis letal media (LD50), es la dosis de productos químicos aplicada oral o cutáneamente el la cual el 50 % de los animales de prueba murieron en un lapso de ocho horas.

La concentración letal media (LC50), significa; la concentración de productos químicos en el aire en el cual el 50 % de los animales de prueba murieron en un lapso de ocho horas.

El limite permisible de exposición (PEL) por sus siglas en ingles; este límite esta determinado por la agencia de Administración Ocupacional y la Salud (OSHA), es la máxima concentración de productos químicos en el aire legalmente permitido al que un trabajador sano puede estar expuesto durante un periodo de ocho horas (promedio TWA)

Toxicocinética del cadmio se verifica mediante el ingreso al organismo por inhalación o ingestión, el ingreso por la piel no esta comprobado y no hay descripciones de casos en el que éste tenga importancia evidente. El cadmio absorbido es transportado por la sangre a diversos órganos y tejidos, principalmente a riñones e hígado. El 50% del cadmio absorbido se encuentra en estos órganos. (Galvao y Corey ,1987).

Los músculos, el páncreas, las glándulas salivales acumulan cadmio, el sistema nervioso central lo presenta en muy bajas concentraciones, el cadmio atraviesa la barrera placentaria, pero en mucho menor grado que muchos metales, haciendo más bien de deposito de cadmio, éste al ser saturado permite el paso transplacentario del metal. (De la Vega 1985)

La eliminación del cadmio acumulado en el organismo se hace principalmente a través de la orina y por las heces. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga se estima entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, también reporta que, en la leche materna de mujeres no expuestas ocupacionalmente se ha encontrado concentraciones desde 35 µg por litro en los primeros días posteriores al parto hasta 0.1µg/l a 10 µg/l para el periodo de hasta seis meses después del parto. (Galvao y Corey, 1987).

El cadmio es acumulativo en organismos en todos los niveles. No es metabolizado y no sufre cambios a lo largo de la cadena alimenticia, puede acumularse en altas concentraciones en una gran variedad de organismos marinos y en algunas plantas, los moluscos lo presentan en concentraciones de hasta  $2 \times 10^6$  veces mayor que las que se han encontrado en el agua en el que viven; algunos alimentos del mar como, lenguado, almejas, ostras, jaibas; contienen las más altas concentraciones de cadmio. Muchas plantas pueden absorberlo a través del suelo, las riberas de los ríos y las costas marinas pueden ser depósitos de cadmio. Aunque no se han descrito niveles que representen peligro para el ambiente. (Galvao y Corey ,1987)

La acumulación del cadmio en animales es de gran importancia por el peligro de ingestión del toxico prolongada de estos, lo que puede significar que aunque no haya evidencias de intoxicación del organismo expuesto hasta el momento del sacrificio. En camarones se encontró una concentración de 2 400 veces mayor de cadmio en camarones después de 40 días de exposición, 0.005 ppm. en los peces se sabe que los riñones e hígado son los órganos donde más se concentra el cadmio. (Galvao y Corey ,1987)

Las deficiencias de hierro, zinc, calcio y de proteínas en el organismo, facilitan una mayor absorción intestinal de cadmio. En experimentos con animales se ha comprobado que la administración simultanea de otros metales con cadmio previene de las lesiones causadas por este metal. (Galvao y Corey ,1987)

### 5.5.5 Efectos a la salud

Los humos y polvos del cadmio tienen efectos locales irritantes, los efectos generales, como la gastritis aguda es resultado de la ingestión del cadmio, la irritación respiratoria con dolores torácicos designa a veces edema pulmonar agudo y broncoalveolitis hemorrágica son causados por inhalación de humos de cadmio. En las intoxicaciones graves se han observado proteinurias e incluso anurias con posibilidad de necrosis cortical bilateral irreversible, así también se han descrito hepatitis moderada y alteraciones de la médula ósea como efectos de intoxicación crónica por cadmio, el más notable es la aparición del síndrome de Farconi (proteinuria, glucosuria, aminoaciduria) (Frejaville, 1978).

La proteinuria es la condición en que la orina contiene una cantidad anormal de proteína, la glucosuria consiste en una excreción de la glucosa en la orina en cantidades perceptibles en las concentraciones normales de la glucosa en la sangre, así también la aminoaciduria, se define cuando en la orina aparecen concentraciones anormales de aminoácidos.

De la Vega en 1985, señala al cadmio como uno de los metales que provocan abortos espontáneos y teratogenidad, estos efectos son reportados en ratas, ratones y hamster. Algunos de los metales más ubicuos y aquellos que en concentraciones elevadas tienen efectos tóxicos, son: aluminio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, manganeso y el plomo. Los flujos de las emisiones naturales y antropogénicas de Cadmio para todo el planeta son: en emisiones naturales; 290 y 5,500 toneladas por año de las antropogénicas.

### 5.6 Residuos sólidos

Se define como residuo todo desecho orgánico e inorgánico que resulte de las diversas actividades domésticas, comerciales, industriales, de servicios y recreativas. Siendo la basura la mezcla de residuos producida por las actividades realizadas por el ser humano y que no permite su posterior utilización, provocando daños irreversibles al medio ambiente, así como a la salud de la población, del mismo modo; los residuos sanitarios, son todo desperdicio que por su naturaleza presenta o puede presentar un riesgo a la salud humana o al equilibrio ecológico. (Padilla Massieu 2003).

Los residuos sólidos depositados en tiraderos a cielo abierto son producto de un ciclo de producción, transformación y consumo de bienes, los que de acuerdo a sus características físicas y químicas se clasifican en residuos no peligrosos, peligrosos, potencialmente peligrosos e infecto-contagiosos. (Buenrostro O., 2000).

En México la existencia de residuos sólidos, se registra desde la época prehispánica, en Tenochtitlan, donde los "calpixques", "topiles", y "macehuales" se encargaban de recoger la basura de los lugares públicos para depositarlas en el suelo en donde se incineraban para iluminar la ciudad. La basura que se

producía en las casas se enterraba o se incineraba; los desechos eran 100 % orgánicos, las heces eran utilizadas como abono y la orina se usaba para preparar tinturas textiles. Durante la conquista se aplicaron las mismas medidas de manejo, así fue que para 1848 se tenían montañas de basura a las puertas de la ciudad. Entre 1871 y 1873 se crearon basureros y se ubicaron en la parte oriente del barrio de San Antonio Tomatlán, en 1935 se contaba con cuatro tiraderos municipales llegando a ser ocho para 1946 (Hernández y Navarrete, 2000).

#### 5.6.1 Generación de Residuos Sólidos

El INEGI – SEMARNAP en las estadísticas del medio ambiente; mencionan que: Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a la fuente de generación en municipales, industriales, y especiales. El Instituto de Ecología indica que los municipales representan una categoría de análisis para cuantificar y conocer las características de la basura producida en las ciudades; generalmente esta categoría de desechos incluyen a los residuos generados en los hogares y otras fuentes (INE – SEMARNAP, 1997).

La caracterización de los residuos sólidos municipales referida por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), reportan como Indicadores promedio de la caracterización de los residuos sólidos municipales a nivel internacional, con base a los E.U.A., Francia, México y Colombia; produciendo en mayor porcentaje papel y cartón E.U.A., en un 40 % del total producido por los cuatro países, seguido en orden descendente por Francia, Colombia y México; con 35, 22 y 14 por ciento respectivamente, la producción mayor de desechos plásticos y metales corresponde a E.U.A. con 8% y 9%, seguido en el mismo orden por Francia, México y Colombia; respecto a la producción de vidrio, Francia ocupa el primer lugar con 12% y 5 puntos abajo le siguen México y E.U.A.; en Residuos Alimenticios, Colombia tiene el primer lugar con 56 %, seguido por México con 32 %, Francia con 21% y E.U.A. con 18 %; de los Residuos de Jardinería, México y Colombia con 10 % y E.U.A. produce 7 %. (INE, SEMARNAP, 1997)

Comparando las producciones de desechos, los países industrializados, tienen la mayor generación de desechos provenientes de materiales procesados como son el papel, cartón, plásticos, metales y vidrio, mientras que los menos industrializados producen mayormente residuos orgánicos.

Para el estado de Michoacán y su capital, el mayor tonelaje de residuo es producido en las residencias lo que es coincidente tanto en Michoacán como en la capital del estado. El menor porcentaje lo constituyen las instituciones y los servicios. Existiendo diferencias de generación en los domicilios. (Cuadro 5.3)

**Cuadro 5.3. Clasificación de Generadores, generación diaria de residuos sólidos urbanos en el estado de Michoacán.**

Generador	Michoacán (total de generadores)	Generación (tonelada / día)	Morelia (total de generadores)	Generación (toneladas /día)
Industrial	14, 881	23.8	2 437	3.8
Comercial	54, 007	32.4	10 346	6.2
Mercados	7, 062	51.2	1 178	17.4
Comercio temporal	11, 558	83.8	1 928	11.3
Especial	20, 379	14.3	5 121	3.6
Institucional /Servicios	2, 798	2.2	1 421	1.2
Residencial	781, 632	1, 954	123, 307	321.0
<b>Total</b>	<b>892, 317.0</b>	<b>2, 161.7</b>	<b>145, 738</b>	<b>364.5</b>

Fuente: (Buenrostro O. 2000)

El municipio de Sahuayo, coincide en la generación per cápita con Zamora, rebasa a Uruapan y Apatzingan y Lázaro Cárdenas, mientras que es rebasado por Morelia y Zitacuaro; cuyas poblaciones llegan a ser hasta 100 veces mas en el caso de Morelia y Zitacuaro es cuatro veces mayor, el número de habitantes puede ser significativo en la generación de residuos, como se observa en el caso de Apatzingan y Zitacuaro, el primero tienen diez mil habitantes mas que el segundo, no obstante la cantidad generada es muy similar. Siendo un caso similar el de Lázaro Cárdenas y Zamora. (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4. Generación de residuos sólidos urbanos en municipios de Michoacán**

Localidades	Población 1997	Generación total 1997 (ton/año)	Generación per cápita 1997 (kg./hab/día)
Apatzingan	115,924	35,747	0.8448
Lázaro Cárdenas	175,508	54,308	0.8477
Morelia	616,411	230,227	1.0232
Sahuayo*	61,063	53,717.12	0.8797
Uruapan	264,435	80,374	0.8327
Zamora	170,908	54,433	0.8725
Zitacuaro	125,290	35,282	1.0715

Fuente: (INE – SEMARNAP, 1997)

\*Los datos se calcularon con base en la generación per cápita, Badillo L. et al, 1993.

En el año 2000, Otoniel Buenrostro, realizó un estudio minucioso en la ciudad de Morelia, Michoacán, clasifica a los generadores, dividiéndolos en Industriales, urbana (no residencial, y residencial), rural. Determina clases de generadores; (fuente/origen) los denomina como; industria, comercio, especiales, instituciones/servicios, construcción demolición para los no

residenciales y para los residenciales; vivienda. Tipificando a los residuos que genera la industria, los divide por sus características en; no peligrosos, potencialmente peligrosos y peligrosos. (Buenrostro 2000)

De los generadores comerciales, los residuos se tipifican como comerciales, no peligrosos. Los residuos de los generadores especiales se tipifican como, potencialmente peligrosos, y los hospitalarios como peligrosos/biológico/infecciosos. Los de instituciones/servicios y los de construcción y demolición, los considera como no peligrosos. Los domésticos se clasifican como, no peligrosos y potencialmente peligrosos. Los rurales entran en la clasificación de agropecuarios, considerados como potencialmente peligrosos.

### 5.6.2 Disposición final de residuos sólidos.

Todos los residuos generados deben tener un destino y este tiene diferentes caminos desde la recolección hasta los sitios de disposición final existiendo diferentes métodos para esta actividad.

En 1997, Orozco Medina, argumenta que: la disposición de los residuos y el manejo inadecuado de los recursos vegetales son las principales razones de la contaminación del suelo. (Garibay, 1997)

Los métodos de disposición de los residuos sólidos que existen son; recolección, disposición final, dentro de este último existen varias modalidades, como son; relleno de tierra controlado, relleno de tierra no controlado, tiraderos a cielo abierto y reciclaje.

Las cantidades recolectadas se incrementan a través del tiempo, sin embargo la proporción que llega a los tiraderos de tierra controlados es mínima en comparación con la que llega a los tiraderos a cielo abierto y la que se recicla es poco considerable. (Cuadro 5.5)

**Cuadro 5.5. Disposición de residuos sólidos municipales, 1992-1998 (miles de toneladas)**

Método	1992	1993	1994	1995	1996	1997 <sup>1</sup>	1998
Recolección <sup>2</sup>	15 377.278	19 662.678	20 630.704	21 357.003	22 539.763	22 539.763	25 854.888
Disposición final							
R. de tierra controlados	4 641.810	4 935.180	5 058.559	5 952.000	8 573.000	10 269.990	15 877.140
R. de tierra no controlados	2 710.130	2 833.313	2 915.438	2 555.000	2 606.000	1 657.480	1 007.490
Tiraderos a cielo abierto	14 465.689	20 129.258	21 297.212	21 796.067	20 564.031	17 125.870	13 458.960
Reciclaje	149.910	191.788	201.230	206.553	216.369	219.080	206.914
Total *rsmg	21 967.5	28 089.5	29 472.4	30 509.6	31 959.4	29 272.4	30 550.5

Fuente: SEDESOL 1999. \*Residuos sólidos municipales generados \*\* R. Rellenos

1.- A partir de 1997 las cifras se ajustan con base en estudios de generación per cápita llevados a cabo en pequeñas comunidades, donde se ha encontrado que dicha generación es del orden de 200 a 350 grs. Cantidades inferiores a las reportadas en años anteriores al de referencia.

2.- Las cifras reportadas para los años 1992, 1993, 1994, 1995 y 1996, corresponde al 70%, para 1997 al 77% y para 1998 al 84.63% del volumen total generado respectivamente, estimadas con base en información proporcionada por la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, Sedesol.

**Nota a la tabla; La disposición se refiere al depósito permanente de los residuos en un sitio en condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas, en este caso los rellenos de tierra controlados .**

**Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras.**

La SEDESOL realizó un inventario de los sitios en los que se depositan los residuos sólidos, en 1992 y los tipos a forma de gestión. No habiendo sido actualizada hasta el momento.

Los lugares de entierro, y los rellenos de tierra controlados registrados a partir de 1972 – 1998, siendo hasta la fecha los datos mas actualizados para el país, presentan una tendencia ascendente hasta 1997 y tiende a estabilizarse hacia el 98, aunque el número de sitios tiende a estabilizarse, la capacidad es ascendente significativamente. Al contrario los rellenos de tierra no controlados tienden a disminuir, al igual que su capacidad. El número de tiraderos a cielo abierto no esta disponible, en cuanto a la capacidad a disminuido, al adecuarse con obras de ingeniería en rellenos de tierra controlados (cuadro 5.6).

**Cuadro 5.6. Número de instalaciones y capacidad de disposición de residuos sólidos municipales. 1992 – 1998.**

Concepto		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lugares de entierro	Número	79	85	87	91	92	97	97
	Capacidad	7 351.93	7 768.49	7 974.00	8 505.00	11 179.00	11 927.47	16 884.63
R. de tierra controlado	Número	13	16	16	30	31	46	66
	Capacidad	4 641.81	4 935.18	5 952.00	5 952.00	8 573.00	10 269.99	15 877.14
R. de tierra NO controlado	Número	66	69	71	61	61	51	31
	Capacidad	2 710.13	2 833.31	2 915.44	2 555.00	2 606.00	1 657.48	1 007.49
Tiraderos a cielo abierto	Número <sup>1</sup>	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	Capacidad <sup>2</sup>	14 465.69	20 129.26	21 237.21	21 769.07	20.564.03	17 125.87	13 458.96

SEDESOL 1999. R. Rellenos

En Sahuayo la disposición de residuos sólidos se ha realizado en tiraderos a cielo abierto, depositándose en él todo tipo de residuos generados en el municipio.



Los rellenos sanitarios, señalados en la tabla citada como (1) no se conoce su número por tratarse comúnmente de tiraderos clandestinos o a cielo abierto. La capacidad para los tiraderos a cielo abierto indicado como (2) se calcula con base en el total generado de residuos sólidos municipales, menos lo dispuesto en rellenos de tierra controlada y no controlados, menos lo recuperado y reciclado, en este caso las cifras reportadas son estimaciones. Debido a que no se cuenta con un inventario de los tiraderos a cielo abierto (Nd). No se dispone de datos que refieran su capacidad.

