



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del sitio de disposición final de residuos sólidos: El Basurón Sinaloa, y
posibles sitios alternativos.

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN **INGENIERÍA SANITARIA**

PRESENTA:

ING. CORDERO GONZÁLEZ RICARDO

DIRECTORA DE TESINA: **M.I Alba Beatriz Vázquez González**

CIUDAD DE MÉXICO

MARZO 2016

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS v

OBJETIVOS 7

INTRODUCCIÓN 8

1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)
10

1.1 Legislación vigente en materia de residuos en México..... 10

 1.1.1 *Clasificación de los residuos, de acuerdo con la LGPGIR con base en su generador*
 10

 1.1.2 *Competencia en materia de residuos: federal, estatal y municipal* 11

1.2 Marco general de los residuos sólidos: RSU y RME 13

2 PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003. RELLENOS
SANITARIOS 16

2.1 Objetivos y alcances del proyecto de Modificación de la NOM-SEMARNAT-083-2003 17

2.2 Requerimientos técnicos de un relleno sanitario 17

2.3 Rellenos sanitarios en México..... 18

2.4 Ventajas de un relleno sanitario 21

3 CASO DE ESTUDIO: EL BASURÓN, MAZATLÁN SINALOA 23

3.1 Medio físico del Municipio de Mazatlán 23

3.2 Medio socioeconómico 30

3.3 Manejo de residuos en el Municipio de Mazatlán Sinaloa 31

 3.3.1 *Tiradero actual*..... 31

 3.3.2 *Condiciones actuales del SDF* 32

4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 36

4.1 Definición..... 36

4.2 Aspectos generales de un SIG..... 36

4.3 Estructura de los SIG y capas temáticas..... 37

 4.3.1 *Modelo vectorial* 38

 4.3.2 *Modelo ráster* 38

 4.3.3 *Operaciones básicas entre capas* 38

5 EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS 40

5.1 Sistema de Información Geográfica: QGIS..... 40

5.2	Descarga de insumos de información.....	40
5.3	Introducción de capas de información (datos)	42
5.3.1	<i>Operaciones de gestión de datos</i>	43
5.3.2	<i>Operaciones de geoproceso</i>	44
5.3.3	<i>Manipulación de la tabla de atributos</i>	46
5.4	Capas resultantes	48
5.4.1	<i>Zona de estudio</i>	49
5.4.2	<i>Condiciones actuales del SDF “El Basurón”</i>	50
5.4.3	<i>Evaluación de Alternativas</i>	58
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
6.1	Evaluación de las condiciones actuales del tiradero el Basurón	65
6.2	Identificación de alternativas	66
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7.1	Respecto al Sistema de Información Geográfica: QGIS	68
7.2	Respecto a la verificación del sitio y zonas alternas	68
	REFERENCIAS.....	71
	Bibliografía	71
	Reportes técnicos	71
	Mesografía.....	71

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 3. 1 Características de los acuíferos con permeabilidad alta 28

Tabla 3. 2 Características de los acuíferos con permeabilidad media 28

Tabla 3. 3 Características de los acuíferos con permeabilidad baja..... 29

Tabla 5. 1 Especificaciones de SDF disponibles en páginas de dependencias gubernamentales 41

Tabla 5. 2 Cumplimiento de la NOM 083 del SDF el Basurón Sinaloa 57

Figuras

Figura 1.1 Flujo de materiales y generación de residuos de manejo especial 14

Figura 2.1 Tipo de disposición final de RSU, por entidad federativa 19

Figura 2.2 Tipo de disposición final por tamaño del municipio. 20

Figura 2.3 Tipo de disposición final por región económica. 21

Figura 3.1 Distribución de climas, municipio de Mazatlán..... 23

Figura 3.2 Distribución de formas de relieve, municipio de Mazatlán 24

Figura 3.3 Distribución de tipos de suelo, municipio de Mazatlán 26

Figura 3.4 Distribución de tipos de permeabilidad, municipio de Mazatlán 29

Figura 3.5 Ubicación del SDF, “El Basurón” 31

Figura 3. 6 Vista del perímetro actual del tiradero 32

Figura 3. 7 Puesta de aves en el tiradero actual 33

Figura 3. 8 Filtración de lixiviados en el subsuelo..... 33

Figura 3.9 Pozo de extracción y quema de biogás 34

Figura 3.10 Pепенadores seleccionando los desechos junto a fauna nociva. 35

Figura 5. 1 Interfaz general de QGIS 40

Figura 5. 2 Ventana de edición, herramienta “Definir la proyección actual” 44

Figura 5.3 Sistema de referencia asociado a la capa vectorial municipio de Mazatlán 44

Figura 5.4 Ventana principal de edición, herramienta “Buffer” 45

Figura 5.5 Ventana principal de edición, herramienta “Intersección” 46

Figura 5.6 Barra de edición de la tabla de atributos, de una capa shape 47

<i>Figura 5.7 Tiradero actual “El Basurón” (color azul)</i>	48
<i>Figura 5.8 Operación de la tabla de atributos, empleando la calculadora de campos.</i>	49
<i>Figura 5.9 Ubicación del aeropuerto Gral. Rafael Buelna, radio de 15 km</i>	50
<i>Figura 5.10 Ubicación de las ANP, en el municipio de Mazatlán</i>	51
<i>Figura 5.11 Ubicación de las localidades (mayores a 2500 hab) en el municipio de Mazatlán</i>	52
<i>Figura 5.12 Humedales localizados en el municipio de Mazatlán</i>	53
<i>Figura 5.13 Principales fallas y fracturas que cruzan el municipio de Mazatlán</i>	53
<i>Figura 5.14 Hidrogeología del municipio de Mazatlán</i>	54
<i>Figura 5.15 Zona de veda por decreto en el municipio de Mazatlán</i>	55
<i>Figura 5.16 Zonas arqueológicas y de valor cultural en el municipio de Mazatlán</i>	55
<i>Figura 5.17 Corrientes y cuerpos de agua del municipio de Mazatlán</i>	56
<i>Figura 5. 18 Municipio de Mazatlán, sin la presencia de ANP</i>	59
<i>Figura 5. 19 Municipio de Mazatlán: zonas de media y alta permeabilidad</i>	60
<i>Figura 5. 20 Municipio de Mazatlán: zonas con baja a media permeabilidad</i>	60
<i>Figura 5. 21 Municipio de Mazatlán, suelos ricos para el desarrollo de agricultura.</i>	61
<i>Figura 5. 22 Municipio de Mazatlán, zona con bajo potencial nutritivo</i>	61
<i>Figura 5. 23 Municipio de Mazatlán, presencia de fallas y/o fracturas geológicas, cuerpos y corrientes de agua en zonas de baja permeabilidad</i>	62
<i>Figura 5. 24 Municipio de Mazatlán, presencia de fallas y/o fracturas geológicas, cuerpos y corrientes de agua en zonas de bajo potencial para desarrollo agrícola</i>	63
<i>Figura 5. 25 Propuesta 1 para posibles zonas para un nuevo SDF</i>	63
<i>Figura 5. 26 Propuesta 2 para posibles zonas para un nuevo SDF</i>	64

OBJETIVOS

- General

Analizar conforme a las especificaciones del proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, la factibilidad de sitios de disposición final (SDF) de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el Municipio de Mazatlán Sinaloa; como alternativas al sitio de disposición actual.

- Particular

Emplear las herramientas de análisis de un software de SIG de código abierto, para la verificación y determinación de zonas aptas para la disposición de residuos, con base en las especificaciones del proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana: NOM- 083-SEMARNAT-2003.

INTRODUCCIÓN

La disposición final de los residuos, se ha convertido en un gran problema para quien se encarga de dicha actividad dentro de una localidad. Desde la época antigua, una forma de dar solución al problema de disposición final ha sido el entierro.

A partir de esta estrategia, surge lo que se conoce como relleno sanitario que es una solución con resultados óptimos cuando se opera correctamente, en cambio los tiraderos a cielo abierto generan serios problemas por la contaminación ambiental y de salud pública, para la población circundante.

Por ello, el presente trabajo dividido en 7 capítulos tiene como finalidad verificar la situación actual de un sitio de disposición final en el Municipio de Mazatlán, para posteriormente proponer sitios alternos que permitan disponer de forma ambientalmente segura los residuos sólidos. El análisis del cumplimiento de las condiciones que establece el proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 se realizó empleando QGIS el cual es un software de Sistema de Información Geográfica (SIG): de código abierto.

El **capítulo I** presenta una visión general del tema de los residuos en México desde la perspectiva de la normativa vigente. Posteriormente el **capítulo II** desarrolla una revisión de lo que es la norma vigente de acuerdo a las especificaciones para selección de sitios de disposición final, presenta además una estadística obtenida a partir de un diagnóstico realizado por SEMARNAT sobre la cobertura de los sitios de disposición final en México.

El **capítulo III** incluye una descripción general en cuanto a las características del medio físico del Municipio de Mazatlán así como de su medio socioeconómico. Se incluye una recopilación de la información del manejo de los residuos en todo el Municipio, con énfasis en el tiradero actual y las condiciones actuales que persisten en dicho lugar.

El **capítulo IV** aborda a nivel macro la descripción de lo que se conoce como SIG desde su definición, los elementos que lo conforman, y el modelo vectorial en el cual se centra el análisis del presente trabajo, sin dejar de mencionar el modelo ráster utilizado preferentemente en la percepción remota.

En el **capítulo V**, se muestra el procedimiento que se utilizó para el procesamiento de la información desde la obtención de la información consistente en la descarga de los archivos digitales en las dependencias correspondientes, seguido de la forma de ingresar al SIG, las operaciones más importantes realizadas para procesar la información. Presentándose primero la verificación de las condiciones del tiradero actual y posteriormente la identificación de alternativas a partir de la verificación de su cumplimiento de las

condiciones del proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Finalmente se presentan los resultados de la aplicación de las operaciones de análisis con QGIS a través de capas de información.

Los **capítulos VI y VII** presentan el análisis de los resultados obtenidos con el software, así como la elaboración de las conclusiones de la utilidad de un SIG, así como las correspondientes a los resultados obtenidos a partir de la verificación del tiradero actual y posibles alternativas en la zona descrita. Se incluyen también las recomendaciones generadas considerando que el análisis desarrollado solamente incluye un apartado de la norma vigente. De explorarse los posibles sitios de disposición final, deberán realizarse estudios adicionales que permitan verificar la totalidad de los requisitos que establece el proyecto de Modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de agosto de 2015.

1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

El quehacer humano cualquiera que sea su fin: *productivo, recreativo u otro*, tiende a la generación de infinidad de productos, subproductos o derivados que resultan del desuso de los bienes iniciales que permitieron en principio la satisfacción o consecución de cualquier actividad.

Dichos productos o subproductos se pueden encontrar de diferentes maneras; asociados a su constitución física y/o química; estado sólido, líquido o gas (disuelto o contenido) respectivamente.

1.1 Legislación vigente en materia de residuos en México

En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR¹), define como residuo al: *“material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven”*.

En la definición que otorga la LGPGIR sobre residuos, se refiere al estado en el que suelen presentarse, y si bien su diversidad es amplia el presente trabajo se abordan solamente los residuos en estado sólido que anteriormente fueran conocidos como **residuos sólidos municipales**².

Tras la publicación de la LGPGIR, la acepción de residuos municipales cambio de manera notable, estableciendo una clasificación en función de su generador; dicha clasificación ha permitido la elaboración de planes y programas de manejo sobre residuos, los cuales se encuentran asociados a una serie de competencias establecidas en dicha ley.

1.1.1 Clasificación de los residuos, de acuerdo con la LGPGIR con base en su generador

Esta clasificación sobre los residuos que establece la LGPGIR, que obedece al tipo de generador encuentra los siguientes tipos:

¹**LGPGIR.** Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 20 de Octubre de 2004; última modificación el 19 de junio de 2007

²**Residuos sólidos municipales (RSM).** Son aquellos que provienen de actividades que se desarrollen en el ámbito doméstico, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como de residuos industriales que no se deriven de sus procesos.

▪ *Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*

Son aquellos generados en las casas habitación, y que son resultado de las actividades domésticas, del consumo de diversos productos y sus respectivos envases, embalajes y/o empaques, así mismo todos los residuos que son provenientes de cualquier actividad de establecimientos o vía pública que genere residuos de características domiciliarias resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados de otro tipo. (LGPGIR, 2007)

▪ *Residuos Peligrosos (RP)*

Son aquellos que poseen alguna de las características siguientes: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico-infeccioso: CRETIB³, que confieran peligrosidad, así mismo envases, recipientes, embalajes y suelos que ya han sido contaminados al ser trasladados a otro sitio. (LGPGIR, 2007)

▪ *Residuos de Manejo Especial (RME)*

Son los residuos que son generados en los procesos productivos, y que no aceptan características de un residuo peligroso, o bien en este grupo se pueden encontrar residuos sólidos urbanos producidos por grandes agentes o generadores. (LGPGIR, 2007)

1.1.2 Competencia en materia de residuos: federal, estatal y municipal

De acuerdo con el artículo segundo de la LGPGIR “Distribución de competencias y coordinación”, cada tipo de residuo en función de su generador se encuentra asociado a un nivel gubernamental; siendo las principales competencias en materia de residuos sólidos, acorde a cada nivel.

▪ *Federación*

- ✓ Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos así como de elaborar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- ✓ Expedir Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para regular el manejo integral de los residuos peligrosos para determinar que residuos están sujetos a planes de manejo, así como autorizar el manejo integral de los residuos peligrosos, así como la prestación de los servicios correspondientes.

³ CRETIB: Acrónimo que indica la caracterización de un residuo peligroso (RP): Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Infeccioso y Biológico.

CAPÍTULO I. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

- ✓ Coadyuvar con las entidades federativas para la instrumentación de los programas para la prevención y gestión integral de los residuos.

- *Estados*
 - ✓ Formular, conducir y evaluar la política estatal, así como la elaboración de los Programas en materia de Residuos de Manejo Especial.
 - ✓ Expedir los ordenamientos jurídicos que permitan darle el cumplimiento conforme a sus circunstancias particulares, en materia de manejo de residuos de manejo especial, así como de prevención de la contaminación de sitios con dichos residuos y su remediación.
 - ✓ Autorizar el manejo integral de los residuos de manejo especial, e identificar lo que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo, así como ordenar y llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados o manejados por micro generadores.

- *Municipios*
 - ✓ Formular, por sí solos o en coordinación con las entidades federativas, y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos correspondiente.
 - ✓ Emitir los reglamentos y demás disposiciones jurídico-administrativas de observancia general dentro de las jurisdicciones respectivas, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la LGPGIR y en las disposiciones legales que emitan las entidades federativas correspondientes.
 - ✓ Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por la presente Ley y la legislación estatal en la materia.
 - ✓ Establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
 - ✓ Verificar el cumplimiento de las disposiciones de la LGPGIR, normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos jurídicos en materia de residuos sólidos urbanos así como imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables.
 - ✓ Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y fortalecimiento de los mismos.

Debe mencionarse que con base en esta ley, emanaron otras disposiciones que establecen las pautas para el manejo y la disposición final de los residuos según su clasificación.

CAPÍTULO I. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

Se hace hincapié en aquella legislación que permite definir las características que se deben cumplir en selección de sitios, construcción, operación, clausura y rehabilitación de sitios de disposición final o bien sitios de confinamiento de sólidos urbanos y manejo especial, y de residuos peligrosos respectivamente, dicha legislación se refiere a Normas Oficiales Mexicanas muy estrictas que se enuncian a continuación:

1. Norma Oficial Mexicana NOM- 083- SEMARNAT-2003⁴(PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003, proyecto de Modificación Agosto 2015⁵)
2. Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003⁶

1.2 Marco general de los residuos sólidos: RSU y RME

Los residuos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades humanas y animales, y que normalmente son desechados como inútiles o superfluos. El término residuo sólido comprende tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y minerales. (Tchobanoglous⁷, 1998)

El problema de los residuos sólidos puede ser visualizado desde la época antigua, en el paso del nomadismo al sedentarismo por parte de la humanidad, con la formación de tribus, aldeas y comunidades. Lo anterior trajo consigo la acumulación de residuos y por ende el comienzo de una problemática, habrá casos en los cuales el manejo de los residuos es eficaz. Sin embargo en México a pesar de tener una legislación estricta el manejo de los residuos tiene acentuadas deficiencias existiendo una gran dispersión de residuos en las grandes ciudades, en caminos abandonados de las pequeñas localidades.

La actividad de tirar todo tipo de residuos sólidos en áreas de tránsito común, desde caminos sin pavimento, hasta carreteras y caminos abandonados constituyen el primer acercamiento entre lo que es la contaminación del medio y los daños potenciales a la salud pública.

Hacia el siglo XIX el problema de salud pública a causa de la mala disposición de los residuos se apuntó como el principal generador de dichas enfermedades, lo cual condujo en dicha época a la búsqueda de estrategias para el control y mitigación de roedores y demás

⁴**NOM-083-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

⁵ **PROY-NOM-SEMARNAT-2003**, reforma de la NOM-083-SEMARNAT-2003. Publicada en el DOF: agosto de 2015.

⁶ **NOM-055-SEMARNAT-2003**, que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinaran para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados.

⁷Tchobanoglous, et al. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Volumen I. Mc Graw Hill. México, 1998. Traducción al español.

CAPÍTULO I. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

vectores generadores de problemas de sanidad. Existen otros fenómenos tales como la contaminación del agua y del aire que son atribuidos de igual manera a la incorrecta gestión y manejo de los residuos sólidos.

Ahora bien no solamente los residuos sólidos urbanos generados en casas habitación o como resultado de actividades domésticas son de trascendencia en los impactos ambientales y de salud pública, hablar de los residuos generados en grandes volúmenes propios de zonas industriales principalmente, o derivados de cualquier actividad económica deben ser aprovechados mediante un plan de manejo cuando sus características lo permitan, aquellos que no puedan ser aprovechados deberán disponerse en un sitio de disposición final.

En la figura 1.1, se muestra el flujo de los materiales generadores de los RME fruto del crecimiento de la sociedad actual.

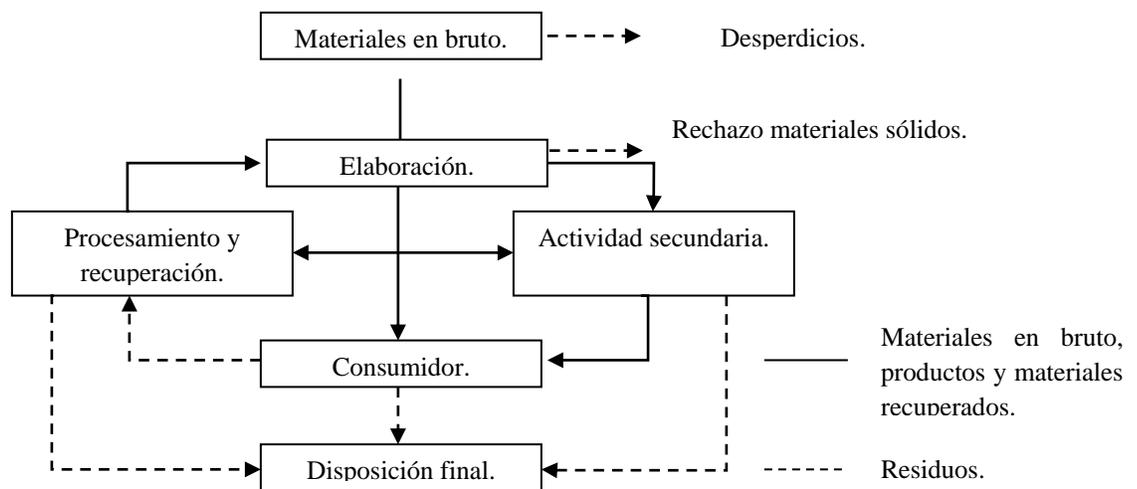


Figura 1.1 Flujo de materiales y generación de residuos de manejo especial
Fuente: *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Tchobanoglous (1998)

Los RSU, ya fueron descritos como un producto de las actividades domésticas y del aseo de vías públicas. Finalmente los RME fueron descritos como resultado de procesos productivos y con la característica principal de grandes volúmenes.

Dentro de los (RME), se encuentran los siguientes:

- I. Rocas o productos para la construcción.
- II. Servicios de salud.
- III. Actividades pesqueras, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluye insumos.
- IV. Servicios de transporte.
- V. Lodos provenientes de una PTAR⁸.
- VI. Tiendas departamentales o centros comerciales.

⁸P TAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPÍTULO I. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

- VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición.
- VIII. Residuos tecnológicos de la industria informática.
- IX. Otros que determine la Secretaria (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011)

2 PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003. RELLENOS SANITARIOS

Una técnica que surgió con base en la experiencia de enterrar los residuos (edad media) es la conocida como "**Relleno Sanitario**" (**RS**), sin embargo existen casos en los cuales los sitios de disposición se convierten en tiraderos a cielo abierto sin control, estos contrastan con el objetivo principal de dicha técnica, de esta manera la diferencia entre un relleno y otras formas de disposición de residuos, se encuentra asociada a la manera en la cual se disponen o vierten dichos residuos.

Así pues mientras en el RS se establece un control en el depósito de los residuos sobre un área definida, aunado a la existencia de un conjunto de instalaciones y obras complementarias, reglamentos y manuales de operación, así como la rehabilitación y clausura de dichos sitios; que definen la forma correcta de aminorar los impactos tanto hacia la salud pública de la población y ambiente en general; en cambio en un tiradero a cielo abierto sin control sucede todo lo contrario.

Hacia 1994 en México se publicaron los proyectos de normas oficiales mexicanas, PROY-NOM-083-ECOL-1994 y el PROY-NOM-084-ECOL-1994, sobre las especificaciones que deberían reunir los sitios destinados como rellenos sanitarios, así como para su diseño y operación.

A partir de estas normas oficiales, surgió la NOM-083-ECOL-1996 que estableció las condiciones que deberían cumplir los sitios destinados a la disposición final de los RSM; sin embargo, ante la casi nula observancia de dicha norma, se estableció la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-083-2003, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) bajo el mandato del entonces presidente Vicente Fox Quezada, la cual para el mes de agosto de 2015 fue reformada mediante el Proyecto de Modificación publicada en el DOF, la cual presenta algunas modificaciones respecto a los criterios de selección de sitios para la ubicación de los SDF, así como otros aspectos tales como clasificación de rellenos sanitarios en función de su capacidad de recepción diaria.

Sin embargo, un punto en común de la norma (anterior y proyecto), es que ambas surgen como una respuesta al crecimiento demográfico y modificación de las actividades productivas, lo cual a su vez conlleva a un cambio en los patrones de consumo de la población y por ende la demanda de mejores servicios.

El ambiente enfrenta una demanda de condiciones que le permitan asimilar la gran cantidad de residuos que una población le entrega, así pues la legislación descrita tiene como

finalidad primordial el controlar y regular las condiciones de la disposición final de los residuos: *sólidos urbanos y de manejo especial*.

En el presente trabajo se hará la revisión de algunos requisitos para ubicación de SDF establecidos en el proyecto de Modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003, que corresponden a la disponibilidad de la información en dependencias federales.

2.1 Objetivos y alcances del proyecto de Modificación de la NOM-SEMARNAT-083-2003

El objetivo de esta norma textualmente es el siguiente: “... *establecer las especificaciones para la selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y post-clausura de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*”

Este objetivo tiene un gran impacto al normar las diferentes etapas en las cuales puede dividirse para la realización de un relleno sanitario, por ende su observancia y aplicación se vuelve obligatoria para las autoridades o concesionarios que deseen construir una obra de esta magnitud.

2.2 Requerimientos técnicos de un relleno sanitario

Especificaciones para la selección de sitios de disposición final

El proyecto de Modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 establece que se deben analizar elementos que permitan definir aquellos sitios que impacten lo mínimo posible el ambiente; así como la sociedad cercana o inmersa de manera local. A continuación se detallan las especificaciones que se establecen relativas a la selección de los sitios, de acuerdo con el apartado 6 de la ya referida norma

- Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse a una distancia mayor o igual a los 15 km de la trayectoria de aproximación de la cabecera de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, sin embargo cuando lo anterior no suceda deberá realizarse un estudio de riesgo aviario para determinar la influencia y distancia para definir dicha ubicación.
- Un SDF no debe ubicarse dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el plan de manejo de éstas.
- En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de

desarrollo urbano, restringiendo el cambio de usos de suelo en tal distancia a partir de la creación de dichas obras o instalaciones.

- No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
- No deberá ubicarse en zonas arqueológicas, o sitios de valor cultural.
- El SDF se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años.
- Para el caso de zonas con alto índice de precipitación pluvial se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.
- La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

2.3 Rellenos sanitarios en México

La definición que otorga la norma oficial, establece que un relleno sanitario es... *“una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructuras adicionales, los impactos ambientales”* (PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003, Agosto 2015). En la norma también se define como sitio controlado al “sitio de disposición final que no es relleno sanitario, pero que cumple al menos con alguna de las siguientes características: camino de acceso (uso permanente), cubierta diaria de residuos o sistemas de control de lixiviados, biogás y aguas pluviales”. Mientras que un sitio no controlado al “sitio de disposición final o tiradero a cielo abierto que no cumple con los requisitos establecidos en la respectiva norma”

De acuerdo al “Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR)” (SEMARNAT-INECC, 2012) el 60.54% de los residuos es dispuesto en rellenos sanitarios y sitios controlados, mientras que el 15.93% en tiraderos a cielo abierto y el 2.07% restante

CAPÍTULO II. PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003. RELLENOS SANITARIOS

se desconoce dónde se deposita. Así mismo de acuerdo a información recogida en tal documento, se tiene lo siguiente:

- *Por estados*

Con base en el DGBIR Baja California, Aguascalientes y Distrito Federal, disponen el 100% de sus residuos generados en rellenos sanitarios y sitios controlados; sin embargo, existen casos como el de los estados de Michoacán, Oaxaca, y Tabasco que reportan valores superiores al 55% de residuos dispuestos en tiraderos a cielo abierto.