Las organizaciones mundiales como la Organización Panamericana de la Salud (OPS 1999), se han encargado de clasificar la peligrosidad de los sitios de disposición final de los residuos sólidos; que involucra los residuos peligrosos generados en procesos de extracción y consumo, utilización, control de tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó. Es decir los residuos peligrosos que no tienen uso directo y se descartan en forma permanente.

La OPS engloba el concepto de Peligrosidad cuando refiere a las sustancias que por sus características físicas químicas e infecciosas pueden:

- Causar un aumento de la mortalidad o un incremento en las enfermedades graves irreversibles o reversibles que producen invalidez, o que pueden contribuir significativamente a ello.
- Plantear un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al medio ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados eliminados o manejados de forma inadecuada.

La Norma Oficial Mexicana 083 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. (Nom - 083 - ECOL - 1993) indica; Los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, deben ubicarse respetando el derecho de vías autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios, fuera de áreas naturales protegidas, respetando los derechos de vía de obras públicas federales tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc. Debe estar alejado 1500 m, a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes. En caso de no cumplir con lo anterior se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población. Las especificaciones anteriores son para sitios que reciban 30 ton. de residuos, o que den servicio a ciudades hasta de 50,000 habitantes.

Para lo que es necesario revisar los aspectos geológicos, como son la existencia de una falla que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años, se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables (que puedan producir movimientos de suelo o roca) por procesos

estáticos y dinámicos. Debiéndose evitar zonas donde existan o puedan generarse asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación del acuífero. (Nom - 083 - ECOL - 1993)

La Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994, establece los requisitos de diseño para un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias. Define al relleno sanitario como la obra de ingeniería para la disposición final y segura de los residuos sólidos municipales.

Uno de los requisitos de las obras de manejo del relleno sanitario es la cubierta del material de desecho, que puede ser de origen natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos con el propósito de controlar el ingreso de diversos organismos, así como controlar la humedad de los estratos de residuos, el movimiento de gas producido por la degradación de la materia orgánica, el inicio y propagación de incendios, la dispersión de residuos y también proporcionar al sitio una apariencia adecuada.

Los criterios constructivos que registra la NOM-084-ECOL-1994, abarcan desde la preparación del terreno para trabajarlo a base de terrazas y al mismo tiempo extraer material para cubierta. El frente de trabajo o ancho de las celdas se calculará de acuerdo al número de habitantes y de las características del equipo con que se cuente para la operación del relleno.

Los cortes del terreno se harán, siguiendo la topografía del sitio para formar terrazas y aprovechar al máximo el terreno. Las cubiertas intermedias que sirven de separación de las celdas diarias serán de 30 cm. el espesor de la cubierta debe ser de 60 cm. La compactación de los residuos dependerá de su composición, del grado de humedad y del equipo utilizado. Para obtener entre un 50 a 70 por ciento de reducción de su volumen. Las cubiertas tendrán una pendiente del 2 % para el drenado adecuado que impidan el paso del agua, para evitar la erosión se deberán revegetar con especies propias de la región. Con base al método de trinchera las celdas se construirán sobre la base del talud de la trinchera donde los residuos son compactados en capas inclinadas, posteriormente será cubierta con el material excavado de la futura trinchera.

Los criterios de construcción de la trinchera aportados por la NOM-084-ECOL-1994 son los siguientes

La profundidad mínima de la trinchera será de 2.00 m. de los cuales 1.50 m. será de residuos y el resto de material de cubierta. La trinchera deberá contar con una pendiente del 2 % que permita el drenado de la excavación a lo largo de toda su longitud. El ancho de la trinchera será como mínimo de 9.00 m. para facilitar la descarga de los residuos sólidos municipales y la operación de la excavación de la máquina.

La Agencia para la Protección del Ambiente (EPA), define como Sitio peligroso al considerar todas las áreas o zonas contaminadas por residuos peligrosos, proponiendo una clasificación para estos sitios, aplicándose en la priorización de su atención, así pues, según el nivel alcanzado dentro de la clasificación como sitios de baja, alta o muy alta peligrosidad, las acciones a tomar son: vigilancia ambiental, evaluación de la exposición y evaluación de la exposición y restauración inmediata, respectivamente (OPS, CEPIS, OMS, 1999).

### 5.6.3 Marco Legal

Orta, L. T. (2000) dice que; la situación legal en aspectos técnicos relacionados con los rellenos sanitarios comprende tres niveles: leyes, reglamentos y normas. Existe la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley Ambiental del Distrito Federal y las correspondientes leyes estatales en materia ambiental. En la LGEEPA (1999) se establece principalmente la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos por los estados, municipios y el Gobierno del Distrito Federal. La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales se encarga de expedir las normas a las que deberán sujetarse las diferentes entidades para el diseño, construcción y operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

La sustentación de los reglamentos son las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son expedidas por competencia federal, caso que también aplica al manejo de los residuos sólidos. Actualmente, sólo existen vigentes la NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, y el proyecto de norma NOM- 084-ECOL-1997, que establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario. Cabe mencionar que la NOM-083, está siendo revisada al igual que el proyecto de la NOM-084-ECOL 1994. La NOM-052- ECOL- 1993, que se refiere al listado de los residuos considerados como peligrosos, se está revisando y existe una propuesta de modificación que considera a los lixiviados generados en la disposición final como residuos peligrosos.

La normatividad ambiental esta regulando la disposición final y proporciona las características de los residuos y como deben ser tratados, el tratamiento inadecuado de los residuos nos lleva a tener problemas ambientales de riesgo para la salud.

La NOM-052- ECOL. 1993; considera que los residuos peligrosos en cualquier estado físico por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, biológico infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico, por lo que es necesario definir cuales son esos residuos identificándolos y ordenándolos por giro industrial y por procesos, los generados

por fuente no específica, así como los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

La NOM - 048- SSA1-1993, establece el método para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Sahuayo, Michoacán se encuentra rodeado de ciudades y municipios importantes en desarrollo comercial y cultural, dentro del mismo estado; La Piedad, Zamora y en el estado de Jalisco; La Barca.

### 6.1 Descripción del medio físico

El municipio de Sahuayo se localiza al noreste del estado de Michoacán, en las coordenadas  $20^{\circ} 01'$  y  $20^{\circ}06'$  de latitud norte, y  $102^{\circ} 44'$  y  $102^{\circ} 49'$  longitud oeste, a una altura de 1525 metros sobre el nivel del mar. (CETENAL, 1973).

Su superficie es de  $212.10 \text{ km}^2$ , Limita con los municipios; al norte con Venustiano Carranza, al este con Villamar, al sur con Jiquilpan y al noreste con Regules.

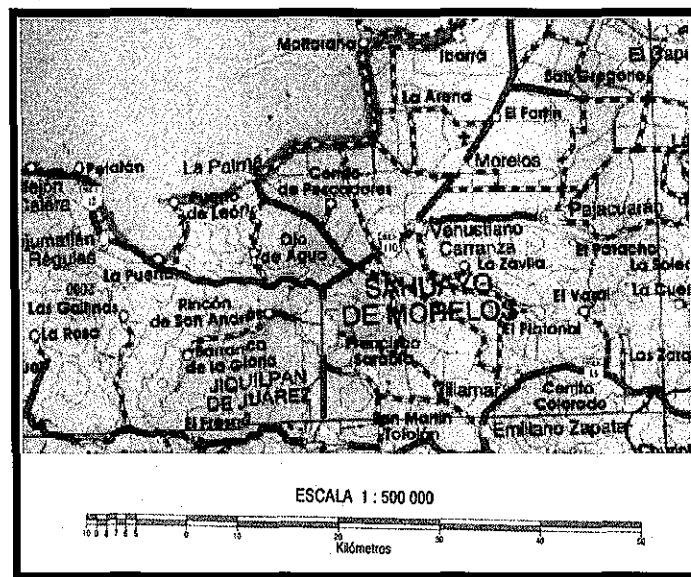


Fig. 6.1 Ubicación del municipio de Sahuayo, Michoacán.

En general la zona de estudio se encuentra en zona de basalto en las laderas y aluvión en la zona plana.

La carta edafológica describe al suelo de la zona de estudio de la siguiente manera; unidad de material consolidado con posibilidades bajas, que se encuentra ampliamente distribuido en el área de estudio; esta conformada por rocas volcánicas de composición ácida y básica del terciario superior y reciente; presentan un fracturamiento variable de moderado a alto y un intemperismo somero, por lo que la permeabilidad secundaria aumenta de media a alta; sin embargo, se ubica en esta unidad, no obstante su buena permeabilidad ya que

las condiciones subterráneas al parecer no son propicias para almacenar el agua y construir acuíferos; actúa generalmente como zona de recarga (INEGI 1981).

Existen restos del banco de material que fue explotado para dar lugar al tiradero la fig. 6.2 permite observar el aspecto de la estructura del material en que se propicia la anidación de animales, desde mamíferos pequeños hasta reptiles de diferentes tamaños y algunas aves.



Fig. 6.2 Restos del banco de material.

Las tobas (Tufo, piedra arenosa, blanda) están formadas principalmente por cenizas o arenas volcánicas depositadas a una distancia mayor del respiradero que los aglomerados. Comúnmente ocurren en capas bien definidas, cada una de las cuales representa a una llovizna distinta de ceniza o un depósito arrastrado cuesta abajo por las lluvias que generalmente acompañan a la actividad volcánica. Las expulsiones son seguidas frecuentemente por derrames de lava. (Huang, 1991).

El tipo de suelo que rige en la mayoría del área de estudio es el de vertisol pelico (Vp), indicado con círculos pequeños. (Fig. 6.3).

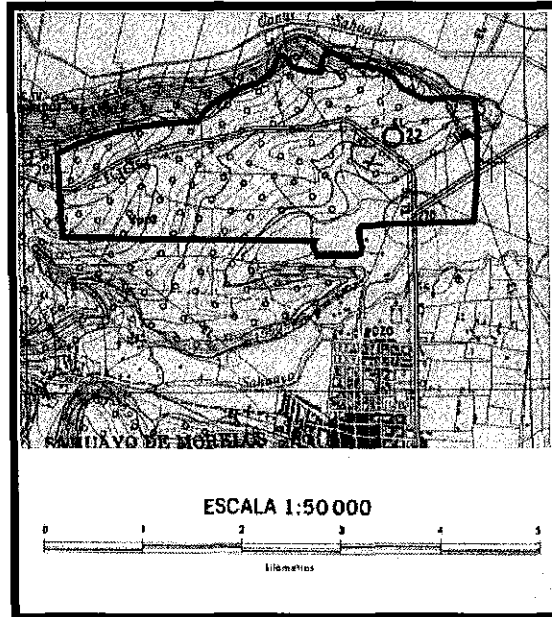


Fig. 6.3 Tipo de suelo del área de estudio es Vp

El suelo que caracteriza la zona de estudio es; según la carta edafológica del Centro de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) como suelo del orden vertisol pelico (Vp) y se describe como arcillas expandibles predominantes, apertura de grietas anchas y profundas durante la estación seca (Natural Resources Conservation Service 1998), describiendo el suelo Vertisol, y la característica de pélico se refiere a un suelo de color oscuro (Ortiz y Ortiz, 1980)

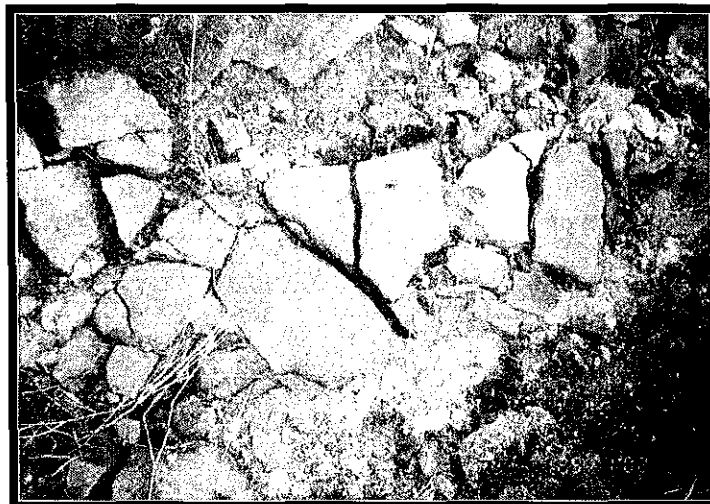


Fig. 6.4 Material superficial del área de estudio

La estación meteorológica más cercana al municipio se encuentra en el municipio de Zamora, reportando para los años 1971- 1999 para la región clima de tipo Acw cuya descripción es templado con temperatura mínima de 10.4 °C y la máxima varía entre 26 – 30 °C con temperatura media de 18 °C. Con lluvias

en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 709.0 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 10.4 a 26.0 grados centígrados, (INEGI – SEMARNAP, 1999).

En el área de estudio las condiciones de hidrología enunciadas en la carta hidrológica de aguas subterráneas emitida por el Instituto Nacional de Geografía y Estadísticas (INEGI), que lo refiere como material no consolidado con posibilidades bajas de retención de humedad, (INEGI, 1981).

Las actividades primarias que se realizan en el municipio son principalmente ganadería y en menor proporción agricultura.

En el municipio domina la pradera con mezquite, linaloé y nopal. Su fauna se conforma por lince, venado, armadillo, conejo, coyote y ardilla. (Gobierno del Estado de Michoacán 1999)

## 6.2 Descripción socioeconómica

La poblacional presenta una tasa de crecimiento del 3.92 % anual y la densidad de población de 274 habitantes por kilómetro cuadrado. El 72.28% no rebasa los 29 años.

Educación, Cultura, Recreación y Deporte son rubros en los que el municipio cuenta con centros educativos de preescolar, primaria, secundaria, preparatoria, capacitación para el trabajo y técnica. Además, recibe los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos. Así como centros deportivos, recreativos y atractivos naturales para el esparcimiento de sus habitantes.

**Cuadro 6.1 Número de planteles escolares por año, nivel educativo y número de alumnos inscritos.**

Año	Número de escuelas				No. de alumnos
	Primarias	Secundarias	Preparatorias	Técnicas terminales	
1960	8	2	1		3,530
1970	22	3			11,057
1980	23	4		1	11,719
1990	26	5	2	2	15,399
2000	31	7	2	2	19,483

Fuente: CIIDIR –IPN- MICHOACÁN. 1999

El crecimiento poblacional ocurrido en el municipio ha propiciado la proliferación de planteles escolares tanto oficiales como particulares, el número de planteles en educación básica presentan tendencia al crecimiento, las escuelas



preparatorias y terminales técnicas tendencia a la estabilización, el número de alumnos al igual que la población municipal tiende a subir. Entre los centros de recreación se encuentran la Unidad Deportiva, el Lienzo Charro, Campo de Base Ball, etc. Entre las riquezas naturales se encuentran la barrancas que reciben diferentes nombre y el Río Sahuayo, y otros arroyos temporales.

Los servicios de salud, están representados por; clínicas de la una Secretaría de Salud, una del Instituto Mexicano del Seguro Social, una Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado y médicos particulares, tanto generales como especialistas, no se tiene un número definido por no haber un registro en la Secretaría de Salubridad y asistencia, (comunicación verbal del Director del Hospital Regional de Sahuayo).

El Hospital Regional Cuenta con 31 médicos que atienden en el régimen institucional. Con 6 unidades médicas en servicio al Sector Salud. Se ha otorgado 85,861 consultas para el año 1999, este reporte no considera a los médicos particulares que atienden en sus consultorios o las clínicas privadas del municipio.

Para el periodo 1999 - 2002 se reportan como primera causa de mortalidad, infecciones originadas en el periodo perinatal, como segunda causa enfermedades del corazón, enfermedades respiratorias, como tercera causa neumonía, enfermedades del corazón, diabetes; como cuarta Cirrosis, diabetes y enfermedades del corazón; presentando el más alto número las enfermedades del corazón, la quinta causa enfermedades del hígado y diabetes mellitus, (Hospital Regional Sahuayo).

Las construcciones (viviendas) del municipio en su mayoría son de tabique y tabicón; le siguen las de adobe y por ultimo las de madera. Casi en su totalidad son particulares un 0.49% son colectivas. La mayoría cuenta con servicios básicos de agua potable, drenaje y energía eléctrica.