A nivel nacional de acuerdo con el DGBIR, el 50% de los gobiernos estatales envían entre el 80% y el 100% de sus residuos sólidos a rellenos sanitarios y sitios controlados. Ver figura 2.1

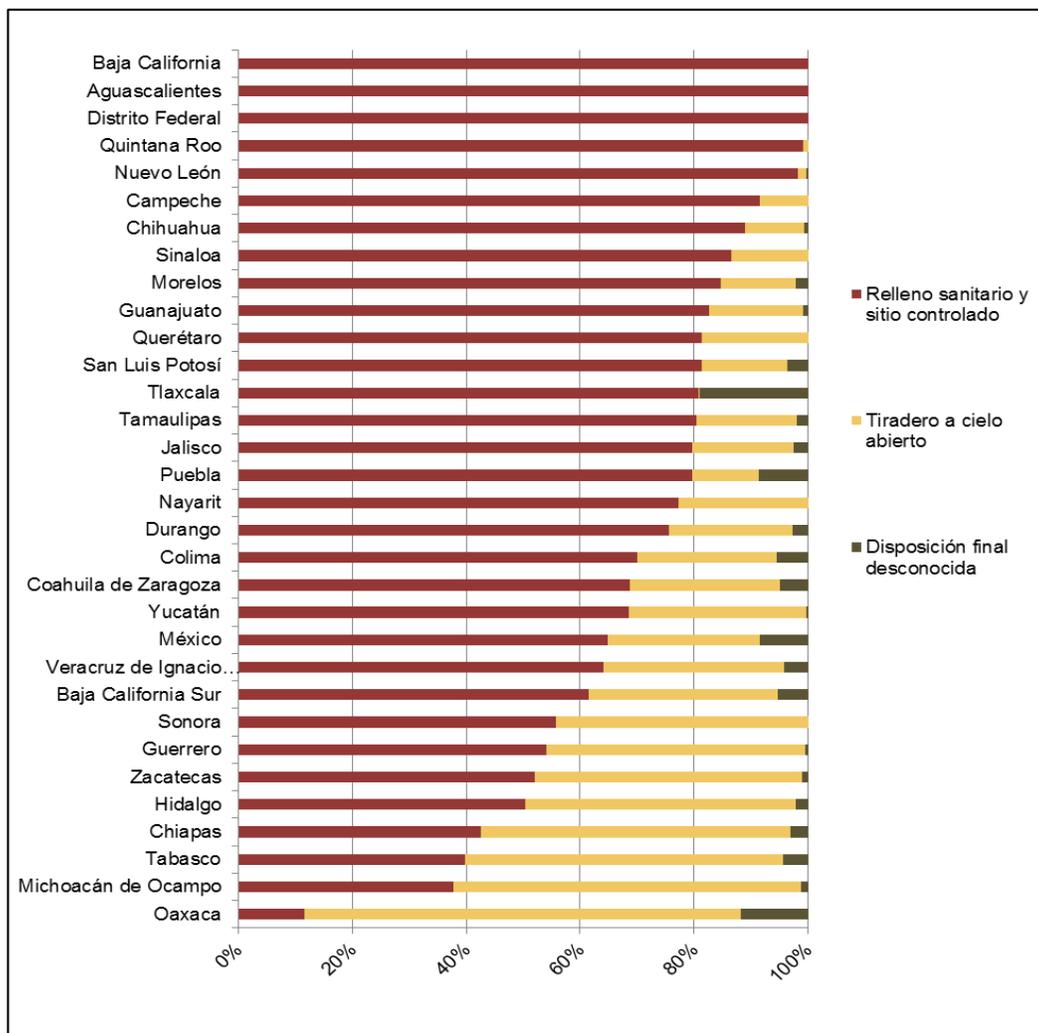


Figura 2.1 Tipo de disposición final de RSU, por entidad federativa
Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2012

CAPÍTULO II. PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003. RELLENOS SANITARIOS

▪ *Por municipios*

A nivel municipal, se resaltan los siguientes datos (DBGIR, 2012):

- ✓ Municipios con poblaciones menores a 10000 habitantes, no reconocen alguna manera de disposición de residuos al ser un insumo en actividades principalmente agrícolas (mejorador de suelo corriente) para el caso de residuos orgánicos, mientras que en el caso de residuos inorgánicos se queman al aire libre, o en su caso reutilizados para un fin distinto al original; además de establecer sistemas de reciclaje posteriores.
En otros casos, los residuos son dispuestos en cavernas o grietas; así también pueden ser abandonados en lotes o caminos baldíos que a la larga generan problemas de degradación de la calidad ambiental, salud pública y una mala imagen para la población en general.
- ✓ Poblaciones municipales con un rango de entre 20 y 30 mil habitantes, tienden a disponer en mayor porcentaje sus residuos en tiraderos a cielo abierto.
- ✓ Finalmente los municipios con poblaciones mayores a 100 mil habitantes, tienden a disponer sus residuos en rellenos sanitarios y sitios controlados representando un porcentaje de 90% respecto del número de municipios de este orden. Ver figura 2.2

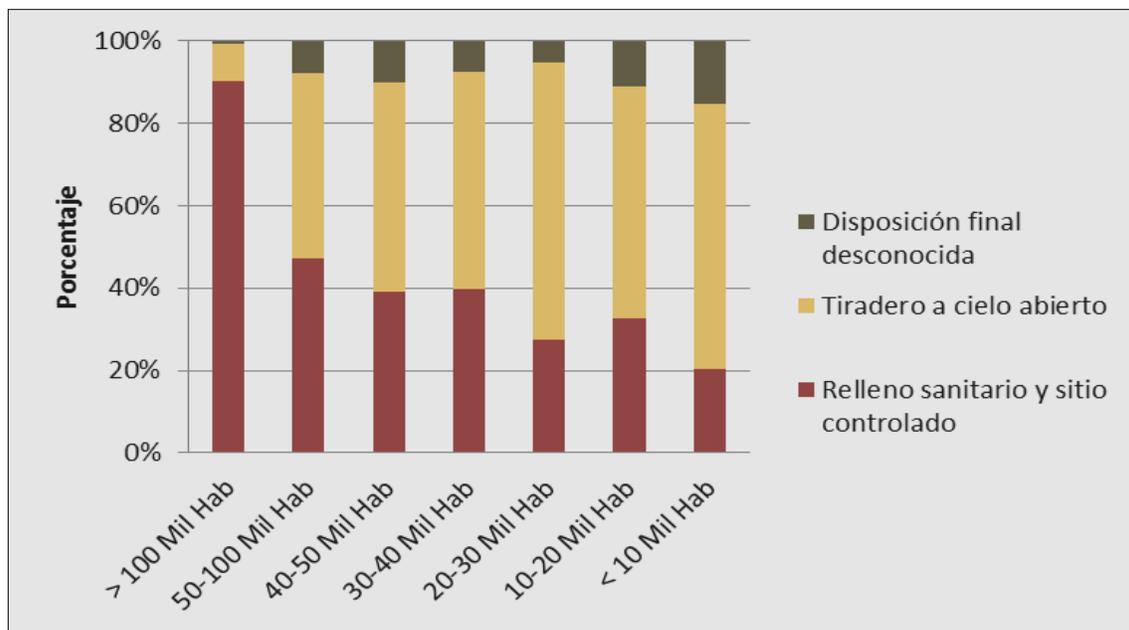
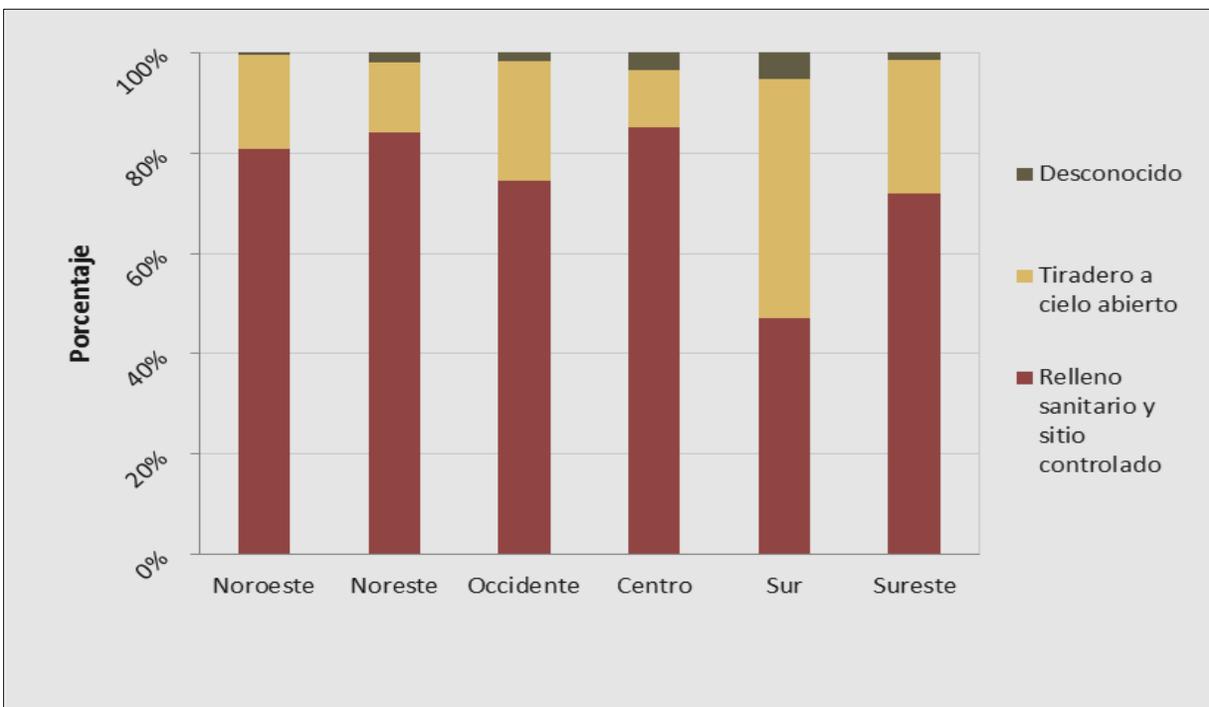


Figura 2.2 Tipo de disposición final por tamaño del municipio.
Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2012

▪ *Por regiones*

El análisis por región muestra que 3 regiones: Centro, Noroeste y Noreste disponen sus residuos de mejor manera, teniendo porcentajes de disposición final en rellenos sanitarios y sitios controlados superiores al 80%.

En contraste en la región sur, la disposición de los residuos generalmente sucede en tiraderos a cielo abierto, prácticamente con un porcentaje del 50% (47.66%) con un porcentaje del 47.66 %, lo cual conlleva graves impactos ambientales, incluidas las afectaciones a la salud pública. Ver figura 2.3



*Figura 2.3 Tipo de disposición final por región económica.
Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2012*

2.4 Ventajas de un relleno sanitario

Los rellenos sanitarios bien planeados, diseñados, construidos y operados reducen significativamente los impactos ambientales adversos; es decir, tendrían mínimas desventajas. De esta forma las principales ventajas son:

- Minimización de los impactos ambientales adversos incluidos aquellos a la salud pública, en contraste con lo que ocurre en los tiraderos a cielo abierto por la incorrecta manipulación.

- Control de fauna nociva con la colocación de material de cubierta en un lapso no menor a 24 horas. Cuando no se controla la fauna nociva, se gesta la proliferación de vectores y con ello la propagación de agentes infecciosos en poblaciones cercanas. Es pertinente señalar que la cubierta secuencial y rutinaria de residuos reduce la percepción de olores en las poblaciones cercanas, además de incendios.
- Incremento en la vida útil del relleno sanitario debido al correcto acomodo y adecuada compactación de los residuos. Recuérdese que la vida útil de un relleno responderá a su capacidad de recepción de los residuos.
- Contribuye al mejoramiento del paisaje y satisfacción de los pobladores, debido a la correcta disposición que hace el municipio de los residuos.
- La generación de biogás y su aprovechamiento energético permite reducir las emisiones al aire, y fomentar el uso de energías alternativas en actividades cotidianas que así lo requieran.
- Se evita la infiltración de lixiviados evitando la contaminación de acuíferos y cuerpos de agua superficiales cercanos.
- Se reduce el malestar social debido a que las afectaciones a la población son minimizadas.