Los medios de comunicación y los transportes del municipio por estar situado a 215 kilómetros de la capital del estado, por la carretera federal número 15, Morelia- Zamora- Jiquilpan- Sahuayo, tienen comunicación a sus localidades por caminos de terracería. Cuenta con teléfono, telégrafo, y correo, Taxis, camiones de carga y materialistas, autobuses urbanos, suburbanos y foráneos.

La población económicamente activa de Sahuayo, representó, en 1980, el 28.22% del total de la población y se ubico en el sector terciario.

Las principales actividades económicas son:

- Agricultura. Los principales cultivos por orden de importancia son alfalfa, sorgo, cebolla, maíz y jitomate.

- Fruticultura. Se produce principalmente mango, aguacate, limón, guayaba, lima, naranja, toronja, zapote, durazno, granada roja y chirimoya.
  - Ganadería. Se cría ganado bovino, porcino, caballar, asnal, mular, y ovino.
  - Explotación Forestal. La superficie forestal no es maderable y es ocupada por matorrales diversos.
  - Industria. Las principales ramas de la industria son la fabricación de alimentos, prendas de vestir, y otros artículos confeccionados con textiles y otros materiales, productos de hule y plástico, productos de minerales no metálicos y fabricación de productos metálicos — excepto maquinaria y equipo.
- Los servicios públicos de acuerdo a las apreciaciones del H. Ayuntamiento esta cubierta de la siguiente manera:
- Agua potable se obtiene de pozos profundos.
  - Recolección de basura: se hace mediante el sistema tradicional a un 85 % de la población en turno nocturno con excepción del área del Mercado en el cual se destina un camión para uso exclusivo de locatarios y vecinos.
  - Mercado: Tiene trascendencia regional ya que en el se surten los locatarios y comerciantes de los municipios vecinos como son; Cojumatlán, Venustiano Carranza, Jiquilpan, Villamar y Tizapan, este ultimo del Estado de Jalisco.
  - Rastro: Se cuenta con dos rastros que no cumplen con las condiciones establecidas en las normas oficiales mexicanas.
  - Panteón: Esta infraestructura se toma en cuenta debido a la generación de desechos de desechos durante las exequias y los días festivos.
  - Parques y Jardines: Son generadores de residuos por las labores culturales que en ellos se realizan.

El municipio cuenta con los siguientes medios de comunicación: periódicos, estaciones de radio, televisión e Internet.

La cabecera municipal se comunica con la carretera federal No. 15 México - Nogales y la carretera Briseñas - Sahuayo, servicios de autobuses, teléfono, casetas telefónicas, telégrafos, correos, cobertura de telefonía celular e Internet.

### **6.3 Historial del tiradero Municipal “La Calzonuda”**

El área de estudio se delimita según el plano de división ejidal del municipio de Sahuayo. El ejido “La Calzonuda” se encuentra ubicada en el municipio de Sahuayo, con una latitud de 20° 05' 08" y longitud de 102° 43' 53" y lo ilustra la Fig. 6.5.

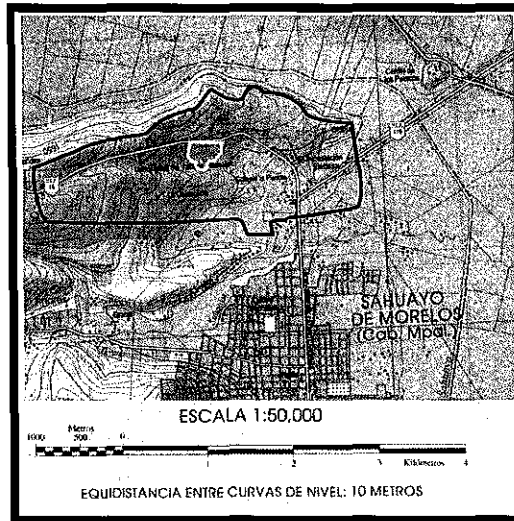


Fig. 6.5 Ubicación del ejido “La Calzonuda”

El ejido “La Calzonuda”, ha sido considerada un predio de uso netamente agrícola, en la que se cultivaban ecueros (espacio de tierra laborada a mano) de agave principalmente, y entre los huecos del cultivo se sembraban de maíz, frijol, calabaza, en 1960 se comenzó a explotar un banco de material volcánico, con la finalidad de cubrir un camino vecinal que permitiría el acceso a la colonia la forestal.

El ejido la calzonuda cuenta entre sus predios con un tiradero a cielo abierto que fue cerrado en el año 1990 cuyos antecedentes se presentan en el cuadro siguiente;

**Cuadro 6.2. Historial del terreno usado como tiradero Municipal de La Calzonuda**

Año	Acontecimiento
1939	Se divide la propiedad particular de la Sáncheña de 480 hectáreas para constituir el ejido de la calzonuda.
1950	Se evalúa el material existente en el predio por CETENAL.
1950	Explotación del Banco de Material.
1960	Se autoriza como sitio de disposición de basura, por el dueño.
1965	Se realizan protestas sociales por contaminación del aire.
1979	El propietario, niega el préstamo del predio para su uso como tiradero.
1981	Se abre un tiradero temporal por un año en las faldas del "Cerrito de los Puercos".
1984	Se firma convenio entre la dueña y el municipio para seguir tirando basura.
1987	Aumentan las protestas sociales.
1990	Cierre oficial del tiradero municipal.

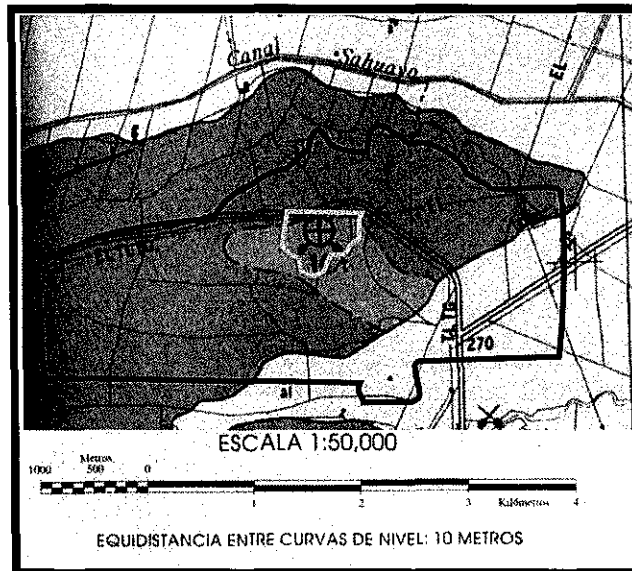


Fig. 6.6 Localización del banco de material

Justo en el área de ubicación del tiradero dentro de la carta geológica se ubica un respiradero (apertura por donde entra y sale el aire) de toba, que fue explotado y terminado su uso, el municipio solicita al dueño en préstamo el terreno hueco fue utilizado como deposito de desperdicios municipales (Fig. 6.5).

Actualmente se observa esta imagen desde la carretera (Fig. 6.7) y las partes bajas como son las tierras de cultivo de hortalizas y las huertas de frutales.

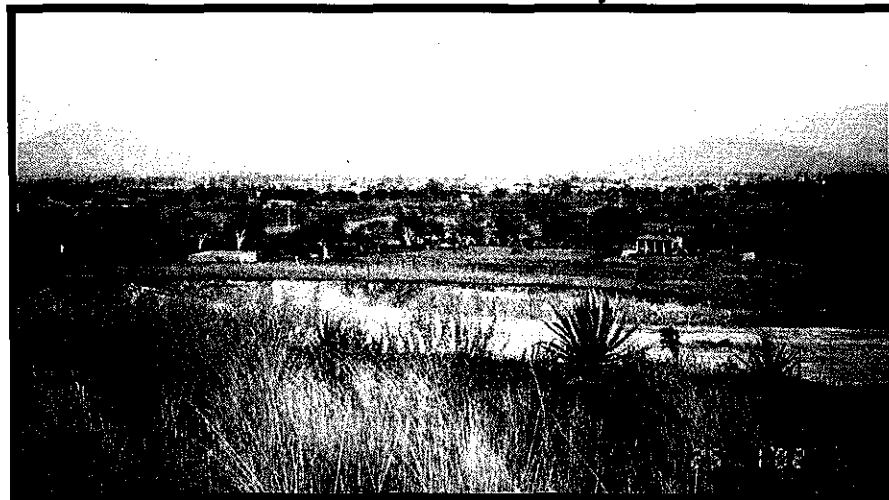


Fig. 6.7 Imagen desde el tiradero "La Calzonuda"

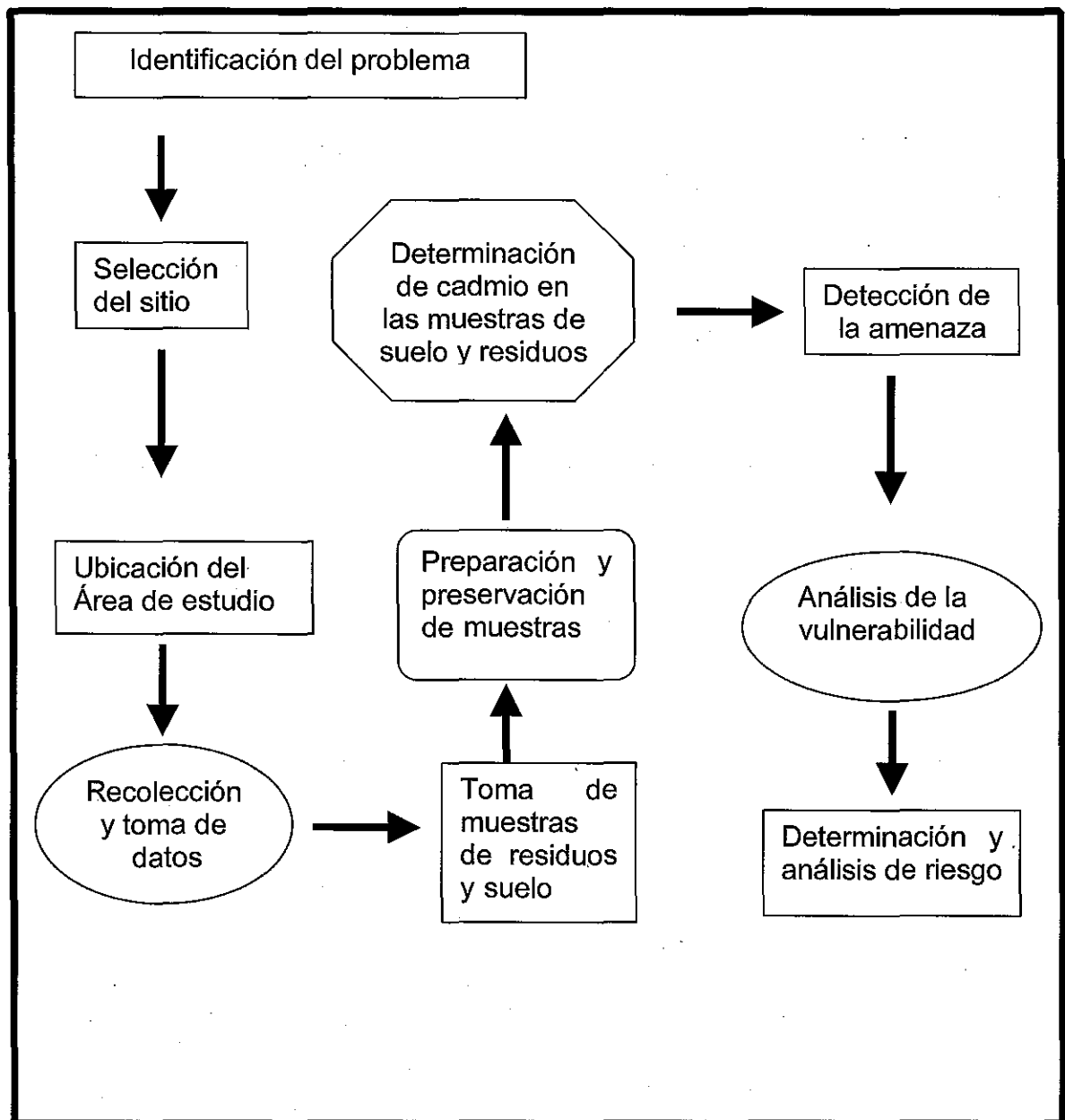


Fig. 6.8 Imagen reciente del tiradero "La Calzonuda"

## 7. METODOLOGÍA

El tipo de diseño de investigación aplicado en el presente trabajo es: *observacional* ya que solo se tomarán datos pero no se intervendrá de manera experimental, *descriptivo* se miden de manera independiente las concentraciones de Cadmio. Permitiendo integrar las mediciones de cada variable para decir como es y como se relacionan las variables de interés; *transversal*, muestrear una vez para conocer las condiciones del objeto de investigación.

**Cuadro 7.1 Diagrama de flujo de la investigación.**



## 7.1 Selección del sitio

Los tiraderos municipales son sitios que han sido designados como tales de manera arbitraria sin una caracterización ni evaluación de las consecuencias de esa actividad antropogénica a la salud y al ambiente.

La identificación de los diversos sitios utilizados a través del tiempo como tiraderos municipales en Sahuayo, se obtuvo mediante la realización de entrevistas a ex-presidentes municipales, comisariados ejidales y personas mayores de 60 años con alguna relación con el predio en estudio.

Se investigó en la presidencia municipal y en las oficinas del comisariado ejidal, la relación de presidentes municipales y de comisariados, del año 1955 al 1990, luego se investigó quienes viven aun, y así fue que se seleccionaron a las personas a entrevistar.

### 7.1.1 Aplicación de las encuestas

Se aplicaron ocho encuestas en total, seis a personas mayores de 60 y 2 mayores de 50 años que conocieron el ejido en su estado natural y vivieron la experiencia de como se fue realizado el cambio con la intervención del hombre.

El tipo de encuesta fue abierta, basada en un guión (anexo 1), para obtener dirección en las preguntas y concordancia en las respuestas.

**Tabla 7.1 Cargos ocupados por los entrevistados, periodos temporales y nombres**

Cargo	Años	Entrevistados:
Comisariado del ejido la Calzonuda.	1956	Sr. Juan Cabezas Munguía,
Presidente municipal.	1956	Sr. Alfonso Sánchez Flores
Presidente municipal.	65/66	Sr. Salvador Mújica Manzo
Presidente municipal.	86/88	Sr. J. Trinidad Núñez Gómez
Presidente municipal.	87/89	Sr. Javier Sánchez Degollado
Presidente municipal.	90/92	Sr. Felipe Pérez Valencia
Presidente municipal.	96/98	Profesor Salvador García Higareda
Comisariado del ejido la Calzonuda	2002	Sr. Federico Flores
Dueño actual del terreno	2003	Sr. Rodolfo Amezcua Ibarra

## 7.2 Ubicación y delimitación del área de estudio

Mediante el plano del estado de Michoacán, se localizó el municipio y se ubicó el área del ejido "La Calzonuda" en el plano de la división ejidal que se encuentra en las oficinas del comisariado ejidal de la localidad. Por medio de recorridos en la periferia del tiradero se realizó el reconocimiento y la delimitación del tiradero, corroborando estos en el plano del predio que posee el propietario.

Por medio del programa de computo (corel graphic suite 11) se ubicaron gráficamente los planos y fotografías, los datos de tipo de suelo, comunidades cercanas, además de otras características se obtuvieron de las cartas editadas por el INEGI y el Centro de Estudio del Territorio Nacional (CETENAL)

### **7.3 Recolección de datos.**

Se realizó una etapa de investigación documental en libros, mapas del ejido y del estado, planos geográficos, geológicos, edáficos, geohidrológicos, y fotografías aéreas, cuyas fuentes se citan en el lugar donde se usaron. Las encuestas (H. Sampieri 1991) fueron aplicadas y analizadas para obtener una respuesta que represente la idea más cercana a la realidad, que fue en la que todos o la mayoría coincidieron. El formato con las preguntas básicas de la entrevista se encuentran en el anexo 1.

Se aplicó la técnica de estudios edafológicos preliminares de gran visión o también conocida como reconocimiento ocular. (Ortiz y Ortiz, 1980), para la realización de la caracterización visual de los residuos del tiradero.

La caracterización visual del tiradero se realizó mediante un recorrido por el predio se reconocieron los residuos, recabando un registro de los desechos mediante fotografías para evidenciar su presencia en el tiradero, como lo indica la técnica mencionada.