3 CASO DE ESTUDIO: EL BASURÓN, MAZATLÁN SINALOA

3.1 Medio físico del Municipio de Mazatlán

- Clima

Dentro del municipio de Mazatlán se pueden encontrar 5 tipos de clima definidos bajo la escala de Köppen modificada por Enriqueta García (1969), [Ver figura 3.1]

Bs₁ (h') w: Semiárido cálido

Aw₀: Cálido subhúmedo

Ac_{w2}: Semicálido subhúmedo

C_{w2}: Templado subhúmedo

Aw₁: Cálido subhúmedo

La zona donde se encuentra el tiradero actual tiene un clima predominante tipo **Aw₀: Cálido subhúmedo**, con las siguientes características: es el más seco de los cálidos húmedos con un régimen de las lluvias en verano, con una precipitación anual de 750 a 950 mm, con una temperatura media anual de 23 a 24 °C y mínima extrema de 3 °C.

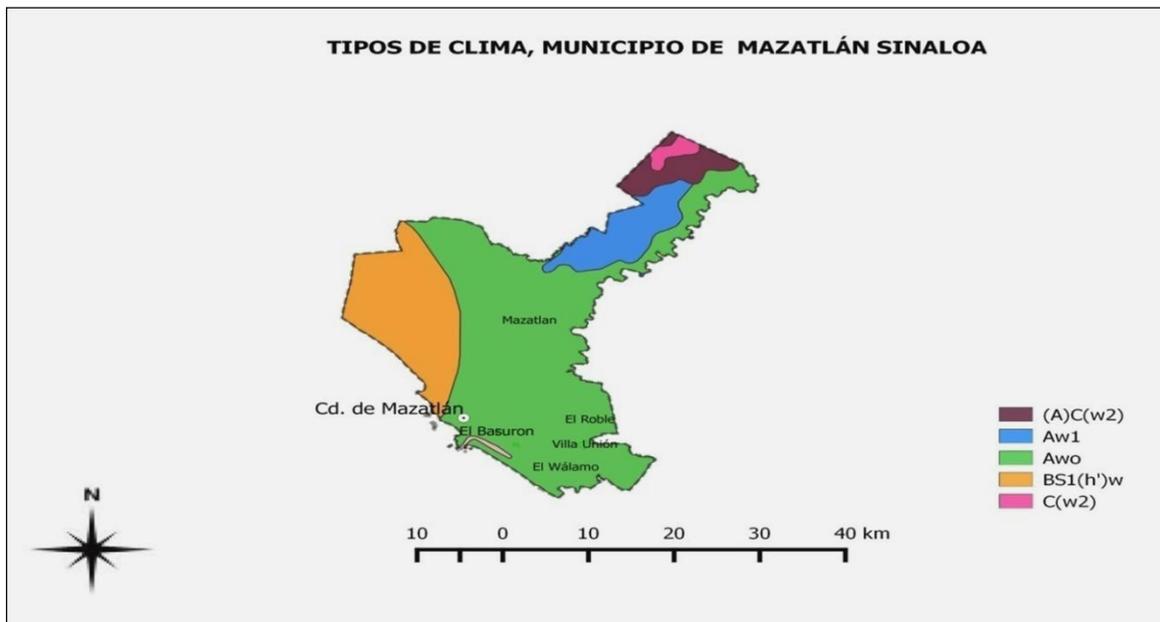


Figura 3.1 Distribución de climas, municipio de Mazatlán

Fuente: Elaboración propia empleando QGIS

▪ Relieve

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad (CONABIO), el 45.51% de la superficie territorial del municipio está formada por lomeríos, el 47.95% por montañas y en menores proporción hay valles montañosos los cuales en conjunto llegan al 2.90%, así mismo se encuentran planicies que van desde 0 a 200 msnm, que representan el 3.64 % de la superficie del municipio de Mazatlán. (*Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, Sinaloa*). [Ver figura 3.2]

La población en su totalidad se concentra en las planicies de la costa, destacando la Cd. de Mazatlán en mayor proporción, así como Villa Unión, Fraccionamiento Los Ángeles (Santa Fe) y El Castillo, El Roble, El Habar y El Walamo en porciones menores.

Localidades pequeñas como La Noria, El Quelite y El Recodo, se encuentran ubicadas en la zona de lomeríos, mientras que en la zona montañosa se encuentran algunas pequeñas localidades con poblaciones rurales menores a los 500 habitantes.

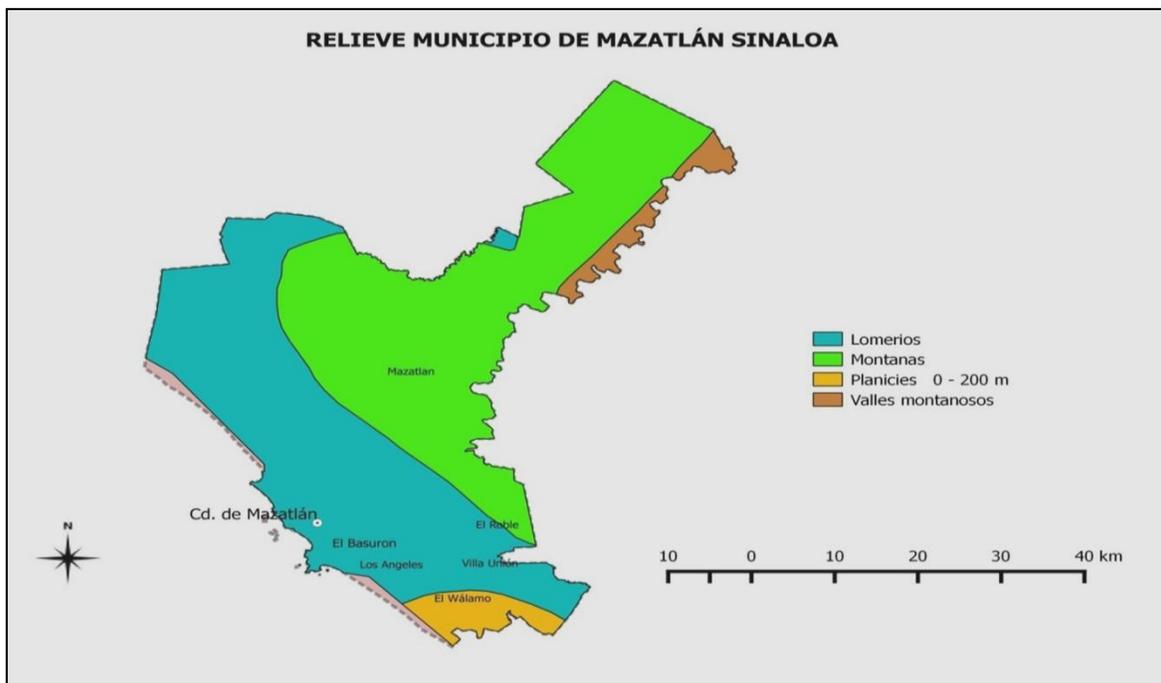


Figura 3.2 Distribución de formas de relieve, municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia empleando QGIS

De acuerdo a lo anterior, se observa que el sitio actual se ubica en una zona de lomeríos cercana la costa, lo cual explicaría que los escurrimientos de lixiviados se dirijan a esteros como el de Urías.

- Fisiografía

De acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, Sinaloa la fisiografía de la región donde se ubica el municipio de Mazatlán se reconocen dos grandes provincias: la Sierra Madre Occidental hacia el Nororiente y la Planicie Costera hacia al Poniente, y entre ambas la subprovincia de Sierras de Pie de Monte.

El tipo de pendiente predominante en el municipio es generalmente mayor al 15%, determinando con ello los patrones de flujo de los escurrimientos y distribución hídrica; así como los índices de infiltración y erosión, lo cual depende del material basal.

- Edafología

Dentro del municipio de Mazatlán se encuentran los siguientes tipos de suelo:

- ✓ Regosol éutrico, representa el 41.45% de la superficie total; localizado desde la costa central hasta el norte del municipio. Por su alta caracterización mineral, en este tipo de suelo se desarrolla una agricultura de riego o temporal.
- ✓ Cambisol crómico, se encuentra representado por un 33.42% de la superficie total; se localiza hacia la costa norte y la Sierra de Pie de Monte así como la parte más baja de la sierra (meseta y cañada). Es un suelo es muy rico para el desarrollo de agricultura por los nutrientes siendo su principal inconveniente para dicha actividad, la pendiente del terreno.
- ✓ Feozem háplico, representado por un 12.94% de la superficie municipal, en él se practica agricultura de riego, de temporal así como pastizales cultivados. Su principal desventaja es la poca profundidad y su vulnerabilidad a la erosión.
- ✓ Litosol, cuenta con un 8.84% de la superficie, se ubica hacia el noreste en la parte más alta del municipio, tratándose de un suelo muy pobre a diferencia de los anteriores, al grado de no poder existir vegetación de tipo perenne.
- ✓ Rendzina, ocupa el 3.35% siendo una pequeña área cortada por la carretera federal a Culiacán al sur del río Quelite, es un suelo muy fértil por la presencia de humus en cantidad.

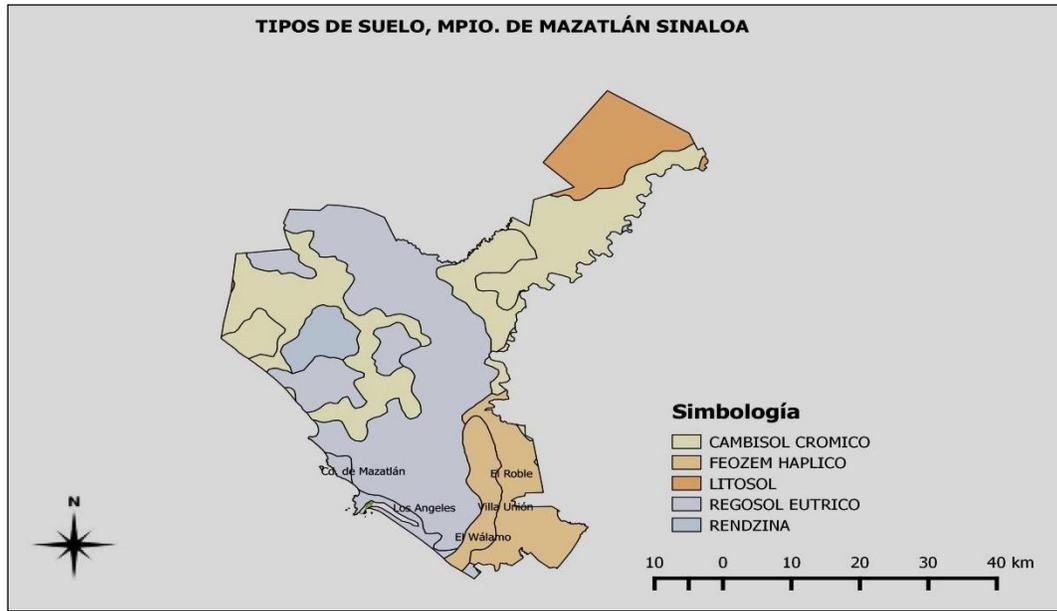


Figura 3.3 Distribución de tipos de suelo, municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia empleando QGIS

▪ Uso de suelo y vegetación

Dentro de la vegetación natural se puede encontrar:

- ✓ Manglar
- ✓ Vegetación halófila y gipsófila en la costa
- ✓ Selva caducifolia y subcaducifolia, hacia la llanura costera y Pie de Monte
- ✓ Selva mediana caducifolia y subcaducifolia
- ✓ Selva baja espinosa
- ✓ Pastizal inducido y cultivado
- ✓ Bosques de encino, bosques de pino y bosques de pino-encino hacia la zona montañosa

En el municipio de Mazatlán se tienen los siguientes usos del suelo:

- ✓ 201.1 hectáreas sin vegetación aparente
- ✓ 355.5 hectáreas que comprenden los cuerpos de agua
- ✓ 8000 hectáreas de correspondientes a asentamientos humanos

▪ Hidrología

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Mazatlán, los dos cauces principales que cruzan el municipio son: El Quelite y el Presidio.

Río El Quelite

- ✓ Nace en San Ignacio y desemboca en Punta Roja en el Golfo de California
- ✓ Cuenta con una longitud de aproximadamente 100 km
- ✓ Presenta un área de captación (cuenca) de aproximadamente 835 km²
- ✓ Tiene un escurrimiento promedio anual de 107 millones de m³

Río El Presidio

- ✓ Nace en la Sierra Madre Occidental
- ✓ Su cuenca de captación tiene una superficie de 4,400 km²
- ✓ Presenta un escurrimiento anual de 900 millones de metros cúbicos
- ✓ Cuenta con una longitud de 167 km
- ✓ Abastece a la presa Picachos, en sus límites con el municipio de la Concordia.