Por medio de un flexómetro topográfico de 30 metros de longitud se midió el contorno del tiradero. Así también se corroboró, por medio de la comparación con el plano del propietario del terreno, este documento se copió, escaló y orientó. Esto es; escaneo y colocación de la escala métrica así como la orientación mediante una flecha que el documento original no poseía. Anexo 2

### **7.4. Toma de muestras de residuos y suelo.**

La ubicación de los sitios de muestreo se realizó siguiendo la pendiente del terreno, denominándose los puntos por la orientación natural Norte (**N**), Centro (**C**) y Sur (**S**) (Fig. 8.9).



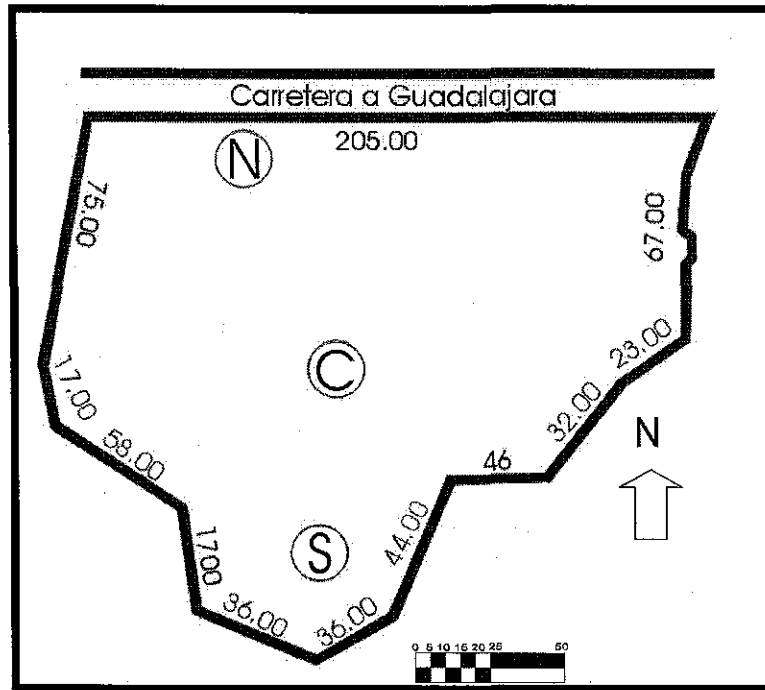


Fig. 7.1 Puntos de muestreo de residuos y suelos.

Una vez designados los sitios de muestreo se procedió a realizar excavaciones con la ayuda de una máquina retroexcavadora hasta donde la dureza del material lo permitió, se reconoció un perfil de solo desechos y otro menos amplio de suelo, se procedió a tomar medidas de los dos horizontes comenzando desde la superficie hasta donde se evidenció la diferencia que se denominó interfase y de la interfase a la roca madre. Para tomar muestras de los dos horizontes; desechos y suelo.

Se seleccionaron tres sitios para la toma de muestras, **Norte (N)**, **Centro (C)** y **Sur (S)**. Tomando como referencia la altitud msnm, y sobre la base de la delimitación del terreno del tiradero, se designaron los sitios. Muestra **N** a 1590; **C** 1580, y para **S** 1570.

Para la toma de muestras fue necesario realizar excavaciones con ayuda de la retroexcavadora, para revisar los perfiles. De suelo se tomaron cuatro muestras una cada cinco cm. tomando como inicio el punto bajo la interfase (residuo - suelo) indicándose como muestra (4), cinco cm. debajo de la (4) se tomo la muestra (3), la muestra (2), se tomo cinco cm. antes de la roca madre y la muestra (1), uno en el fondo sobre de la roca madre. (Fig. 7.2)

Directamente en el terreno se tomaron las profundidades, en el terreno del tiradero y fuera del mismo. Se tomaron las dimensiones de los perfiles con una escala de madera con longitud de un metro en cada sitio de muestreo, y las profundidades de los residuos en cada perfil.

Una vez excavados los sitios, **N C S** se procedió a limpiar cada espacio para evitar contaminación por el metal de la máquina, esta labor se hizo con una cucharilla de plástico y con otra cucharilla del mismo material se tomó la muestra. El estrato inferior (suelo) se excavo con pico y pala, dada la dureza del material.

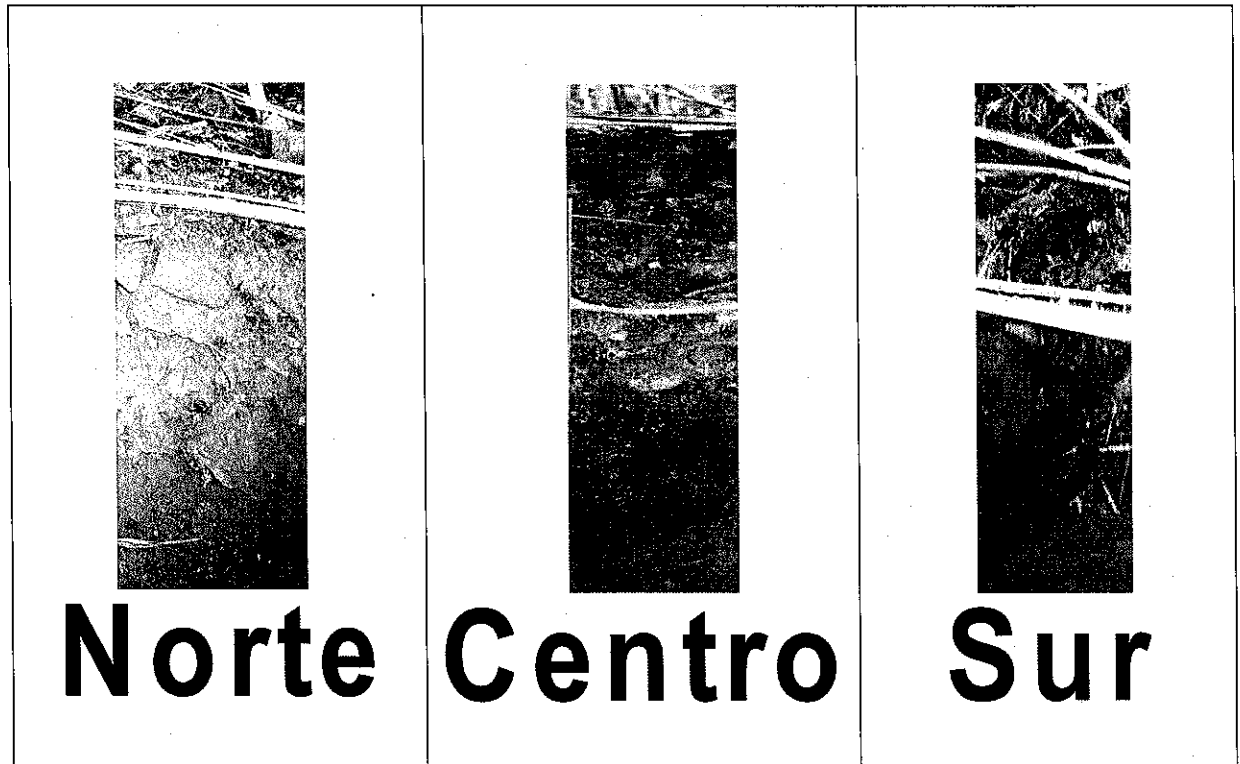


Fig. 7.2 Excavaciones en los sitios de muestreo

Para evitar que los instrumentos metálicos usados en la última perforación contaminaran las muestras, se realizó una segunda limpieza del fondo y las paredes con una cucharilla de plástico, removiendo 3 cm en todas direcciones. A partir de la roca madre y hacia arriba, se tomaron con otra cuchara de plástico a las cuatro muestras del estrato una cada 5 cm.

## **7.5 Preparación y preservación de las muestras.**

### **7.5.1. Para las muestras de residuos y suelo**

En bolsas de plástico negras con capacidad de un kilo previamente rotuladas; se depositaron 200 gr. de muestras de material, se colocaron las bolsas cerradas en una hielera, se trasladaron a un refrigerador a 4°C al día siguiente se transportaron en una hielera al laboratorio del Centro de Investigación y

Asistencia Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) en la ciudad de Guadalajara, Jalisco para la realización de los análisis correspondientes.

#### 7.5.2. Para las muestras de agua

Se colocaron en frascos previamente etiquetados para transportar el agua. Los frascos se enjuagaron con agua del sitio y después fueron llenos con el agua obtenida del pozo a muestrear, una vez obtenida la muestra se cerraron los frascos y se colocaron en hieleras para su transporte hasta el refrigerador a 4°C para conservación de la muestra y al día siguiente fueron entregados al laboratorio del CIATEJ, para su análisis.

#### 7.5.3. Para las muestras de los residuos portadores potenciales de cadmio.

1. Pilas de uso doméstico, se realizó una recolección domiciliar de pilas usadas en juguetes, baterías o linternas, radios y radiograbadoras, así como otros artículos.
2. Baterías para autos y motocicletas, se consiguieron en talleres dedicados al mantenimiento de estas partes automotrices.
3. Bolsas de polietileno negro, bolsas usadas en su mayoría para disponer de basura, se adquirieron en tiendas especializadas en la venta de este tipo de materiales.
4. Bolsas de polietileno de varios colores, bolsas usadas como empaque a discreción. Las bolsas se expenden en diversos colores, por lo que se adquirió un kilogramo de la mezcla de todos los colores existentes en almacén.
5. Bolsas de polietileno transparente, son utilizadas como empaques de comestibles en misceláneas y tiendas de abarrotes, al menudeo. Se adquirieron en bodegas de expedición de este tipo de productos.
6. Hule para suelas de Zapatos y huaraches, este material se adquirió en peleterías que son almacenes de materias primas para la elaboración industrial de calzado y huaraches.
7. Unicel, fue recabado en un almacén donde guardaban restos de este tipo de material, que había sido usado como panel de construcción.
8. P.V.C. se recolectaron pedacería de tuberías de cañerías en edificios en construcción.
9. Plástico de alta densidad. Este se adquirió en tiendas donde se venden plásticos de todo tipo.

Cada material en cantidad de un kilogramo, se llevaron al laboratorio y una vez ahí fueron incinerados en una mufa (Horno), en los laboratorios de CIATEJ para posteriormente realizar los análisis de las cenizas, con el método de espectrofotometría de plasma, como lo dice 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.

## 7.6 Determinación de cadmio en las muestras de residuos y suelo.

En el laboratorio se determinó el cadmio por el método de espectrofotometría de absorción atómica, que es el asignado por la Norma Oficial Mexicana – 053 – ECOL – 1993.

## 7.7 Detección de la amenaza.

La amenaza esta definida como la fuente de peligro asociada a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos a la salud humana, sus bienes o el medio ambiente. (Curiel B. 1997)

La fuente de peligro es la presencia de Cadmio en el suelo, por lo que se consideran los límites indicados por la CEE en 1986 cuyos valores se presentan en la tabla 7.2.

**Tabla 7.2 Valores permitidos por la Comunidad Económica Europea para concentraciones de metales pesados en suelos y lodos.**

Límites para metales pesados por la Comunidad Económica Europea			
Elemento	A*	B**	C***
Cd	1 a 3	20 a 40	12
Pb	50 a 300	750 a 1200	15

**Fuente: Directiva 86/278/CEE**

\*A.- Valores límite de concentración de metales pesados en los suelos (mg/Kg).

\*\*B.- Valores límite de concentración de metales pesados en lodos destinados a la agricultura (mg/Kg).

\*\*\*C Valores límites para las cantidades anuales de metales pesados que se podrán introducir en las tierras cultivadas.

El departamento de salud y de los servicios humanos de la De la Vega (1985), ha determinado que el Cadmio y sus compuestos pueden ser agentes cancerígenos. Así también asegura que el cadmio no es un nutriente y es tóxico para todas las formas de vida.

El nivel promedio de cadmio en suelos originados de rocas volcánicas es de 0.3 mg/g (Koljoen, 1992 y Domy C. 1986), se menciona que la disponibilidad del Cd aumenta a un pH bajo y que una concentración de apenas 0.1mg/l de Cadmio. (Scheffer 1989).

Se ha experimentado con una solución de Cadmio en concentración de 0.1 mg/l y se comprobando que tiene efectos tóxicos sobre las plantas (Domy C. 1986).

En Investigaciones realizadas en suelos de tipo vertisol se encontró una media de 0.27 ppm, respecto a la localización de la mayor concentración de cadmio se encuentra en la superficie dentro de los primeros cinco centímetros. (Stevenson 1982)

Los límites permisibles de cadmio en el suelo dictados por la CEE (1986) son de 1 a 3 mg/kg de suelo, por lo que se tomará el límite menor como el indicador de amenaza.

La EPA Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norte América, señala varios índices para la clasificación del riesgo como el OSHA, con base en éste se establece niveles de preocupación (Level of Concern) (LOC) por sus siglas en ingles, definiéndose como la mínima concentración de una sustancia peligrosa. Al no existir medida precisa de estos niveles se usan los criterios siguientes. (OPS 1999)

Amenaza alta.- es el nivel máximo de concentración bajo el cual la mayoría de los individuos pueden exponerse por una hora, experimentando solo molestias o percibir olores peculiares.

Amenaza media.- es el nivel máximo de concentración bajo la cual la mayoría de los individuos pueden estar expuestos por una hora sin experimentar o desarrollar efectos serios o irreversibles en la salud o algunos síntomas que pudieran disminuir la capacidad de un individuo de tomar acciones de protección.

Amenaza baja.- es el nivel máximo de concentración en el cual casi todos los individuos pueden ser expuestos por tiempo mayor a una hora sin experimentar o desarrollar efectos dañinos a las salud de por vida.

Los criterios para determinar la amenaza por Cadmio es mediante los valores establecidos por la CEE categorizando tres valores siguiendo la lógica del razonamiento para el valor permitido 1 mg/kg de suelo, determina una amenaza media, un valor mayor a 1 mg/Kg, determina una amenaza alta y un valor menor a 1mg/kg determina una amenaza baja, tabla 7.2

**Cuadro 7.2 Determinación de la amenaza por cadmio**

Amenaza alta (Aa)	Amenaza media (Am)	Amenaza baja (Ab)
> 1.0	1.0	< 1.0

## 7.8 Análisis de la vulnerabilidad del suelo

Para determinar la vulnerabilidad del suelo se tomaron los criterios que establece (Curiel B. A. 1997), para la litosfera; el sustrato, la profundidad del suelo,

Contenidos de limos y arcillas, topografía accidentada, bajo contenido de materia orgánica, agregando el pH, por poseer la capacidad de amortiguar en el suelo algunas reacciones de absorción. (ATDSR 1999)

Se harán las comparaciones con las referencias bibliográficas y se analizarán para aplicar el nivel de vulnerabilidad del suelo del tiradero municipal abandonado.

La profundidad es un parámetro de suma importancia para conocer la vulnerabilidad, ya que de la profundidad del suelo depende la distancia de recorrido del contaminante desde la superficie hasta la roca madre o el subsuelo. Para este indicador, la referencia de comparación fue la profundidad del suelo encontrada fuera del tiradero.

**Cuadro 7.3 Vulnerabilidad por profundidad**

Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja
< 200 cm	200 cm	> 200 cm

Las arcillas como parte importante de los componentes sólidos inorgánicos y orgánicos del suelo poseen cargas electrostáticas en sus superficies, (Fassbender, 1987), por lo que a mayor cantidad de arcillas, el suelo tendrá mayor capacidad de amortiguamiento del contaminante. El criterio se tomó a partir del contenido de arcillas de un suelo típico Vertisol pélico.

**Cuadro 7.4 Vulnerabilidad por contenido de arcillas**

Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja
< 20%	20%	> 20%

La materia orgánica contiene propiedades amortiguadoras muy importantes (Curiel B. 1997), por lo que con base en valores conocidos se realizó el cuadro 7.5 para comparar los resultados obtenidos en el laboratorio a cerca de este parámetro.

**Cuadro 7.5 Vulnerabilidad por contenido de materia orgánica**

Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja
> 2%	2%	< 2%

El Cadmio se absorbe a pH bajos (Etchevers 1992), por lo que se elaboró el cuadro 7.6, para referencia de comparación de los resultados obtenidos directamente del suelo.

**Cuadro 7.6 Vulnerabilidad por nivel de pH**

Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja
< 6	6- 7	> 7

### 7.8.1 Corroboración de la vulnerabilidad del suelo

Mediante un recorrido por los alrededores del tiradero municipal, se localizaron cuatro pozos superficiales, menores de 30 m de profundidad que son explotados para regadío de hortalizas y bebedero para ganado vacuno. De los que se tomaron muestras de agua, para posteriormente ser analizadas, respecto a metales pesados.