Otros cuerpos de agua

El Arroyo Jabalines y estero El Infiernillo, son dos cuerpos de agua que dividen a la ciudad de Mazatlán. En años anteriores el estero El Infiernillo, ha dado origen a la formación de asentamientos humanos mediante el relleno de parte de su embalse.

Así mismo esteros como El Camarón y Urías son amenazados por la contaminación debido al vertido de descargas industriales y/o de escurrimientos de lixiviados originados en el tiradero “El Basurón”, respectivamente.

▪ Hidrogeología

De acuerdo con el Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán⁹ la presencia de acuíferos está en función de la permeabilidad de materiales consolidados y no consolidados, esto debido a la caracterización física, y deformación estructural, asignándose en función de estas los siguientes tipos de permeabilidad: alta, media y baja.

Permeabilidad alta

Esta zona se localiza hacia lo que es el Valle de Villa Unión, compuesta por sedimentos continentales limo-arenosos del cuaternario, así como productos derivados de la erosión y del intemperismo de rocas circundantes.

⁹Plan Director de Desarrollo Urbano 2005-2015, Ayuntamiento del Municipio de Mazatlán, Sinaloa; MEXICO

Otra zona conocida como Valle de Recreo, se compone por material aluvial –arenoso, lo cual origina acuíferos libres explotados mediante pozos y norias. [Ver tabla 3.1]

Tabla 3. 1 Características de los acuíferos con permeabilidad alta

Zonas con una permeabilidad alta		
	Valle de Villa Unión	Valle de Recreo
Tipo de acuífero	Libre	Libre
Nivel estático	3 y 14 metros	2 y 6 metros
Calidad de agua	Dulce [Ca, Mg, Na, CaCO ₃]	Dulce [Ca, Mg, Na, CaCO ₃]
Uso principal	Riego y Doméstico	Doméstico

Fuente: Información tomada del Plan Director de Desarrollo Urbano 2005-2015, Ciudad de Mazatlán

Permeabilidad media

Este tipo de permeabilidad se localiza hacia lo que es la planicie costera, y consta de zonas de lomeríos con agrupación de areniscas y conglomerados de baja compacidad. Así mismo existe la presencia de depósitos de fragmentos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, así como la presencia de dunas transversales formadas por suelo eólico de sedimentos arenosos. [Véase tabla 3.2]

Tabla 3. 2 Características de los acuíferos con permeabilidad media

Zona con permeabilidad media	
	Planicie costera
Tipo de acuífero	Libre
Nivel estático	2 a 2.5 metros
Calidad de agua	Dulce [Ca, Mg, Na, Na ₂ CO ₃]
Uso principal	Doméstico

Fuente: Información tomada del Plan Director de Desarrollo Urbano 2005-2015, Ciudad de Mazatlán

Permeabilidad baja

Materiales no consolidados

Se ubican en la zona periférica de Mazatlán, recorriéndose hacia los valles del Presidio, la Noria y Mármol. Estos suelos que se encuentran en esta zona son del tipo eólico, palustre y lacustre; así como depósitos de conglomerado, y conglomerado con arenisca. En esta zona no existe información sobre existencia de acuíferos.

Materiales consolidados

Este grupo involucra tipos de rocas ígneas intrusivas principalmente así como de tipo extrusiva en menor medida, rocas de tipo sedimentario y metamórfico.

Tabla 3. 3 Características de los acuíferos con permeabilidad baja

Zona con permeabilidad baja	
	Materiales consolidados
Tipo de acuífero	Casos escasos
Nivel estático	3 a 13.6 m
Calidad de agua	Dulce a salada
Uso principal	Doméstico y pecuario

Fuente: Información tomada del Plan Director de Desarrollo Urbano 2005-2015, Ciudad de Mazatlán

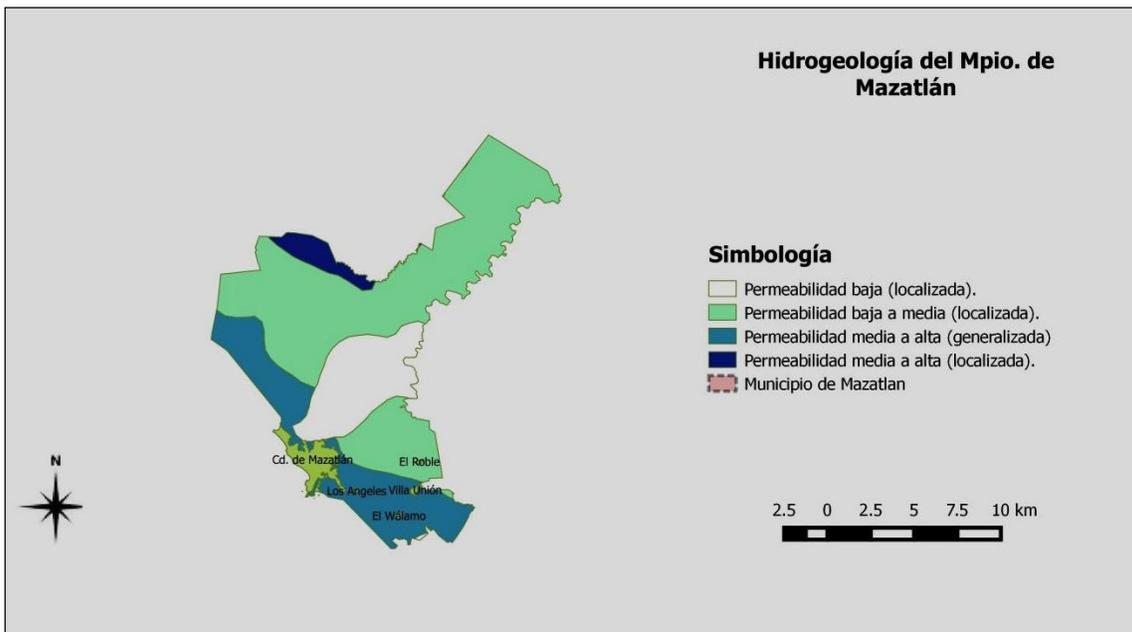


Figura 3.4 Distribución de tipos de permeabilidad, municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia empleando QGIS

- Topografía

El suelo de la ciudad de Mazatlán, representa una península formada por reducidos llanos artificiales y pequeñas colinas con elevaciones de 10 a 80 m.

De esta manera el perfil del terreno se puede acotar como plano, solamente con pequeñas montañas como Loma Atravesada, Casa Mata y Nevería.

3.2 Medio socioeconómico

- Población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la población del municipio de Mazatlán fue de 438 434 habitantes distribuida en 368 localidades. La ciudad de Mazatlán cuenta con un total de 381,583 habitantes aproximadamente, correspondiente al 87% de la población.

Adema de la ciudad de Mazatlán destacan: Villa de Unión con 13,404 habitantes, El Walamo 3,085 y el Roble 2,627 que en conjunto representan el 3.9% del total.

- Estructura urbana

La ciudad de Mazatlán está conformada por 187 fraccionamientos, 141 colonias, 5 unidades habitacionales y un conjunto habitacional, dando un total 334 asentamientos regulares registrados, comprendiendo un total de 7,895.3ha las cuales se distribuyen bajo los siguientes usos de suelo: comercio, servicios e industria y residencia (habitacional) principalmente.

- Actividades económicas

De acuerdo al Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán, las principales actividades económicas que se desarrollan en Mazatlán son:

- ✓ Embarque de mercancías
- ✓ Cruceros turísticos
- ✓ Comerciales
- ✓ Pesqueras
- ✓ Industria manufacturera
- ✓ Servicios turísticos

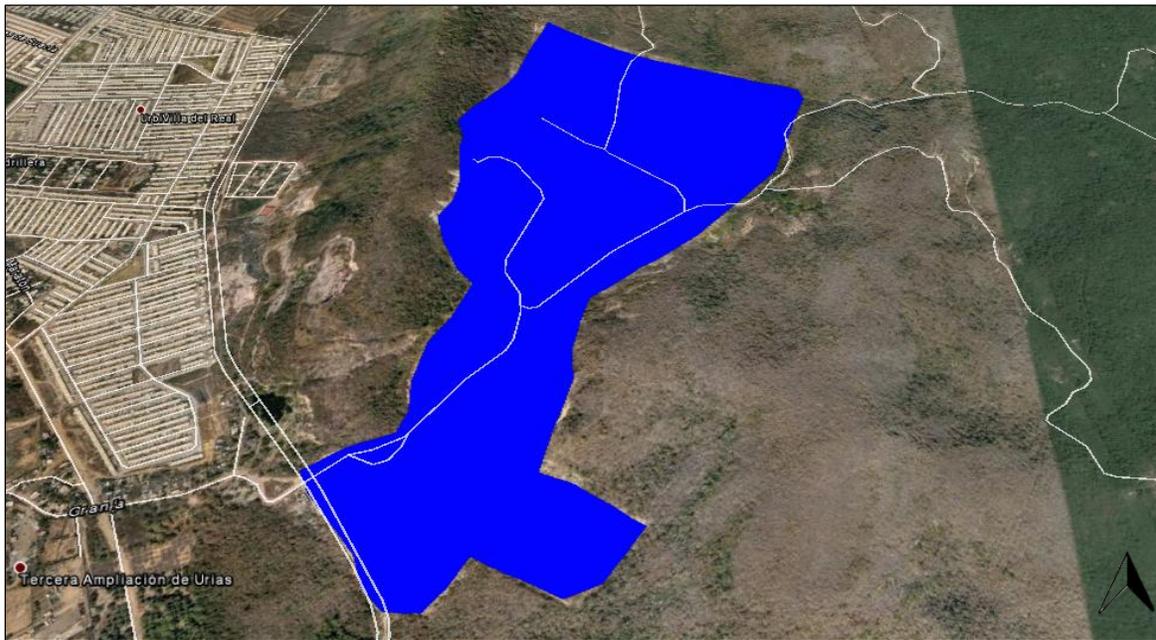
3.3 Manejo de residuos en el Municipio de Mazatlán Sinaloa

3.3.1 Tiradero actual

- Ubicación

El sitio de disposición final conocido como “El Basurón” se localiza hacia el sureste de la ciudad de Mazatlán, a un costado de la autopista federal número 15 Tepic-Mazatlán.

Geográficamente el polígono que define dicho SDF, se ubica entre las coordenadas siguientes: latitud $23^{\circ}12'57.37''N$ y longitud $106^{\circ}21'29.09''O$.



*Figura 3.5 Ubicación del SDF, “El Basurón”
Fuente: Google Earth, modificada por el autor*

De acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, Sinaloa, (Secretaría de Desarrollo Social, 2008¹⁰) el tiradero cuenta con un superficie de 14.4 hectáreas, con un tiempo de operación superado.

El Basurón es así un tiradero a cielo abierto, generador de problemas tales como escurrimientos de los lixiviados generados por la descomposición de los residuos hacia los mantos freáticos y cuerpos de agua aledaños, así como de malos olores que se dispersan generando el malestar de poblaciones aledañas.

¹⁰ Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, Sinaloa; elaborado por la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), bajo el acuerdo para la Agencia Nacional por el Turismo

3.3.2 Condiciones actuales del SDF

Según cifras proyectadas en la nota periodística “El Basurón, una bomba que amenaza a la ciudad¹¹”, se generan 600 toneladas de basura todos los días las cuales son vertidas en el “Basurón”.

De la cual en porcentaje por tipo de residuo se tienen los siguientes:

- 10% son plásticos generados en hogares.
- El 54% son desechos sólidos municipales de tipo orgánico.
- 2% es vidrio
- El porcentaje restante involucra otro tipo de residuos, el cual se desconoce.

Esta nota enfatiza, que el municipio ya ha recibido de diferente manera una serie de sanciones a partir de la contaminación generada por dicho tiradero.

A partir de una visita al sitio realizada por el Ing. Antonio Jacintos Nieves¹² se obtuvieron las siguientes imágenes las cuales muestran las condiciones actuales del tiradero.

1. No existe una capa impermeable, ni una franja de amortiguamiento



*Figura 3. 6 Vista del perímetro actual del tiradero
Fuente: Proporcionada por Ing. Antonio Jacintos Nieves*

¹¹Regalado, B. (2015, 28 de Marzo). Basurón una bomba que amenaza la ciudad. El Debate

¹² Ing. Antonio Jacintos Nieves. Responsable del proyecto “Manifestación de Impacto Ambiental, “El Basurón”

2. Existe la presencia de fauna nociva



Figura 3. 7 Puesta de aves en el tiradero actual
Fuente: Proporcionada por Ing. Antonio Jacintos Nieves

3. No se cuenta con un sistema de captación y conducción de lixiviados.



Figura 3. 8 Filtración de lixiviados en el subsuelo
Fuente: Proporcionada por Ing. Antonio Jacintos Nieves

4. No existe un sistema de captación y aprovechamiento del biogás generado.



*Figura 3.9 Pozo de extracción y quema de biogás
Fuente: Proporcionada por Ing. Antonio Jacintos Nieves*

Existe la iniciativa del gobierno municipal de clausurar el sitio y rehabilitarlo como área de recreación, y anexar al sitio actual una superficie de 20 ha, para la construcción y formación de un relleno sanitario que cumpla con los requerimientos necesarios para su construcción y operación.

Sin embargo, el crecimiento de la población se ha convertido en un problema, ya que crece hacia la zona sureste de la cabecera municipal siendo esta una situación incumplimiento del sitio actual y futuro.

Se recopilaron varias notas de diversos diarios locales lo cuales acotan la visión de especialistas respecto a lo que actualmente ocurre en dicho tiradero.

...“La autoridad presume al municipio, sobre los beneficios que se han alcanzado en turismo, seguridad, pero se olvidan del serio problema de contaminación al tener un Basurón a cielo abierto”- David Ocampo, presidente del Centro para la Educación Agrícola y Ambiental A.C (CEAA), ecologista. (Línea Directa (LD), El Noroeste “El Portal de Sinaloa”)

En la misma nota se menciona que existe...“la partida de 40 millones de pesos por parte de SEMARNAT para la construcción de las celdas en un nuevo relleno sanitario, sin que

existan alternativas para la localización de dicha obra” (Basurón una bomba que amenaza a la Ciudad, Periódico El Debate¹³)

De acuerdo a la misma nota periodística, el director de Servicios Públicos del Municipio en su momento, estableció que se buscan dichas alternativas con un promedio de superficie de 25 a 30 ha, teniendo un terreno comunal con dichas características el cual se descarta por encontrarse en una zona turística.

Otra opción que se consideró es un terreno localizado rumbo al Habalito del Tubo, pero este cuenta con el inconveniente que el crecimiento urbano está absorbiendo dicha zona.

Finalmente un punto muy importante por su impacto en cuanto a las consecuencias del manejo de los residuos depositados en el Basurón, es el conjunto de actividades relacionadas con la pepena de los subproductos como latas, botes y plásticos, actividad que permite a quienes se dedican a dicha actividad a la obtención de un ingreso económico. Siendo esta actividad prohibida para lo que sitios de disposición final, dado que la cubierta de la celda de trabajo diaria debe ser inmediata al tiro por parte de los vehículos recolectores o de transferencia.



*Figura 3.10 Pepenadores seleccionando los desechos junto a fauna nociva.
Fuente: Basurón, una bomba que amenaza a la ciudad”, “El Debate*

¹³Regalado, B. (2015, 28 de Marzo). Basurón una bomba que amenaza la ciudad. El Debate

4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.1 Definición

Existen varias acepciones para poder definir un Sistema de Información Geográfica (SIG), de esta manera se pueden establecer las siguientes:

Bosque (1997), refiere que los SIG deben...“*entenderse como una **caja de experimentación**; la cual permite a un analista o gestor territorial trabajar o plantearse diferentes escenarios virtuales de una determinada región, por una parte los que producirían con la ejecución de ciertas políticas o los que ocurrirán siguiendo determinadas tendencias*” (citado por Gómez M. et al 2005)

Así mismo Aronof (1991) definió a un SIG como “*Un sistema basado en el ordenador (CBS) que proporciona los cuatro siguientes conjuntos de capacidades para el manejo de datos georreferenciados: entrada de los datos, gestión de los datos (almacenamiento y recuperación), manipulación y análisis, y salida de datos*” (citado por Gómez M. et al 2005)

Una definición proporcionada por la National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) es la siguiente: “*Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión*” (1990) (citado por Gómez M. et al 2005)

De esta manera, todas las acepciones anteriores dirigen a un aspecto fundamental: siendo tal un proceso de gestión y operación de datos (diferentes etapas), específicamente en un ámbito de planificación o bien reordenamiento territorial.

4.2 Aspectos generales de un SIG

- Elementos de un SIG

Maguire (1991) (citado por Gómez M. et al 2005), define cuatro elementos que conforman un SIG:

1. Hardware, la parte física del sistema
2. Software, la parte lógica del sistema
3. Datos, la información que nutre al sistema

4. Liveware, la parte operativa del sistema: el diseñador, el implementador y el usuario.

- Funciones de los SIG

Las funciones de los SIG, pueden agruparse en los siguientes conjuntos:

- a) Entrada de información.
- b) Gestión de datos.
- c) Transformación y análisis de datos.
- d) Salida de datos.

Cada uno de los conjuntos anteriores involucra un grupo de operaciones, sobre las cuales se debe tener específicamente un conjunto de reglas que permitan obtener los resultados esperados.

De esta manera el presente trabajo, consiste en aplicar los cuatro conjuntos para el análisis que se persigue.

4.3 Estructura de los SIG y capas temáticas

Los datos espaciales contenidos en un SIG han de definirse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, los cuales se representan a través de variables temáticas.

De esta manera los datos espaciales al constituir un tema específico, se representan por una capa o estrato, las cuales pueden ser: puntos, líneas (arcos), áreas (polígonos) o bien celdas (píxeles), siendo los formatos: vectorial o ráster respectivamente.

Por lo tanto un objeto espacial queda definido por las siguientes 3 características principales:

- Posición (localización absoluta X,Y)
- Relación topológica (localización relativa en relación con otros objetos espaciales)
- Atributos (características temáticas de cada objeto espacial).

La representación de la información espacial a través de un SIG, puede suceder mediante dos tipos de modelos: vectorial y ráster.

4.3.1 *Modelo vectorial*

Este modelo permite describir el espacio mediante áreas (polígonos), que a su vez están formadas por un conjunto de líneas que sirven de límites hacia cada frontera del espacio, mientras que las líneas quedan representados por una par de conjuntos de puntos que corresponden a los vértices, y finalmente los vértices o puntos se encuentran asociados a una coordenada (X, Y).

4.3.2 *Modelo ráster*

A diferencia del modelo vectorial, este modelo representa el espacio mediante un conjunto de unidades llamadas celdas o píxeles. Estas forman unidades homogéneas de información espacial, las cuales establecen su localización mediante un sistema de referencia en filas y columnas.

4.3.3 *Operaciones básicas entre capas*

De manera general en el manejo de archivos tipo: vectorial (shape file “.shp”) y ráster (archivo .rst), se pueden encontrar las siguientes operaciones independientemente del modelo que se desee utilizar.

1. Entrada de la información.
2. Mantenimiento, recuperación y análisis de la información temática:
 - Edición de los atributos.
 - Interrogación de atributos.
 - Recuperación por especificación simbólica.
 - Recuperación por condiciones numéricas o lógicas.
 - Análisis estadístico de los atributos.
 - Filtrado de los datos.
3. Mantenimiento, recuperación y análisis de la información espacial.
 - Recuperación mediante especificación de dominio espacial.
 - Recuperación por condición geométrica.
 - Búsqueda espacial entre estratos temáticos.
 - Transformaciones geométricas.
 - Transformaciones de proyecciones geométricas.
 - Edición de elementos geométricos.
4. Análisis integrado de datos espaciales y temáticos
 - Recuperación.

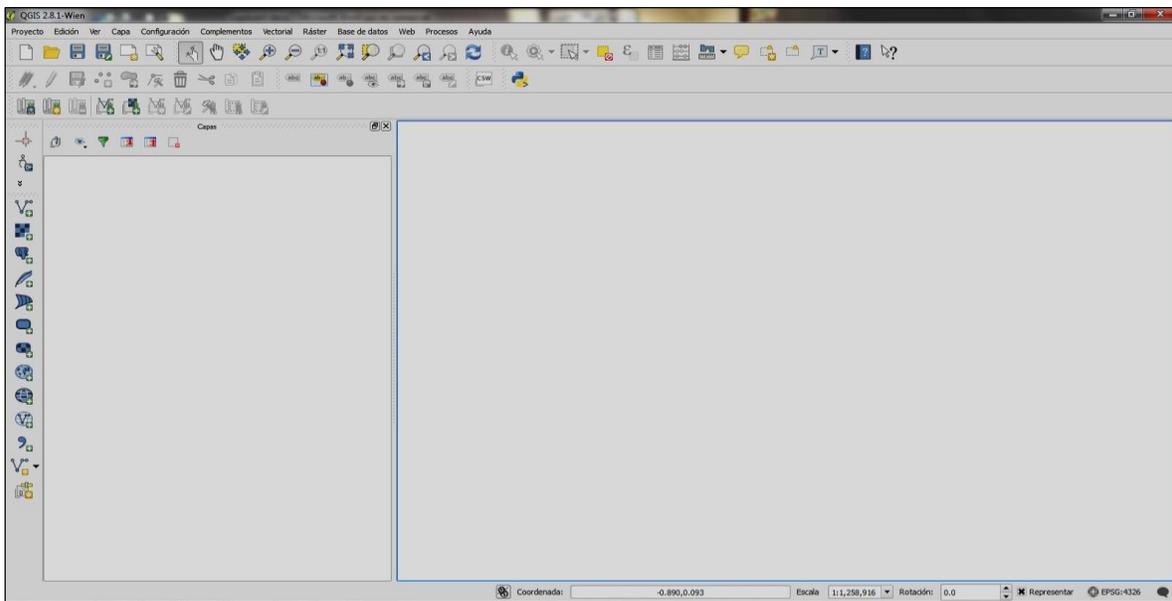
- Superposición.
 - Operaciones de vecindad.
 - Operaciones de conectividad.
5. Modelado cartográfico y espacial.
 6. Salida de datos.

5 EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

5.1 Sistema de Información Geográfica: QGIS

El presente estudio se realizó empleando el software de SIG de código abierto Quantum Gis (QGIS versión 2.8.1).

Al ser de código abierto, QGIS recibe contribuciones de manera codificada de corrección de errores, de documentación, legal y de soporte por parte de todos los usuarios interesados en contribuir a la mejora. Lo anterior hace que existan actualizaciones de manera constante, que a su vez permitan la resolución de diversos proyectos. La figura 5.1 presenta la interfaz general de QGIS.



*Figura 5. 1 Interfaz general de QGIS
Fuente: Tomado de QGIS*

5.2 Descarga de insumos de información

Para el presente trabajo la información de capas temáticas en formato vectorial (shape “.shp”) está asociada a cada una de las especificaciones para la selección de sitios (SDF) acotadas en el PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003 (Capítulo 6 “Especificaciones de selección de sitio”, Apartado 6.1 Restricciones para la ubicación del sitio). La tabla 5.1

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

muestra las capas temáticas disponibles en formato shape que se refieren a las especificaciones de la NOM 083.

De esta manera la información recopilada se encuentra disponible en sitios oficiales de dependencias gubernamentales tales como:

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), dependiente de la SEMARNAT.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

Tabla 5. 1 Especificaciones de SDF disponibles en páginas de dependencias gubernamentales

Especificación de selección de sitio	Fuente de descarga
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse como mínimo a una distancia mayor o igual a los 15 km de aproximación de la cabecera de la(s) pista(s) de un aeropuerto. 	<p>La capa descargada fue aeropuerto.shp desde el portal de INEGI, a través de la siguiente dirección electrónica:</p> <p style="text-align: center;">http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/topografia_1m.aspx</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un SDF no se debe ubicar dentro de áreas naturales protegidas. 	<p>La capa que se descargó fue la siguiente: 177ANP_Geo_itr92_version_julio_2015.shp (áreas naturales protegidas)</p> <p style="text-align: center;">http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano. 	<p>Las capas descargadas fueron las siguientes:</p> <p>República Mexicana (31 estados y un Distrito Federal). destdv1gw.shp (división política)</p> <p>Áreas geo estadísticas municipales, para ubicar el municipio de Mazatlán (caso de estudio). muni_2012gw.shp</p> <p>Ambas capas fueron descargadas del sitio de la CONABIO: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/</p> <p>Localidades con más de 2 500 habitantes que contiene nombres de calles, ubicación de los principales servicios. A través de INEGI: 702825609467_s.shp (localidades urbanas de Mazatlán)</p>

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825609467	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas. 	<p>Marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios</p> <p>RAMSAR142_Mexico_geoITRF92_Mayo15.shp (humedales, estuarios)</p> <p>http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm</p> <p>Fracturas y fallas geológicas, la capa temática; Fallasfracturas.shp (fallas y fracturas) del sitio:</p> <p>http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/geologia/infoescala.aspx</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El SDF no deberá ubicarse en zonas arqueológicas, o sitios de valor cultural (religioso, histórico, tradicional) 	<p>La capa descargada corresponde a sitios de interés turístico, respecto a sitios arqueológicos en México.</p> <p>http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/topografia_1m.aspx</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo. 	<p>CorrienteAgua.shp (corrientes de agua caudal continuo) y cuerposAgua.shp (cuerpos de agua superficiales)</p> <p>http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/hidrologia/infoescala.aspx</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados. 	<p>Las capas descargadas corresponden a: Zonas de veda en México</p> <p>http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/MenuKMZ.html</p>

Fuente: Elaboración propia, con base en la información tomada del PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003; Agosto 2015

5.3 Introducción de capas de información (datos)

De manera genérica la operación de capas vectoriales en QGIS, se desarrolla mediante cualquiera de las siguientes formas o rutas de ingreso:

- Menú **Vectorial/Añadir capa/ (seleccionar la capa temática a abrir) en formato shape (.shp)**
- Desde el icono **Añadir capa vectorial**  dentro de la cinta de opciones de nombre **Capas**

Dado que la representación de la información espacial a través de capas vectoriales se genera a partir de: puntos, líneas y polígonos (áreas), se recomienda que el orden de dichas capas sea en el orden siguiente:

1. Puntos
2. Líneas
3. Polígonos

Lo anterior tiene la finalidad que el SIG, permita observar cada uno de los elementos descritos, siendo cualquier tipo de información que se esté trabajando.