En sitios aledaños al tiradero se encontró, en la parte plana, que existen varios campos que se utilizan para siembra de hortalizas y cada uno de ellos tiene un pozo en explotación para obtención de agua, haciendo un total de tres, en la parte alta del tiradero, la escuela PREJOSVI (Preparatoria José Sánchez Villaseñor), tiene también una perforación para uso exclusivo del plantel.

Después de localizar las perforaciones, se consulto a los propietarios a fin de solicitar autorización para tomar las muestras. Una vez obtenidas las muestras se analizaron respecto a cadmio.

Los análisis fueron realizados en el CIATEJ bajo los lineamientos de la NOM – 117 – SSA1 1994 que refiere a bienes y servicios, métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Fierro, Zinc y Mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrofotometría de absorción atómica. (NOM-117-SSA1-1994).

### 7.9 Determinación y análisis de riesgo

De cada uno de los parámetros indicativos de la vulnerabilidad del suelo, serán analizados y medidos por lo que se obtendrán resultados de laboratorio y de campo, comparables con los criterios establecidos y con base en los resultados de los análisis y la revisión de las características del suelo se determinará el riesgo de contaminación por cadmio en el tiradero de “La Calzonuda”

Para manejar de una forma práctica los resultados se elaboró el cuadro 7.7, que permitirá comparar los valores obtenidos con los establecidos como criterios:

**Cuadro 7.7 Determinación del riesgo**

<b>Amenaza</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>RIESGO</b>
Alta	Alta	Alto
Alta	Media	Alto
Alta	Baja	Medio
Media	Alta	Alto
Media	Media	Medio
Media	Baja	Medio
Baja	Alta	Medio
Baja	Media	Medio
Baja	Baja	Baja

El análisis de riesgo se realizara mediante la comparación de los valores obtenidos con los indicadores de la bibliografía consultada, dependiendo de los valores será el sitio de la tabla que se colocará obteniendo el nivel de riesgo, alto, bajo o medio.

Para el análisis de la determinación de los niveles de Cadmio de cada uno de los materiales portadores de cadmio se realizo el siguiente análisis.

**Tabla 7.3 Materiales encontrados en el tiradero con aporte potencial de Cadmio al suelo, material analizado, contenido de cadmio**

Material encontrado en el tiradero	Material Analizado	Concentración de Cadmio ppm
Residuos peligrosos	Pilas de uso domestico	52.60
	Acumuladores de auto y motocicleta	1.90
Plásticos	Bolsas de polietileno negro	< 0.50
	Bolsas de polietileno varios colores	< 0.50
	Bolsas de polietileno Transparentes	< 0.50
	Bolsas de plástico de alta densidad	< 0.50
Polivinilos	PVC	< 0.50
	Unicel	< 0.50
	Hule para suelas	< 0.50



## 8. RESULTADOS

### 8.1 Selección del sitio.

Los resultados de las encuestas señalan que el tiradero de la calzonuda fue el primero en decretarse como tiradero municipal oficialmente en el municipio de Sahuayo, Michoacán. Se hicieron referencia a diversos sitios utilizados como tiraderos por el solo hecho de encontrarse fuera de la mancha urbana. Entre otros el rastro (sitio contiguo al rastro municipal), el crucero (tierras de cultivo ubicadas en las cercanías del crucero Guadalajara – La Barca - Sahuayo), el de la tuna (ubicado en la comunidad del mismo nombre) que solo fue utilizado un año. Sin embargo del tiradero municipal “la calzonuda” fueron coincidentes las opiniones respecto a la declaración del sitio designado para tal uso, por lo que optamos por estudiar el tiradero “La Calzonuda” por ser el de mayor antigüedad y constancia en su uso como sitio de depósito final de la basura municipal.

Antes de existir el tiradero de “La Calzonuda”, cualquier sitio despoblado servía para depositar la basura entre otros, los pozos de donde se obtenía el barro para la elaboración de ladrillos y baldosas, muchos de estos actualmente están dentro de la mancha urbana.

Otros sitios de disposición final de los desechos eran las tierras de cultivo, los desechos eran netamente orgánicos y servían como abono, sin embargo cuando el uso del plástico se hizo común, los agricultores contrataban peones para retirar los desechos que no se degradaban, esto ocasionaba gastos y se optó por renunciar a este tipo de abonos, además de los olores generados por la descomposición de los residuos orgánicos, dado que los usuarios de la tierra realizan sus alimentos en el sitio de su trabajo “no se soportaba el olor” y esa fue otra de las razones por las que ya no se permitió la depositación los desechos en las tierras de cultivo.

#### 8.1.1 El tiradero municipal

El tipo de material que existió en el sitio era de origen volcánico, formando un banco; que fue aprovechado para obtención de material de construcción de vías de comunicación, el banco se explotó quedando un hueco en el sitio, que posteriormente fue utilizado como tiradero.

Actualmente la depositación de los desechos municipales se realiza en “La rayita” predio ubicado en el límite oriente del municipio de Sahuayo y límite de Venustiano Carranza.

## 8.2 Ubicación del área de estudio

El recorrido por los límites del tiradero nos permitió establecer el perímetro y las dimensiones de cada una de las aristas del predio en que se encuentra el tiradero. La medición del perímetro del sitio nos permitió tener una idea de la forma del predio. Fig. 8.1.

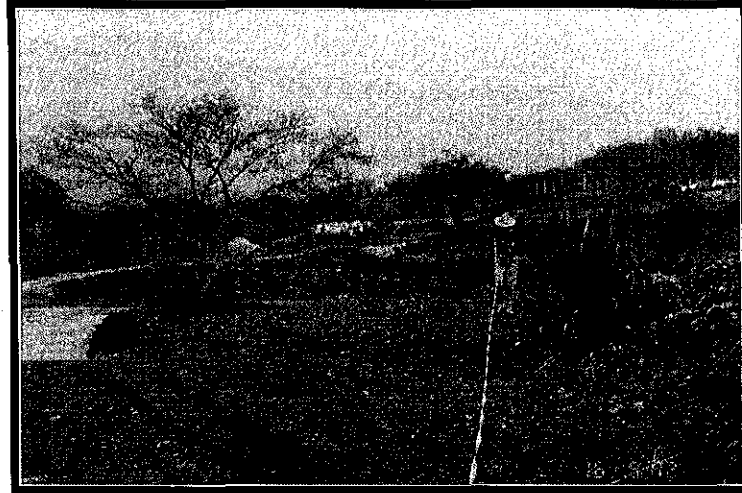


Fig. 8.1 Determinación del perímetro del tiradero

Una vez en el sitio se procedió a la medición perimetral se realizó un plano que permitió elaborar el siguiente esquema. (Figura 8.2).

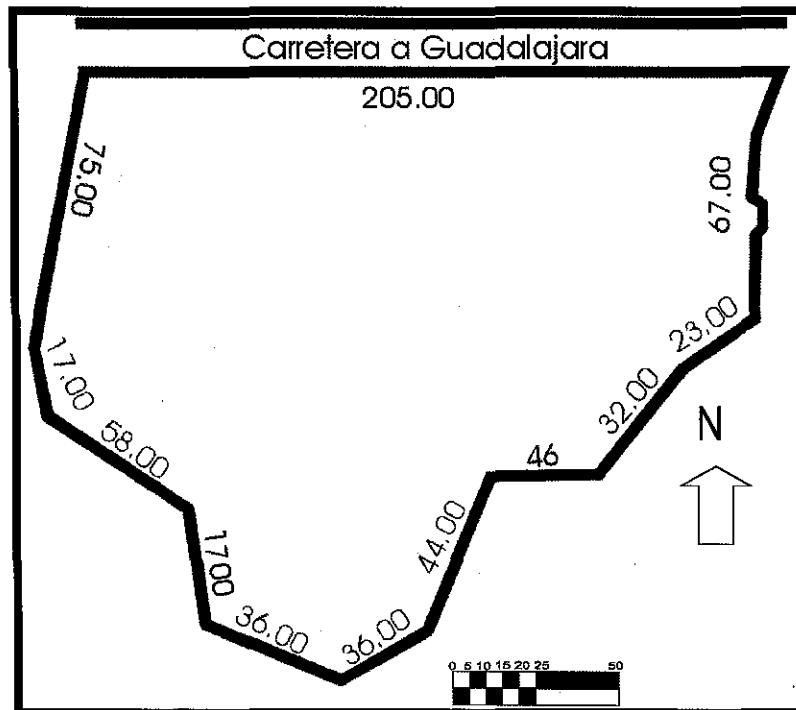


Fig. 8.2 Croquis del terreno del tiradero

### 8.3. Recolección de datos.

La recolección de datos comenzó desde la confirmación de la antigüedad del sitio como tiradero municipal. Las vistas al tiradero permitieron que al seguir aplicando la metodología se obtuvieran los siguientes puntos.

#### 8.3.1 Caracterización de los residuos sólidos del tiradero

##### 8.3.1.1 Metales.

Los metales están representados por trastos (utensilios de cocina), alambres provenientes de muebles, vehículos, etc. Distribuidos en un 90 % de la superficie total del tiradero, dominando los trastos usados en la elaboración de alimentos procedentes de cualquier sitio cocinas, loncherías, etc. y los alambres de resortes de muebles, colchones, amortiguadores rotos y diversos subproductos cuya naturaleza es metálica. (Fig. 8.3)

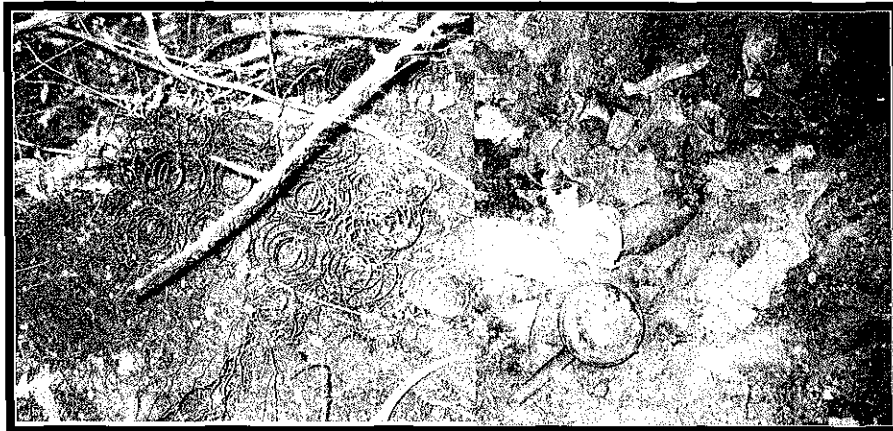


Fig. 8.3 Metales presentes en el tiradero abandonado.

##### 8.3.1.2. Vidrios

Los vidrios oscuros son residuos de envases de medicamentos, envases de bebidas en diferentes presentaciones, claros, oscuros, pequeños, grandes y muy grandes, así también los envases de salsas picantes, y dulces, con formas alargadas de boca angosta, envases de refrescos, ámbar, verdes claros y oscuros; envases de jugos y alimentos infantiles, purés para preparación de sopas, frascos de envases consomés, altos, oscuros de boca ancha. (Fig. 8.4)



Fig. 8.4 Vidrios, transparente y oscuro

#### 8.3.1.3. Plásticos

Los plásticos encontrados son en su mayoría, envases de detergentes de marcas diversas, así como sin marca, también encontramos este material en diferentes calidades como son de alta y baja densidad y gran diversidad de colores. Distribuidos de manera dispersa pero continua en 100 % del terreno, en grados de deterioro diferentes, algunos íntegros, otros sin marca (comercial) con ligeras marcas de deterioro, en el 50% de los plásticos en franco deterioro. (Fig. 8.5)



Fig. 8.5 Plásticos

#### 8.3.1.4. Desechos tóxicos

Las pilas, los acumuladores y restos metálicos de latas de pinturas automotivas, que contienen pintura, son fuentes de materiales tóxicos en los tiraderos a cielo abierto, la distribución es dispersa, en proporción de un 25 % del terreno del tiradero . (Fig. 8.6)



Fig. 8.6 Pila de uso domésticos

#### 8.3.1.5. Flejes

Este material esta formado por la combinación de plásticos y metales suaves, esta propiedad afirma su utilidad como herramienta de aseguramiento de empaque de mercancías de distribución. Este material se encuentra distribuido en un 50 % del terreno sin ninguna marca de deterioro, únicamente se observa dobleces o torceduras que lo hacen inutilizable. (Fig. 8.7)



Fig. 8.7 Fleje

#### 8.3.1.6. Cuero

Uno de los materiales de mayor ingreso en el tiradero son los recortes de cuero, vaqueta, utilizado para la fabricación de calzado, una de las industrias de mayor proliferación municipal, se encuentra distribuido en un 60% del terreno. Son restos de cuero utilizados en las plantillas de los zapatos o huaraches, así como

en las cubiertas de estos artículos, prácticamente inservible como materia prima. (Fig. 8.8).

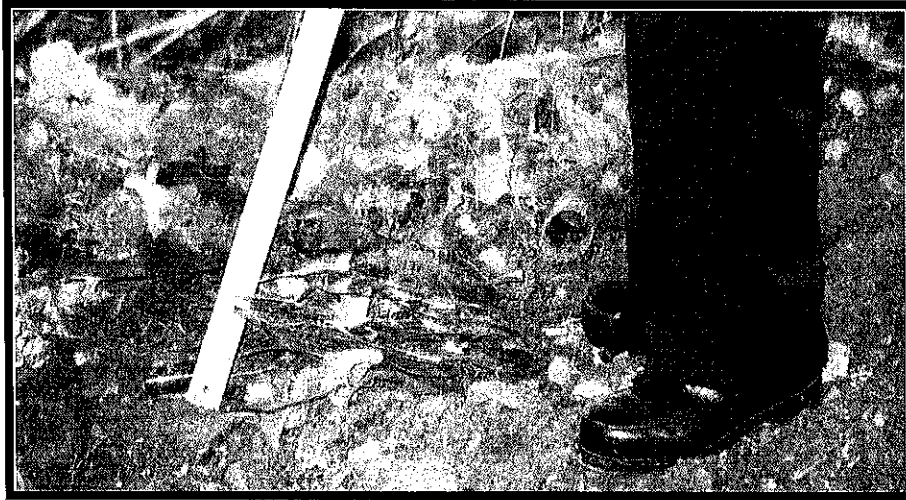


Fig. 8.8 Cuero utilizado para fabricación de Calzado.

#### **8. 4. Toma de muestras de residuos y suelo.**

Encontrando en la excavación Norte (N) solo 10 cm de residuos, lo que hizo imposible la toma de muestra, debido a que los residuos permanecen íntegros. En el perfil Centro (C); encontramos profundidad de 80 cm de residuos y 20 cm de suelo; de los residuos se tomaron dos muestras una de la superficie y otra de la interfase entre los residuos y el suelo. En el sitio (S) se encontraron solamente 20 cm de residuos tomando dos muestras de residuos una de la superficie y otra del fondo.

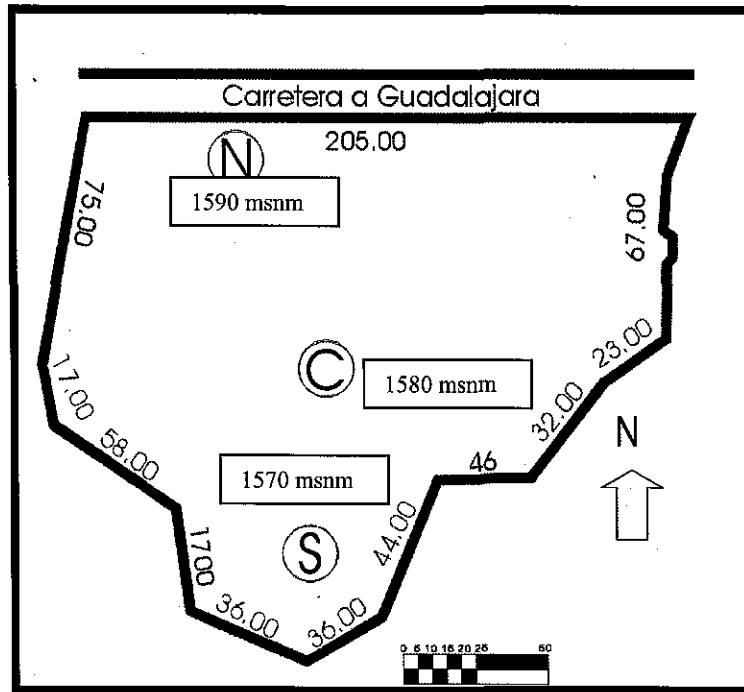


Fig. 8.9 Ubicación de los sitios de muestreo de residuos y suelo.

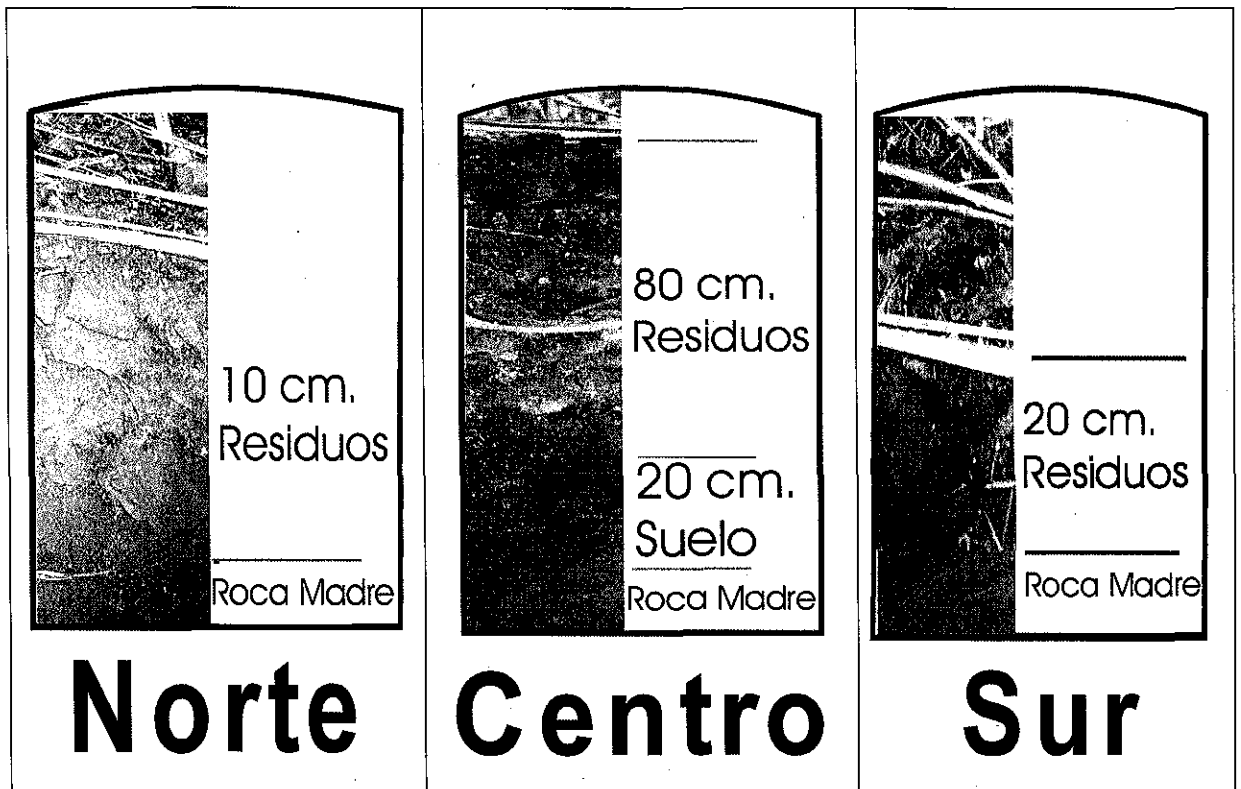


Fig. 8.10 Perfiles de los sitios de muestreo.

### 8.5 Preparación y preservación de las muestras.

La completa preparación y conservación de las muestras a analizar, es una práctica importante ya que la estabilidad completa de las muestras de suelo y residuos pueden ser preservadas mediante la preparación indicada por la NOM -ECOL - 053- 1993 para cada tipo de muestra y análisis. Con apego a las indicaciones de dicha norma se prepararon y preservaron las muestras

### 8.6 Determinación de cadmio en las muestras de residuos y suelo

La presencia de cadmio se determinó en residuos y suelo, según lo indica la norma NOM-053-ECOL-1993 los resultados de los análisis se muestran a continuación. Se analizaron las muestras de residuos para cadmio (Tabla. 8.1).

**Tabla. 8.1. Resultados de los Análisis de Residuos en el Tiradero Municipal Abandonado en Sahuayo, Michoacán**

Muestra	Cadmio ppm
Superficie (sur)	9.82
Fondo (sur)	2.75
Superficie (centro)	1.36
Fondo (centro)	<0.50

Las cuatro muestras de suelo fueron analizadas para Cadmio; resultando datos que van de mayor a menor respecto a la distancia entre la roca madre y la interfase entre residuos y suelo. (tabla 8.2)

**Tabla. 8.2. Resultados de los Análisis de Suelo del Tiradero Municipal Abandonado en Sahuayo, Michoacán.**

Muestra	Cadmio ppm
0 (0 cm)	0.653
1 (5 cm)	0.572
2 (10 cm)	2.22
3 (15cm)	1.41

### 8.7 Detección de la amenaza por cadmio.

La formula de riesgo es **Riesgo = Amenaza X Vulnerabilidad**

En este estudio el Riesgo es la presencia de cadmio en concentraciones mayores a 1.0 ppm.

El hecho de encontrar cadmio presente en los materiales (suelo, residuos) evidencía una amenaza.



Vulnerabilidad del suelo. Las características del suelo que permitan que el cadmio este disponible y sea expuesto como elemento, permiten encontrar el grado de vulnerabilidad del suelo.

La caracterización de los residuos, reporta la existencia de pilas, baterías y otros artículos plásticos que se consideran aportadores de cadmio al tiradero, por lo que se realizaron análisis a diferentes materiales obtenidos en los domicilios (Pilas usadas), de talleres de reparación de motores y de reconstrucción de baterías (baterías de moto y automóvil), los plásticos (bolsas) y el plástico de alta densidad se adquirieron en tiendas especializadas, el hule se consiguió en una fabrica de huaraches, el PVC y el unicele en construcciones desmanteladas y restos de conexiones hidráulicas. ( tabla 8.3).

**Tabla. 8.3. Determinación de Cadmio en Fuentes Potenciales**

Material	Contenido de cadmio ppm
Pilas de uso domestico	52.60
Baterías (carro /moto)	1.90
Bolsas de polietileno negro	<0.50
Bolsas de polietileno de varios colores	<0.50
Bolsas de polietileno transparentes	<0.50
Hule para suelas	<0.50
Unicele	<0.50
PVC	<0.50
Plástico de alta densidad	<0.50

Los resultados de los análisis realizados a los residuos y al suelo, reportan concentraciones que sobrepasan el nivel permitido por la Comunidad Económica Europea, lo que hace al suelo del tiradero altamente vulnerable al cadmio presente en los residuos. (Tablas 8.1 y 8.2)

### **8.8 Análisis de la vulnerabilidad del suelo.**

La vulnerabilidad del tiradero se encuentra en la susceptibilidad intrínseca a sufrir un daño o perdida.

Los parámetros indicativos de vulnerabilidad en el suelo del tiradero abandonado, son la profundidad del suelo, el contenido de arcilla, contenido de materia orgánica, el terreno accidentado, aplicando los criterios enunciados por Curiel B. A. (1997), se considero incluir el pH como parámetro por su importancia en el funcionamiento de la química del suelo. (tabla 8.4)

**Tabla. 8.4 Parámetros de vulnerabilidad del suelo, límites permisibles**

Parámetro de vulnerabilidad	Límite permisible	Tiradero	Fuera del tiradero
Profundidad del suelo	200 mc	20 cm	200 cm
Textura del suelo		Franco arcillosa	Franco arcillosa
Contenido de arcilla	> 20 %	30.3 %	30 %
Materia orgánica	2 %	12.87 %	No detectable
PH	> 7	8.42	7.5

### 8.8.1 Profundidad del suelo

La profundidad del suelo señalado por (Ortiz y Gutiérrez, 1995) es de 200 cm. como la profundidad en que se puede encontrar actividad biológica.

La profundidad del suelo del tiradero resulta ser de 20 cm en su mayor espesor, las otras excavaciones realizadas aportan datos de menor profundidad, diez, cinco y cero cm. lo que hace altamente vulnerable al suelo. Tabla 8.5

#### 8.8.1.1 Profundidad del suelo del tiradero

En la figura 8.11 se muestra la profundidad, la interfase (residuos - suelo), el suelo y la línea indicativa de la roca madre.



Fig. 8.11 Profundidad en el suelo del tiradero municipal.

#### 8.8.1.2 Profundidad del suelo fuera del tiradero.

La profundidad puede verse en perspectiva en la figura 6.6, donde la franja clara conforma el suelo aledaño al tiradero tiene la profundidad de 200 cm.



Fig. 8.12. Profundidad del suelo fuera del tiradero.

#### 8.8.2 Textura del suelo.

Ortiz y Ortiz 1980, dicen de la textura hace referencia a la relación de limo y arcilla en el suelo, esta característica afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas que dividen a los suelos en suelos de textura fina y gruesa.

##### 8.8.2.1 Textura dentro y fuera del tiradero.

La textura del suelo como lo indica (Fassbender y Bornemisa 1987), la composición química de las arcillas, poseen la propiedad de retención de cationes por las cargas de estos minerales. El tipo de suelo permite inferir una vulnerabilidad baja.

#### 8.8.3 Contenido de arcillas

Las arcillas son elementos del suelo que por sus cargas eléctricas, se convierten en el amortiguador de la amenaza por cadmio más importante, los indicadores de la vulnerabilidad, (Stevenson 1982) establece que a valores de 12 % de arcilla la vulnerabilidad del suelo es alta, sin embargo la cantidad de arcillas presentes es mayor, disminuyendo de manera importante la vulnerabilidad del suelo. Tabla 8.5

##### 8.8.3.1 Contenido de arcillas dentro y fuera del tiradero

El contenido de arcillas en el tiradero es de 30.3 % y fuera del mismo es de 30.0 % que es un valor superior al 12% indicado por (Stevenson 1982) para que permita una baja vulnerabilidad respecto a esta característica del suelo.

#### 8.8.4 Materia orgánica

Como uno de los componentes sólidos del suelo se constituye por material biológico, el humus es la parte más estable de la materia orgánica del suelo, esta se obtiene cuando la mayor parte de la materia orgánica vegetal o animal se ha descompuesto y se han añadido al suelo (Fassbender y Bornemiza 1987).

##### 8.8.4.1 La materia orgánica en el suelo dentro y fuera del tiradero

La materia orgánica está presente de manera importante, ya que el valor mínimo en un suelo fértil es de 2 %, y estando en proporción de 12.3% el contenido de materia orgánica en el tiradero, este parámetro se convierte en un amortiguador de la amenaza, bajando la vulnerabilidad del suelo. (Tabla 8.5), lo que no ocurre en el suelo fuera del tiradero por carecer de materia orgánica.

#### 8.8.5 pH

Los rangos de pH dependen de los agentes neutralizadores definidos (Etchevers 1992) establece que estos neutralizadores establecen la capacidad tampón del suelo que permite el proceso de acidificación sin un aparente cambio de valor de pH del mismo.

##### 8.8.5.1 pH dentro y fuera del tiradero

El pH es uno de los parámetros decisivos para la contaminación del suelo por cadmio. La capacidad tampón que proporciona este rango de pH 8.42, permite observar que el suelo presenta esta capacidad de amortiguamiento en grado importante lo que disminuye la vulnerabilidad.

##### 8.8.5.2 Corroboración de la vulnerabilidad del suelo.

El terreno del tiradero se encuentra a una altitud en su parte alta de 1590 y en la parte baja de 1570 msnm. Existen terrenos a 1540 msnm que se ocupan en siembra de hortalizas. A manera de corroborar la vulnerabilidad del suelo se realizaron análisis de agua de los pozos explotados en el área en derredor del tiradero. Tres en la parte baja (Pozo 1), (Pozo 2), (Pozo 3) y uno en la parte alta (Pozo 4) a 1620 msnm. Tabla 8.5

**Tabla 8.5. Análisis de las muestras de agua de pozos ubicados en la comunidad de La Puntita y PREJOSVI, municipio de Sahuayo, Mich.**

Muestra	Cadmio
Pozo 1 establo	< 0,005
Pozo 2 Maldonado	< 0,005
Pozo 3 Sr. Munguía	< 0,005
Pozo 4 PREJOSVI	< 0,005

Los resultados de los análisis de las muestras de agua evidencian que no contienen concentraciones de cadmio perceptibles a mayor grado del enunciado.

### 8.9 Determinación y Análisis de riesgo

Los parámetros medidos al suelo son indicativos del riesgo que establecen las concentraciones de cadmio, tanto en los desechos como en el suelo. La tabla 8.6 indica los niveles de amenaza y el grado de riesgo que alcanza el suelo del tiradero con los resultados de las pruebas.

- La concentración de cadmio hace evidente una amenaza alta, el suelo es altamente vulnerable por lo que el riesgo es alto.
- Respecto a la profundidad del suelo, la vulnerabilidad es alta, ya que solo se encuentran 20 cm de profundidad.
- El pH, es el indicativo es vulnerabilidad baja
- La presencia de 12.87 % de materia orgánica, indica que la vulnerabilidad para este parámetro es baja.
- El contenido de arcillas baja de manera importante la vulnerabilidad del suelo.

**Tabla 8.6 Parámetros determinantes de vulnerabilidad del suelo**

Parámetros	Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja	Resultados
Concentración de Cadmio	> 1.0 ppm	1.0 ppm	< 1.0 ppm	< 0.50 – 9.82 ppm
Profundidad del suelo	< 200 cm	200 cm	> 200 cm	20 cm
PH	< 6	6-7	> 7	8.42
Materia orgánica	> 2 %	2 %	< 2 %	12.87 %
Contenido de arcillas	< 20 %	20 %	> 20 %	30.3 %

Los parámetros tomados en cuenta para la vulnerabilidad

Los sitios de muestreo se ubicaron como se ilustra en la Fig. 8.9 en donde la figura en negro delimita el ejido “La Calzonuda” los círculos señalan la ubicación de los sitios de toma de muestras de suelo (rojo) fuera del tiradero y el azul la zona de pozos. La figura amarilla indica la ubicación del tiradero.

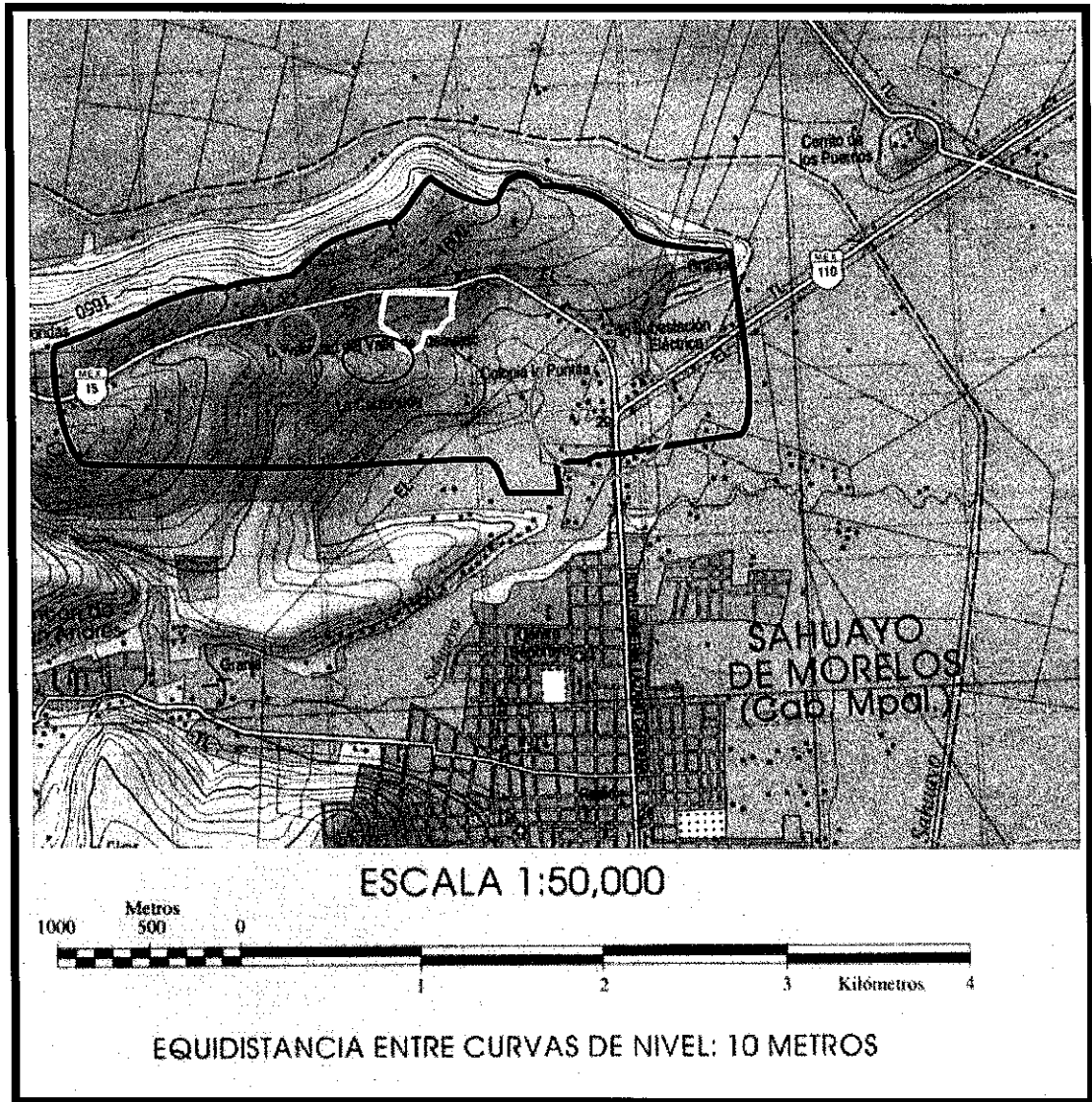


Fig. 8.13 Ubicación del tiradero, toma de muestra de suelo fuera y dentro del tiradero y área de pozos.