La descarga de información (capas temáticas) de diferentes dependencias federales o sitios en la red validados, requieren que exista compatibilidad entre las capas.

Entre las principales operaciones que pueden solucionar la incompatibilidad se encuentran las siguientes.

5.3.1 Operaciones de gestión de datos

Como se describió en el apartado anterior la descarga de capas de diferentes sitios, genera en ocasiones la incompatibilidad de atributos, siendo la principal causa la diferencia entre sistemas de proyección o referencia espacial.

De esta manera durante la operación de las capas se encontraron diferentes sistemas de proyección asociadas a cada una; sin embargo, lo anterior se solucionó a partir de la herramienta “Definición de la proyección actual” que se encuentra dentro del submenú “Gestión de Datos”

- Definición de la proyección actual

El sistema de referencia utilizado, es el WGS84 el cual pertenece a la capa de trabajo principal que hace referencia al municipio de Mazatlán.

De las dos formas de salida del sistema de referencia espacial que tiene esta herramienta se seleccionó la siguiente: definir sistemas de referencia a partir de una existente.

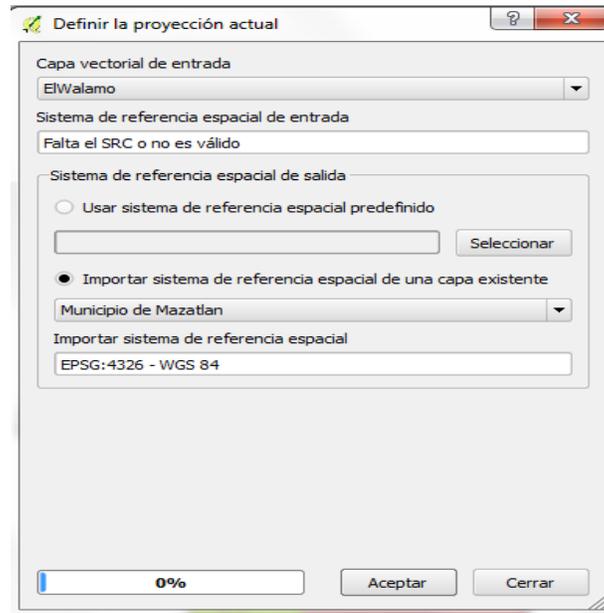


Figura 5. 2 Ventana de edición, herramienta “Definir la proyección actual”
Fuente: Interfaz de QGIS



Figura 5.3 Sistema de referencia asociado a la capa vectorial municipio de Mazatlán
Fuente: Interfaz de QGIS

5.3.2 Operaciones de geoprocreso

Las operaciones de Geoprocreso se basan principalmente en la obtención de los resultados a partir la manipulación de las capas de entrada, de esta manera con base en que el presente estudio tiene como finalidad verificar el cumplimiento de una norma conforme a ciertas

especificaciones o características, se describen a continuación las principales herramientas utilizadas.

- Buffer

Esta herramienta implica la obtención de áreas de influencia de un elemento: punto, línea o área. Por lo tanto de acuerdo al apartado de especificaciones para selección de sitios de disposición final, existen algunas que basan su cumplimiento en la proximidad (cercana o lejana) entre el elemento y el sitio a verificar.

Conforme a la descripción anterior el procedimiento consistió, en que a partir de cada especificación que lo involucrara se estableció la distancia mínima que debe cumplir cada restricción con base a la norma.

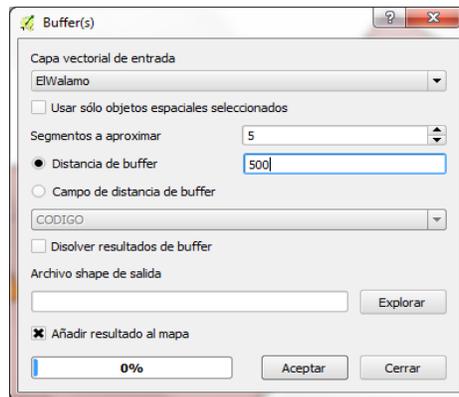


Figura 5.4 Ventana principal de edición, herramienta “Buffer”

Fuente: Interfaz de QGIS

- Intersección

Si bien el principal análisis que se empleó es la proximidad entre elementos y sitio actual o alternativo, una herramienta que permite obtener aquellas áreas en las cuales existe cumplimiento de atributos es la denominada intersección.

Esta operación se aplicó al sobreponer las capas a las cuales se les aplicó un buffer, y con ello poder visualizar los elementos comunes entre lo que es el municipio, las especificaciones y el sitio de disposición actual.

En QGIS, la intersección al igual que la mayoría de las operaciones de geoprocésos solamente se puede realizar mediante pares de capas, por lo cual el procedimiento que se siguió fue intersecar aquellas capas que se necesitarán con la capa del Municipio de Mazatlán.

Posteriormente mediante un análisis visual, relacionar aquellas capas que intersecan con la capa realizada para el Basurón.

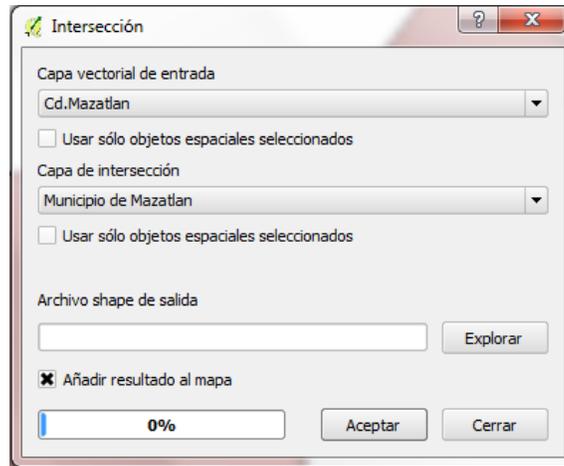


Figura 5.5 Ventana principal de edición, herramienta “Intersección”
Fuente: Interfaz de QGIS

- Diferencia simétrica

Si bien es necesario encontrar información compatible entre capas, también será necesario encontrar aquella que no es común (opuesto a intersección). Al igual que la intersección esta operación servirá para poder verificar algunas restricciones operadas previamente mediante zonas buffer o bien intersección.

5.3.3 Manipulación de la tabla de atributos

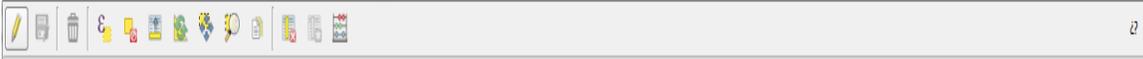
La manipulación de la tabla de atributos se da principalmente cuando se desean agregar atributos o campos dentro de una capa temática. Esta operación es única para cada capa o elemento de estudio.

La edición de la tabla de atributos, queda definida de acuerdo a la conveniencia del editor, de esta manera las operaciones consistieron en modificar las capas a fin de minimizar la cantidad de información de origen.

El orden en cuanto a la manipulación de la tabla de atributos, consiste en lo siguiente:

1. Activar la casilla “Conmutar edición”
2. Utilizar la calculadora de campos, la cual permite operar un conjunto de datos a partir del uso de diferentes tipos de relaciones principalmente lógicas; o bien

3. Seleccionar directamente los campos que se desean eliminar, o agregar aquellos atributos que se deseen adicionar a dicha tabla; mediante el uso de herramientas de edición que se presentan en dicha tabla.



*Figura 5.6 Barra de edición de la tabla de atributos, de una capa shape
Fuente: Interfaz de QGIS*

Finalmente se debe mencionar que al hacer uso de la edición de la tabla de atributos, mediante el uso de cualquiera de las opciones representa la modificación de la capa original; por lo cual se recomienda al hacerlo a través de una copia de la misma.

- Consideraciones que deben realizarse al operar capas shape

Cuando se realiza cualquiera de las operaciones de Geoproceso o de Gestión de datos, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ✓ El nombre de la una nueva capa, no incluirá ningún acento
- ✓ Puede incluir caracteres especiales tales como: guión bajo _
- ✓ Se recomienda utilizar una misma carpeta en cuanto a la información de origen y las capas resultantes, lo cual evitará generar errores en cuanto a la operación de las mismas.

Si bien, como se describió en su momento la información se adquirió de diferentes dependencias gubernamentales, pero existieron otras como la del tiradero el Basurón la cual fue obtenida mediante la creación de una capa formato (Keyhole Markup Language (.kml)), desde Google Earth.

Otras capas que se crearon en este formato, son las correspondientes a algunas vías de comunicación o caminos complementarios que no se encontraron en la capa de caminos descargada de INEGI.



*Figura 5.7 Tiradero actual “El Basurón” (color azul)
Fuente: Elaboración propia, en Google Earth*

Con todo lo anterior, el ingreso de las capas consistió en superponer cada capa desde lo general hacia lo particular, hasta poder tener una visualización de todos los elementos en función de las restricciones para selección de sitios.

Debe mencionarse que las capas originales operadas están asociadas a toda la República Mexicana, la cual representa inicialmente un gran volumen de información que se redujo a fin de contar solamente con la asociada por el municipio de Mazatlán en Sinaloa (empleando herramientas ya descritas), a fin de realizar los dos casos de estudio: verificación del sitio actual y evaluación de zonas para la ubicación de un sitio alternativo.

5.4 Capas resultantes

Con lo descrito anteriormente se obtuvieron las siguientes capas, verificación del cumplimiento del tiradero el Basurón conforme a la norma vigente, y evaluación de alternativas en las cuales se pudiera ubicar un nuevo sitio de disposición final que responda a las necesidades y requerimientos de lo que es un relleno sanitario.

Debe aclararse que en el estudio del cual partió este trabajo, las zonas susceptibles de verificar indirectamente por el SIG se indicaron por parte del promovente.

5.4.1 Zona de estudio

Esta capa corresponde a ubicar el estado de Sinaloa, para posteriormente el municipio de Mazatlán, y finalmente las localidades urbanas (mayores a 2500 habitantes) que se encuentran en dicha zona.

Por lo tanto para realizar dichas operaciones, estas siguieron el orden siguiente en cuanto a la superposición de las capas:

- ✓ **destdv1gw.shp** (división política)
- ✓ **muni_2012gw.shp** (áreas geoestadísticas municipales)
- ✓ **702825609467_s.shp** (localidades urbanas de Mazatlán)

Ingresando capa en el orden descendente, se tiene una apreciación muy complicada de la zona de estudio.

En la figura 5.8 se muestra el procedimiento por el cual, de la capa división política a través de la tabla de atributos se seleccionaron diferentes subconjuntos de un atributo a fin de eliminarlos y obtener lo que es el estado de Sinaloa. Estas operaciones se realizaron empleando la herramienta de calculadora de campos de QGIS, la cual utiliza diferentes tipos de operaciones lógicas para realizar dicha selección.