## 9. DISCUSIÓN.

El desconocimiento de las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos sólidos, ha tenido consecuencias graves de contaminación ambiental, como la pérdida de la productividad del suelo, contaminación del agua subterránea y superficial. Los humos son esparcidos por el aire siendo el conducto de diversos factores de contaminación como son los compuestos volátiles, por lo que el ambiente se ve afectado en los recursos naturales, aire, agua y suelo; y debido a la relación que el ser humano tiene con estos recursos, una de las consecuencias es que los humanos nos vemos inmersos en una gama de sustancias tóxicas con consecuencias inmediatas a la salud.

De manera tradicional el depositar la basura en sitios a cielo abierto, evidencian la carencia de planeación, esta actividad se ha convertido en costumbre, representando un problema ambiental cada sitio designado para este fin. Estos sitios también evidencian un desarrollo malentendido pues la diversidad de productos que llegan al los tiraderos son producto de una cultura consumista y con carencia de valores éticos, morales y sociales.

En nuestro país se carece de políticas claras para el manejo de los residuos sólidos municipales, lo que conlleva a no tener políticas de prevención, reutilización de los sitios y de restauración. Además de no existir un manejo y disposición de los residuos peligrosos generados en los domicilios del municipio, así como en los establecimientos de reparación de acumuladores y baterías de automóviles.

Las pilas son el mayor portador de cadmio siendo un subproducto observado en un 10 % de la superficie del tiradero, distribuido de una manera homogénea, se encontraron pilas de diferentes tamaños, grandes cilíndricas, medianas cuadradas, pequeñas cilíndricas, de diferentes colores rojas amarillas y negras.

Los acumuladores de motocicleta y carro, son portadores de cadmio al suelo del tiradero, se encuentran dispersos en el área del tiradero en un 1%, enteros, algunos chamuscados y otros parcialmente quemados, de colores blancos y negros.

El fleje utilizado en empaques de productos se encuentra distribuido abundantemente en un 50 % del tiradero, es un material usado como asegurador de empaques de grandes volúmenes de mercancías que llegan y que se exportan del municipio. Se encuentra distribuido en todo el espacio superficial del sitio. Se encontraron de diversos colores y grosores.

El cuero es un producto abundantemente distribuido en un 60 % del tiradero como restos de cuero (Vaqueta) que es una de la materias primas de mayor uso en las industrias del municipio. Este material puede ser portador de cromo y otros elementos usados durante el proceso de curtido y preparación para la fabricación de calzado.

El sobrepasar los límites de 1.0 ppm permitidos por la CEE, convierte al cadmio en amenaza para el suelo, las concentraciones reportadas para el suelo y los residuos del tiradero son mayores del límite y por lo tanto conforman una amenaza.

El conocer las características del suelo respecto a, concentración de cadmio, profundidad, contenido de arcillas, porcentaje de materia orgánica, nivel de pH, y compararlos con los límites permitidos, establece el grado de vulnerabilidad del suelo.

El análisis de residuos y suelo del tiradero abandonado, adquiere especial importancia ya que los procesos de contaminación tiene como receptáculo final para el caso de los residuos sólidos al suelo, la depositación de la basura comprende procesos que son determinados por diversos factores biológicos y antrópicos.

El manejo del tiradero se hizo por medio de la quema de la basura, con la finalidad de optimizar el espacio. Este tipo de manejo proporciona como residuos las cenizas, que se convierten en el soporte para los nuevos residuos que serán depositados y quemados formando una capa sobre otra.

En momentos donde los incendios ocurrían estas capas de ceniza fueron removidas, con la finalidad de sofocar las llamas, provocando que las cenizas y los residuos quedaran mezclados.

De inicio el suelo es el soporte de los residuos sólidos en los tiraderos a cielo abierto. En el análisis de laboratorio, los niveles de cadmio alcanzados en el suelo, fueron muy elevados considerando el criterio de la CEE que indica de 1 a 3 ppm, y la concentración en suelos naturales es de 0.3 mg/g (Koljonen 2002). Lo que también indica una concentración mayor a la expresada en el criterio de la CEE.

La evaluación de los niveles de metales pesados es una de las principales acciones que permiten conocer el estado de contaminación de un ecosistema, sus posibles impactos toxicológicos a los organismos e interacciones con otros elementos naturales que limiten los usos del recurso.

La concentración de cadmio en residuos fue más alta en el sitio Sur (S) en la superficie, siendo esta de 9.82 ppm, y de 2.75 ppm en el Fondo. Habiendo una diferencia con las muestras del Centro (C), en la superficie la concentración de cadmio fue de 1.36 ppm y en el fondo fue <0.50. apoyando la aseveración (Koljonen 2002) de que el cadmio se encuentra en la superficie, en los primeros cinco centímetros.



La muestra (C) superficie es rebasada por solo treinta y seis décimos, no obstante esta sobre el valor del límite mínimo permitido, la muestra (C) fondo presenta una concentración menor que el límite mínimo.

Los valores obtenidos para las muestras de suelo, los valores presentan una tendencia a disminuir conforme se alejan del fondo, rebasando los últimos dos valores el límite inferior de los valores aceptados por la CEE.

Las concentraciones de cadmio encontradas en los residuos, son rebasadas de manera importante según el límite mínimo permitido citado por la CEE y (Koljonen 2002) en los niveles de residuos medidos. En cuanto a los límites permisibles se ven rebasados en los dos sitios en todas las muestras.

En el suelo los valores de las concentraciones de cadmio se muestran de diferente manera, partiendo de la parte más cercana a la roca madre, los datos varían de manera significativa, la concentración encontrada de cadmio es de 0.653 ppm, y cinco centímetros mas arriba la concentración de cadmio disminuye a 0.572, y en los siguientes cinco centímetros la concentración es de 2.22 ppm donde la concentración encontrada rebasa las referencias de CEE y (Koljonen 2002), y en la parte cercana a la interface suelo- residuos el resultado es de 1.41 ppm, se puede observar que en todos los niveles en que se tomaron las muestras existen concentraciones de cadmio que rebasan el límite de (Koljonen 2002), para suelos naturales, en México no existe normatividad para las concentraciones de cadmio en el suelo.

Los valores límites aceptados por la CEE de concentración de metales pesados en suelo es de 1 a 3 mg/kg, los resultados del estudio de residuos se ven superados evidentemente hasta por nueve veces en el nivel mínimo y por tres veces en el nivel máximo para la muestra (S) superficie; la muestra del fondo (S) supera el nivel mínimo por casi dos veces.

La evaluación de los materiales portadores potenciales de cadmio al tiradero fueron analizados y los resultados de las pilas de uso domestico reportan concentraciones importantes (52.60 ppm) pues rebasan el límite máximo del valor permitido para el suelo por la CEE, para las baterías de carro y motocicleta se reporta el valor de 1.90 solo rebasan el límite mínimo inferior permitido por la CEE.

Los otros productos presentan concentraciones menores a 0.50 lo que implica que no rebasan el límite mínimo de los límites de referencia. Sin embargo la cantidad de estos plásticos que va a parar al tiradero es muy alta, por lo que no se puede descartar como una amenaza potencial de aporte de cadmio para el suelo.

**Tabla 9.1 Parámetros, nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo**

Parámetros	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Concentración de cadmio	Alta	Alta	Alto
Profundidad del suelo	Alta	Alta	Alto
PH	Baja	Baja	Bajo
Materia orgánica	Baja	Baja	Bajo
Contenido de arcillas	Baja	Baja	Bajo

La concentración presente de cadmio en los residuos y el suelo rebasan los límites establecidos por la CEE 1986, conformando amenaza alta, pues rebasa el límite hasta por ocho veces el valor permitido.

La profundidad del suelo del tiradero, constituye una amenaza alta ya que el valor normal es de 200 cm, el suelo solo llega al 10% de este valor lo que indica un riesgo alto para el suelo.

Dentro de las atenuantes del riesgo y que permiten una menor vulnerabilidad para el suelo es la profundidad, los valores para la profundidad del suelo es de 200 cm, fuera del tiradero, sin embargo en el terreno del tiradero la máxima profundidad es de 20 cm. se hace referencia a la profundidad debido a que la estructura y química del suelo pueden actuar como amortiguadores de los contaminantes.

Profundidad del suelo, dentro del tiradero la máxima profundidad encontrada fue de 20 cm. por lo que respecto a este parámetro la vulnerabilidad es alta.

El contenido de arcillas es de 2%, para que no exista amenaza, el valor encontrado respecto a este parámetro es de 30.3%, lo que también amortigua la amenaza, por lo que esta se ve disminuida de manera importante.

La textura del suelo que para ambos casos es franco arcillosa presenta un 30% de arcillas, es indicativo de suelos altamente permeables, lo que facilitaría la lixiviación de las capas superiores a las inferiores.

El contenido de materia orgánica también es un amortiguador, ya que el porcentaje en que no existe amenaza es de 2%, por lo que al existir 12.87%, la amenaza es mínima.

La materia orgánica en el suelo fuera del tiradero no se detecta, es decir no existe; sin embargo en el suelo del tiradero se reporta 12.87%, la presencia de materia orgánica aumenta la actividad eléctrica y facilita la adsorción de los metales pesados, la textura indica que la arcilla existe en proporción importante estando disponible para la aceptación de los cationes de cadmio presentes en

el medio. La Capacidad de Intercambio Catiónico, se encuentra entre las bajas según los criterios agronómicos (PROY-NOM-021-2000 ) por lo que es posible la menor retención de los cationes.

El nivel de pH encontrado en el suelo, se convierte en amortiguador del riesgo, por lo que la amenaza se ve disminuida.

El pH es el parámetro que se modifica con la existencia de algunas sustancias o características del suelo, siendo importante para la adsorción de elementos en las arcillas y así también afecta la conductividad. Este parámetro se ve modificado por la presencia de materia orgánica así como de otras sustancias químicas que interfieran con el medio y que por la modificación del pH hacia cualquiera de sus rangos (ácido-base) propicien o limiten la adsorción o la lixiviación de sustancias.

En ambas muestras (dentro y fuera del tiradero) la prueba reporta resultados de basicidad o alcalinidad ligera, que permiten que el cadmio se adhiera a las arcillas. Esto aunado a la conductividad eléctrica y a la capacidad de intercambio catiónico que son bajas, implicando que la movilidad del cadmio tiende a ser alta.

Aplicando los resultados de los parámetros a la tabla 9.1 se puede decir que la vulnerabilidad es baja, la amenaza es alta en dos parámetros por lo que se puede considerar un resultado de riesgo BAJO.

La corroboración realizada mediante los análisis de agua de los pozos circundantes al terreno del tiradero, están demostrando el resultado de riesgo bajo.

La topografía accidentada, es una característica geológica del terreno donde se ubica el tiradero, la pendiente permite que la fuerza de gravedad y la velocidad que las corrientes pueden tomar, lleven en ellas solutos acarreados en el agua y llevarlos aguas abajo, de esta manera son llevados a las áreas planas bajas en donde se encuentran tierras de cultivo de hortalizas, establos de ganado vacuno, todos abastecidos por norias, estas están ubicadas a 250 m. aproximadamente del tiradero municipal.

Las características morfológicas del sitio son importantes ya que de manera natural por gravedad es posible el arrastre de los residuos y las cenizas, que llevan consigo los contaminantes. La pendiente observada en el terreno de ubicación del tiradero es muy pronunciada. Fig. 9.1



Fig. 9.1 Estructura del terreno.

Los materiales de reciente depósito incrementan la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, al aumentar las descargas. Los materiales que llegan no son solo residuos municipales, sino lodos de procedencia desconocida, así como materiales diversos, residuos industriales de otros municipios. Por no haber vigilancia para evitar que se depositen mas residuos en el tiradero abandonado.

Las características del terreno permiten que las corrientes de aire y agua dispersen los contaminantes volátiles y solubles, de esta manera el riesgo a la salud humana queda expuesta por contaminantes en el ambiente.

Dentro de los predios ubicados en las partes bajas y planas existen tres pozos que están siendo explotados con la finalidad de regadío de hortalizas y se obtiene el agua para que beban las vacas. La muestra cuatro proviene del pozo ubicado aproximadamente a 200 m. arriba del tiradero. Por lo que se analizaron una muestra de agua para cadmio de cada uno de los cuatro pozos.

Los resultados de los análisis fueron comparados con los límites determinados por la Norma-127-SSA1-1994, que indica los límites permisibles para el cadmio.

La Nom-CCA-031-Ecol-1993, indican los límites para contaminantes en aguas de desecho, comparando los resultados de los análisis realizados a las aguas de los pozos, es notorio que los límites no son alcanzados por los datos aportados por los resultados de las pruebas.

Como sugerencia para respaldar estos datos, se requiere de analizar los siguientes parámetros, cationes intercambiables, como son; calcio, magnesio, sodio y potasio, así como el cálculo de saturación de bases intercambiables.

La búsqueda bibliográfica realizada por Carrizal (1999) menciona que en América Latina existe un gran vacío de información sobre los sitios peligrosos y entre ellos los tiraderos a cielo abierto. Por lo que el presente trabajo cumple

con el aporte de nuevos conocimientos a cerca de los tiraderos abandonados y la necesidad de realizar diagnósticos sobre los contaminantes que en ellos existen y son fuente potencial de enfermedades y cambios en la vegetación amen de los procesos naturales que puedan ser afectados.

Debido a la facilidad con que el cadmio se incorpora al aire por arrastre, al suelo por la capacidad de unirse a las arcillas, y mediante el movimiento de las arcillas llegar a sitio lejanos y a las aguas mediante el contacto con las arcillas o las mismas aguas superficiales que se deslizan sobre los residuos o las cenizas de las quemas, convierten al tiradero en un lugar de riesgo ambiental, por las probabilidades de que este elemento llegue por medio de las corrientes de aire, y por respiración e ingestión llegar a todos los organismos, por las aguas subterráneas a las hortalizas y el ganado, y porque no a las casas habitación mediante el abastecimiento de agua potable, debido a la cercanía del manto freático que se puede inferir se encuentra bastante cerca de la superficie, ya que los pozos solo tienen de 30 a 40 mts. de profundidad.

La ligereza con la que las autoridades municipales hasta el momento ven estos problemas traerá irremediamente problemas de salud a la población, el ambiente ya se encuentra dañado por esta actividad.

La conveniencia de un proceso de remediación es evidente, pues el espacio del tiradero, evitaría que por gravedad los contaminantes se dispersen, por el aire agua y suelo, así también se tendría la seguridad de ofrecer un lugar adecuado y habitable, debido a que el área se esta utilizando como lugar urbanizable, por lo que cada vez la remediación se convierte en una acción prioritaria.

## 10. CONCLUSIONES

1. Estudios como este permiten que el profesionalista en Salud Ambiental integre el conocimiento de varias disciplinas básicas (química, geología, edafología) y especializadas como evaluación y manejo de riesgos, toxicología, sistemas de información geográfica) entre otras y proporcionar así elementos para su atención.
2. Los objetivos del trabajo fueron cumplidos en cuanto se evaluó la amenaza y la vulnerabilidad del suelo y como resultante el riesgo esta controlado. Así también el origen del cadmio en el tiradero proviene de las pilas de uso domestico mas que de las baterías de carros y motos, y de la diversidad de plásticos que fueron analizados.
3. La caracterización de los residuos sólidos presentes en el tiradero ha permitido establecer la diversidad de subproductos y la amenaza que representa para la salud y la vida y el medio ambiente.
4. El cadmio esta presente en los residuos en concentraciones no permitidas por los organismos internacionales, estando presente como amenaza para el suelo del tiradero municipal.
5. Las concentraciones de cadmio encontradas en las muestras de suelo ratifican la presencia de este metal en concentraciones fuera del limite permitido.
6. Los resultados de los análisis de las muestras de materiales posibles portadores de cadmio al suelo permiten establecer que las pilas de uso doméstico y los acumuladores son los portadores principales de este metal al suelo del tiradero.
7. La gestión adecuada de las pilas y los acumuladores los principales portadores de Cadmio al tiradero, reducirá de manera importante la presencia del contaminante en el suelo del tiradero
8. Las mediciones de los parámetros de vulnerabilidad del suelo han permitido establecer que las concentraciones de cadmio conforman una amenaza y que la profundidad del suelo, establece al suelo una alta vulnerabilidad.
9. Los parámetro medidos como el nivel de pH, la presencia de materia orgánica y el contenido de arcilla, permiten establecer que la amenaza puede ser estabilizada o amortiguada por los niveles altos en que se cada uno de ellos se encuentra.

- 10.** Los análisis realizados a las aguas de los pozos que están siendo explotados, permite observar que esta estabilización es eficiente dado que no se encuentran concentraciones de cadmio en el agua.
- 11.** El presente estudio permite concluir de manera general que mientras las condiciones actuales del tiradero se mantengan, la amenaza por cadmio esta controlada. Sin embargo, si estas cambian por el deposito de nuevas descargas de desechos, representan la posibilidad de saturación del suelo y que el contaminante se mueva y llegue a otros sitios incrementando en riesgo.
- 12.** Evaluar la toxicidad por los metales pesados deberá ser la siguiente etapa de investigación, conocer las dinámicas del suelo y de efecto a los organismos, lo que permitirá determinar la magnitud que los procesos contaminantes actuales ejercidos en el ecosistema.
- 13.** La realización de análisis de metales pesados en el tiradero adicionales a las muestras tomadas indican que en los residuos permiten establecer que por lo menos Cd, Cr, Pb, están presentes.
- 14.** Este estudio presenta un aporte metodológico significativo en materia de un área determinante en salud ambiental cuya aplicación se puede trasladar a otras áreas para su desarrollo y análisis comparativo de resultados.
- 15.** Se reconoce la posibilidad de haber desarrollado un análisis mas detallado y con seguimiento histórico lo que se sugiere para estudios posteriores.

## 11. RECOMENDACIONES

1. Inventariar todos los posibles contaminantes del sitio utilizado como tiradero a cielo abierto.
2. Apoyar la reglamentación y vigilancia, mediante monitoreos ambientales en cada sitio designado como tiradero en los últimos 50 años. Así como monitoreos periódicos en el suelo y las aguas subterráneas de las periferia de los tiraderos.
3. Realizar un plan de manejo adecuado de los residuos sólidos municipales que contemple:
  - a) Establecer programas de separación de los desechos domiciliarios en orgánicos e inorgánicos.
  - b) Establecer una sistema mediante una planta de separación y tratamiento de los desechos sólidos, donde se composteen los orgánicos; los inorgánicos sean separados en; peligrosos y no peligrosos.
  - c) Establecer un sitio de confinamiento para los tóxicos y otro para los biológico infecciosos.
  - d) Crear un sistema de manejo, control y disposición de los desechos industriales desde la colecta de modo que no sean un problema social y ambiental.
5. Hacer y poner en práctica programas de gestión de los residuos sólidos municipales en cada uno de sus tipos.
6. Realizar un Programa Integral de Manejo de Residuos Sólidos Municipales y Peligrosos, que incluya recomendaciones a nivel de producción, consumo, eliminación, tratamiento y disposición final
7. Convocar a las autoridades municipales para que conozcan el problema del tiradero y las estrategias posibles de control o remediación de este problema de salud ambiental.
8. Este documento se hará llegar a las autoridades municipales y estatales con ingerencia en la toma de decisiones en el ámbito ecológico y de salud, como es Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) en el Estado de Michoacán, así como de la Secretaria de Desarrollo Social del Estado (SEDESO).



## 12. BIBLIOGRAFÍA

ATSDR (1999), Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica del Cadmio (En Inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicios de Salud Pública.

Ayuntamiento de Sahuayo, (1992), Michoacán, Plan Director de Desarrollo del Centro de Población de Sahuayo de José Ma. Morelos del Estado de Michoacán de Ocampo, México. H.

Badillo L. et. al. (1993) Evaluación y aprovechamiento de los residuos sólidos municipales generados en la ciudad de Sahuayo, Michoacán, Informe técnico. CIIDIR – IPN – MICHOACÁN,

Buenrostro Otoniel (2000), Divulga, dic. (UMSNH) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Buenrostro Otoniel (2000), Gestión de Residuos Sólidos Municipales en México, Ciencia y desarrollo 156:12-21.

Carrizales, et al (1999), Efectos en Salud Asociados con la Exposición a Residuos peligrosos. Scientiae Naturae 2:5 – 28. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Medicina, Laboratorio de Toxicología.

CEE, Directiva del consejo del 12 de junio de 1986 relativa a la protección del medio ambiente y en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura. Diario oficial N° L191 de 15 / 07/ 1986 p. 0023

CEPIS, OMS, OPS. (1999), Metodología de identificación y evaluación de riesgo para la salud en sitios contaminados, Fernando Díaz Barriga, Agencia Alemana de Cooperación Técnica. Lima

CETENAL, (1973). Carta geológica, F-13-D-87. escala 1:25 000, segunda impresión 1979.

CETENAL, (1971). Carta edafológica, F-13-D-87. escala 1:50 000, segunda impresión 1983.

CIIDIR (1999), Los Aspectos Ambientales que Inciden en el Aprendizaje Escolar de la Región Ciénega de Chapala. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Informe Técnico.

Curiel B. A 1997. Evaluación de Riesgo a Desastres. En: Garibay, G. (1997). La salud ambiental. Retos y perspectivas hacia el siglo XXI. Universidad de Guadalajara CUCBA CUCS. México. Compilación.

De la Vega Sylvia G. (1985), Evaluación Epidemiológica de Riesgos Causados por Agentes Químicos Ambientales, Toxicología IV, Nos. 2, 10, y 11, Carcinogenesis química, centro panamericano de ecología humana y salud, organización mundial de la salud.

Deffis Caso A., (1986), La basura es la solución., editorial concepto, México.

Domy C. Adriano; (1986), Trace Elements in terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and risk of metals. 2nd Ed Springer – Verlag . USA.

Etchevers Barra. (1992). Manual de Métodos para análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Análisis rutinarios en estudios y programas de fertilidad.

Fassbender Hans W. Bornemisza (1987), química de suelos con énfasis en suelos de América Latina, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) 2° ed. Rev. San José de Costa Rica, Cap. Primero.

Frejaville, J.P. Bourdon, R. (1978). Toxicología, Clínica y Analítica, editorial Jims, Barcelona, España. Pp 487.

Galvao, Corey G, (1987), Cadmio, Serie Vigilancia 4, Centro panamericano de ecología humana y de salud, OPS. OMS, Metepec, México. Pp 63.

Garibay, G. (1997). La salud ambiental. Retos y perspectivas hacia el siglo XXI. Universidad de Guadalajara CUCBA CUCS. México. Compilación.

Gobierno del Estado de Michoacán 1999. Enciclopedia de los Municipios de México, Michoacán. Centro Nacional de Desarrollo Municipal

Guía para la elaboración de estudios del medio ambiente, Cap. VI. Suelos, ed. Centro de publicaciones. Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, (1996), Dirección General de Política Ambiental, 2° reimpresión., Madrid, España.

H. Sampieri, Et al. 1991, metodología de la investigación, México D. F. Ed. Ultra S. A. de C.V.

Hernández M. P. Navarrete L. R. (2000), Ubicación y Diseño del relleno Sanitario para Ciudad Hidalgo, Michoacán. Etapa II, Diseño. IPN, CIIDIR – IPN – Michoacán, Jiquilpan, Michoacán, México, Informe Técnico.

Huang t. Walter, (1991). Petrología. Ed. Unión Tipográfica editorial Hispano – Americana, S.A. de C.V., UTEHA. México. Traducción de Javier García Díaz.

INE-SEMARNAP. (1997). Estadísticas e Indicadores de Inversión Sobre Residuos Sólidos Municipales en los Principales Centros Urbanos de México. Pp. 58.

INEGI (1981) Carta hidrológica de aguas subterráneas.

INEGI (1997) La Minería en México 1996, México.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, (1980). Mecánica de suelos. Tomo I. Fundamentos de la mecánica de suelos, 3° edición, ed. Limusa, 6° reimpresión.

MCSA. Dictamen de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Autorizada por el H. Consejo Universitario el 22 de octubre del 2003.

Natural Resources Conservation Service (1998), en: Edafología, para agricultura y el medio ambiente. Segunda edición, Mundi-prensa, España. Pp 33.

NOM – 087- ECOL- SSA1- 2002 de la Protección Ambiental – Salud Ambiental – Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos – Clasificación y Especificaciones de Manejo.

NOM – ECOL – 083 – (1993). Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Aclaración marzo 1997. D. O. F. Nov. 1996.

NOM – ECOL - 052 – (1993), 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. D. O. F. Oct. 1993,

NOM - 053 - ECOL –1993, que establece el procedimiento para llevar acabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Publicada D. O. F. Oct. 1993

NOM-117-SSA1-1994, que refiere a bienes y servicios, métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Fierro, Zinc y Mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrofotometría de absorción atómica. D. O. F. Jun. 1995,

NOM- 127- SSA1- 1996. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano, Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. D. O. F. Oct. 2000,

NOM - 048 – SSA1-1993, que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. D. O. F. Ene 1996.

NOM 087-ECOL- SSA1- 2002 de la Protección Ambiental – Salud Ambiental – Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos – Clasificación y Especificaciones de Manejo. Publicada en el D.O.F. 2002

NOM-084-ECOL-1994; establece los requisitos de diseño para un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias. Define al relleno sanitario como la obra de ingeniería para la disposición final y segura de los residuos sólidos municipales. Publicada en el D. O. F. 1994

NOM-CCA-031-ECOL-1993. Que establece los límites permisibles de contaminantes provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano municipal. D. O. F. Oct. 1993,

OPS/CEPIS/PUB799.34. 1999, Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. Agencia Alemana de Cooperación Técnica. Lima 1999.

Orozco M. 1997. Contaminación. En: Garibay, G. (1997). La salud ambiental. Retos y perspectivas hacia el siglo XXI. Universidad de Guadalajara CUCBA CUCS. México. Compilación.

Orta, L. T. (2000), Vinculación con universidades para el cumplimiento de la norma oficial mexicana en materia de rellenos sanitarios, Instituto de ingeniería de la Universidad Nacional autónoma de México.

Ortiz y Gutierrez (1995). Taxonomía de suelos, Servicio de conservación de suelos departamento de agricultura de los EUA. Traducción de Carlos A. Ortiz Solorio y María del Carmen Gutiérrez Castoreña, Programa de Edafología Instituto de Recursos Naturales Colegio de Posgraduados, Montecillos, México.

Ortiz y Ortiz Solorio C. Alberto, (1980), Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo, 3° ed. México.

Padilla Massieu Carlos (2003), Basura Problemas y Solución, gobierno del estado de Michoacán de Ocampo, Secretaria Urbanismo y medio ambiente. Séptima edición. México.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY- NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo. Estudios, muestreos y análisis. Presentada por la SEMARNAP, publicada en el diario oficial de la federación el martes 17 de octubre del 2000.

SEDESOL (1999), Subsecretaría de desarrollo urbano y vivienda, (1999) en INEGI – SEMARNAP, Estadísticas del medio ambiente.

SSSA, (1987), Morfología y descripción de los suelos en: J. Porta, M. López 1999. Edafología, para agricultura y el medio ambiente. Segunda edición, Mundi-prensa, España. Pp 33.

Scheffer (1999) Laboratorio de Fertilidad, Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados en Ciencias agrícolas, Montecillos, Edo. de México.

Stevenson (1982), en: Raimundo Jiménez B. Comportamiento del suelo ante procesos de contaminación, en: Terceras Jornadas sobre suelos contaminados 1998, Serie monografías, Ministerio del Medio Ambiente, Secretaría General de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Fundación Gómez Pardo, España.

TOMES 2000, Toxicología medica.

Varela S. J. (2004) Introducción al análisis de riesgos ambientales. Ed. INE, México.

**ANEXO 1**  
**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**

**PREGUSTAS BASE DE LA ENTREVISTA**

**DATOS PERSONALES:**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**EDAD:** \_\_\_\_\_ **SEXO** \_\_\_\_\_

**LUGAR DE NACIMIENTO** \_\_\_\_\_

**TIEMPO DE RESIDENCIA EN SAHUAYO** \_\_\_\_\_

**CARGOS DESEMPEÑADOS EN EL MUNICIPIO O EN LA COMUNIDAD:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**TEMPORALIDAD DEL CARGO** \_\_\_\_\_

**DONDE SE TIRABA LA BASURA CUANDO USTED TOMO POSESIÓN DEL CARGO:** \_\_\_\_\_

**CUANDO COMENZARON A TIRAR LA BASURA EN LA CALZONUDA**

\_\_\_\_\_

**DONDE SE TIRABA ANTES** \_\_\_\_\_

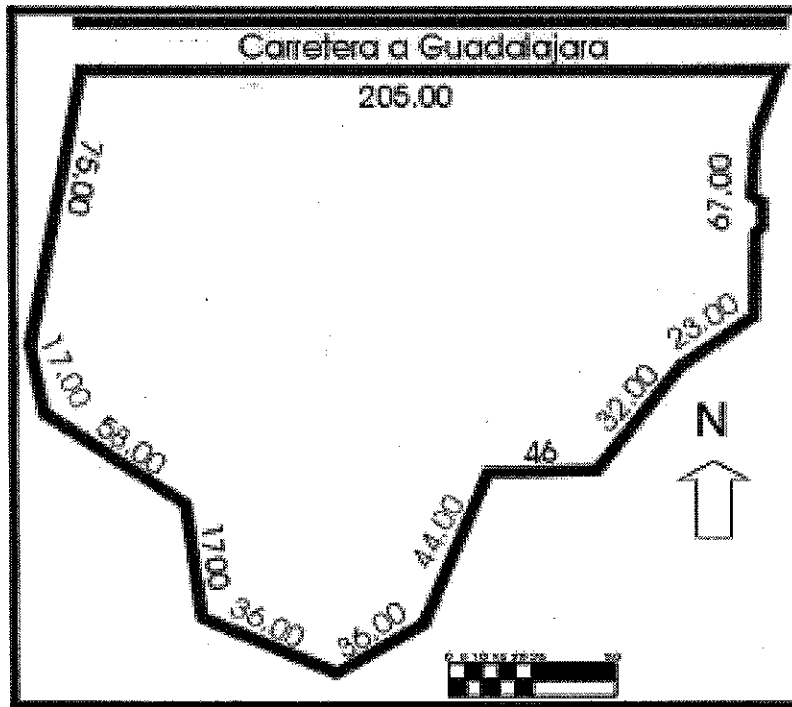
**DONDE SE TIRÓ DESPUES** \_\_\_\_\_

**CUAL ERA EL PROCESO DE RECOLECCIÓN** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ANEXO 2**  
**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**

**Plano del predio del terreno del tiradero "La Calzonuda"**



**Documento proporcionado por el dueño del predio. Se arreglo colocándole la escala y la orientación.**