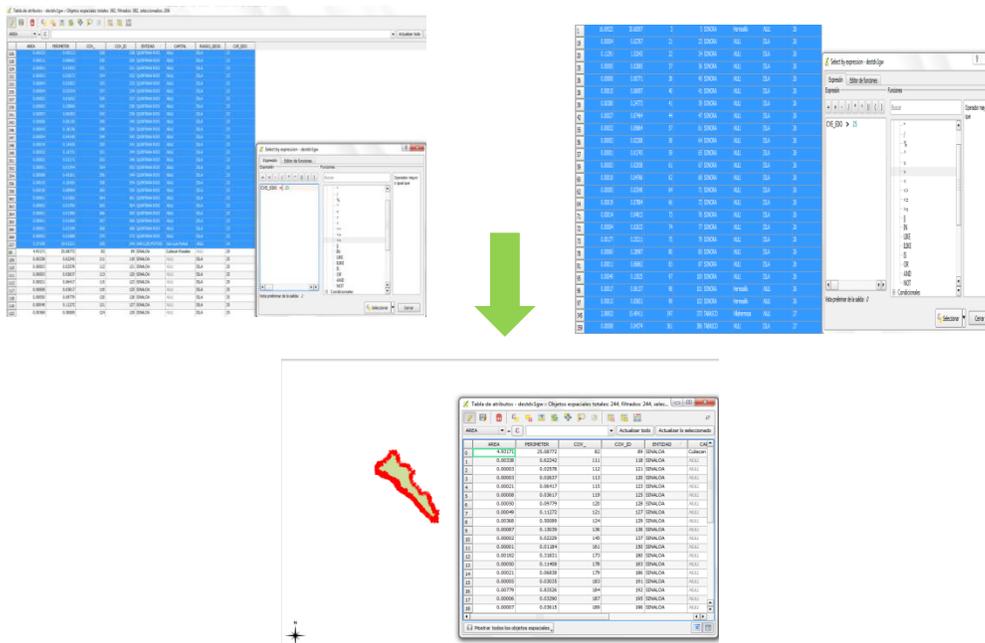


Figura 5.8 Operación de la tabla de atributos, empleando la calculadora de campos. Fuente: Interfaz de QGIS

Obtenido lo que es el municipio de Mazatlán, así como las localidades urbanas principales que lo integran; se ubicaron las capas correspondientes a las especificaciones ya descritas en el capítulo correspondiente conforme a lo siguiente.

5.4.2 Condiciones actuales del SDF “El Basurón”

Visualizando cada una de las especificaciones de forma particular, se obtuvieron las siguientes capas:

- Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse como mínimo a una distancia mayor o igual a los 15 km de la cabecera de la(s) pista(s) de un aeropuerto.

En el municipio de Mazatlán se localiza el Aeropuerto Internacional: Gral. Rafael Buelna localizado al sureste de la ciudad.

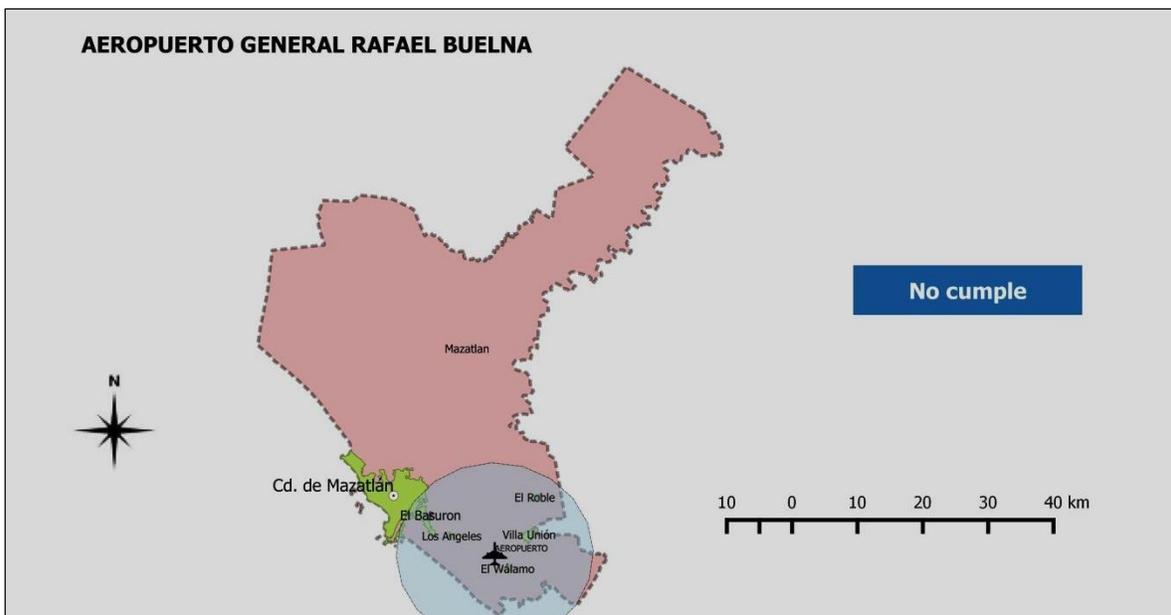


Figura 5.9 Ubicación del aeropuerto Gral. Rafael Buelna, radio de 15 km
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- Un SDF no se debe ubicar dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.

Dentro del municipio de Mazatlán se encuentran albergada la Meseta de Cacaxtla (Área Natural Protegida) la cual se ubica en el noroeste de la ciudad, siendo esta el albergue especies vegetales y animales en peligro de extinción de origen endémico. [Ver figura 5.10]

De la misma manera, frente a la costa de la ciudad de Mazatlán, islas pequeñas como Pájaros, Venados, Lobos, Crestón y Ocón e Isla de la Piedra (sur de la costa), cumplen un

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

papel de protección ambiental y/o zonas con potencial de desarrollo turístico. De esta manera las Islas Pájaros, Venados y Lobos cuentan con la declaratoria de reserva ecológica estatal por el Decreto de Reserva Ecológica y Refugio de Aves Marinas y Migratorias y de Fauna y flora Silvestre en 1991.

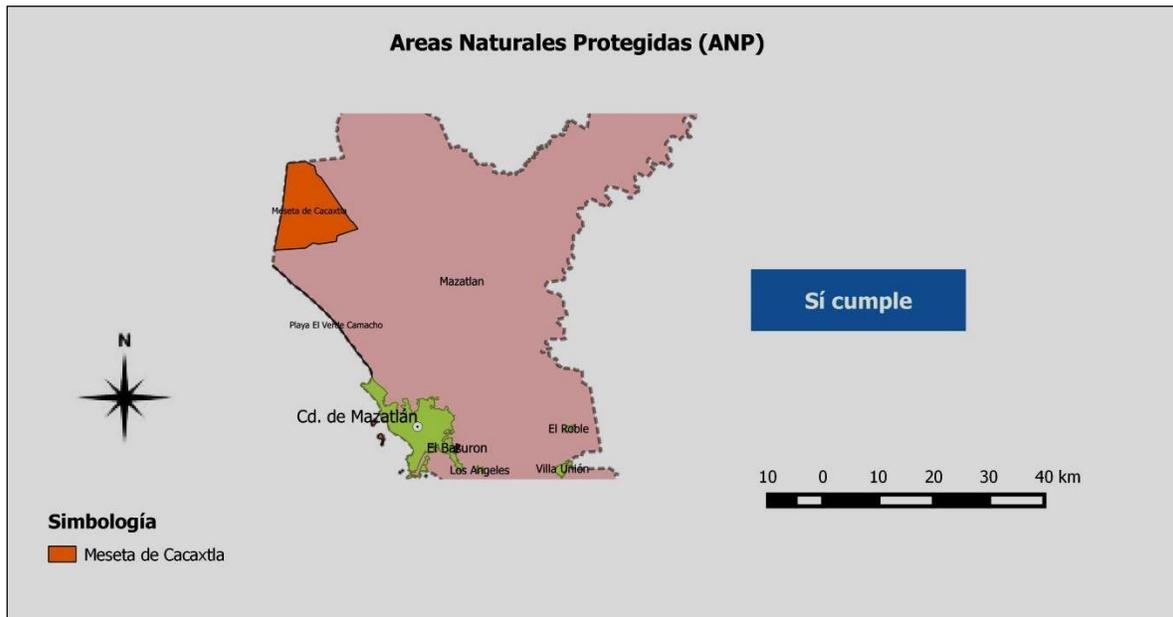


Figura 5.10 Ubicación de las ANP en el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros).

De acuerdo al Censo de Población de Mazatlán de 2010, las localidades más importantes respecto a concentración de población son:

1. Cd., de Mazatlán con 438,434 habitantes
2. Villa Unión con 13,404 habitantes
3. El Walamo con 3,085 habitantes
4. El Roble con 2,627 habitantes
5. Fraccionamiento Los Ángeles (desarrollo de interés social) con 6,282 habitantes

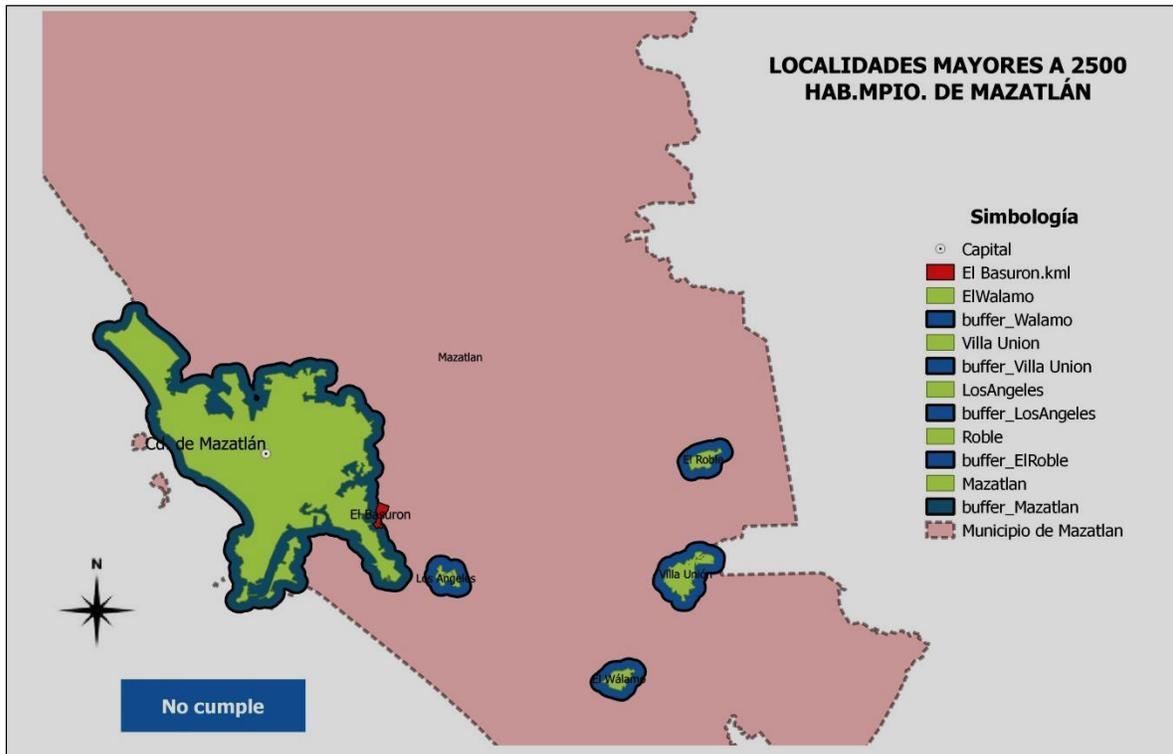


Figura 5.11 Ubicación de las localidades (mayores a 2500 hab) en el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.

La información que se encontró respecto a esta especificación en las dependencias ya mencionadas es:

✓ Zonas de humedales

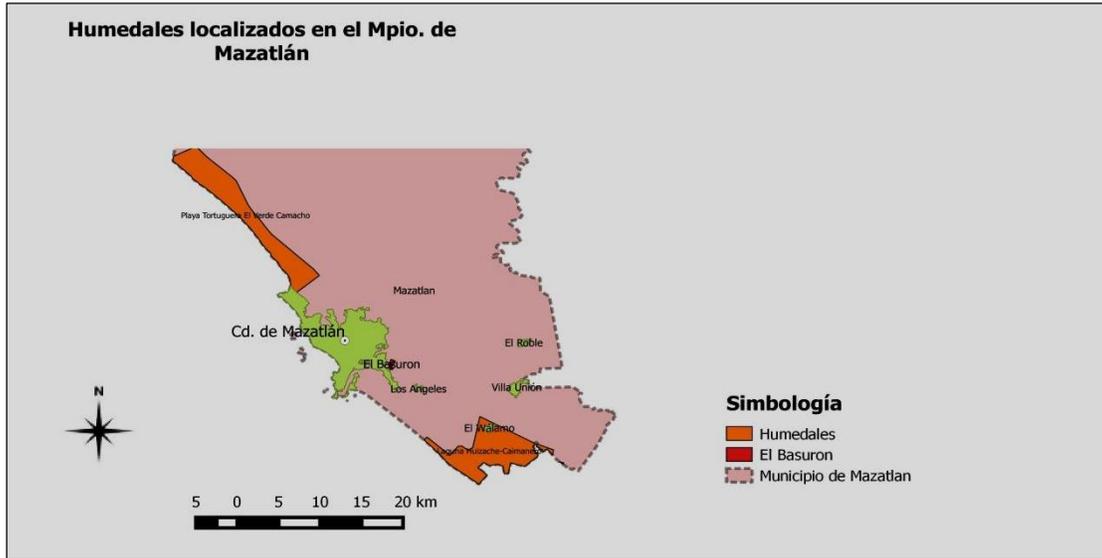


Figura 5.12 Humedales localizados en el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

✓ Fallas y fracturas geológicas

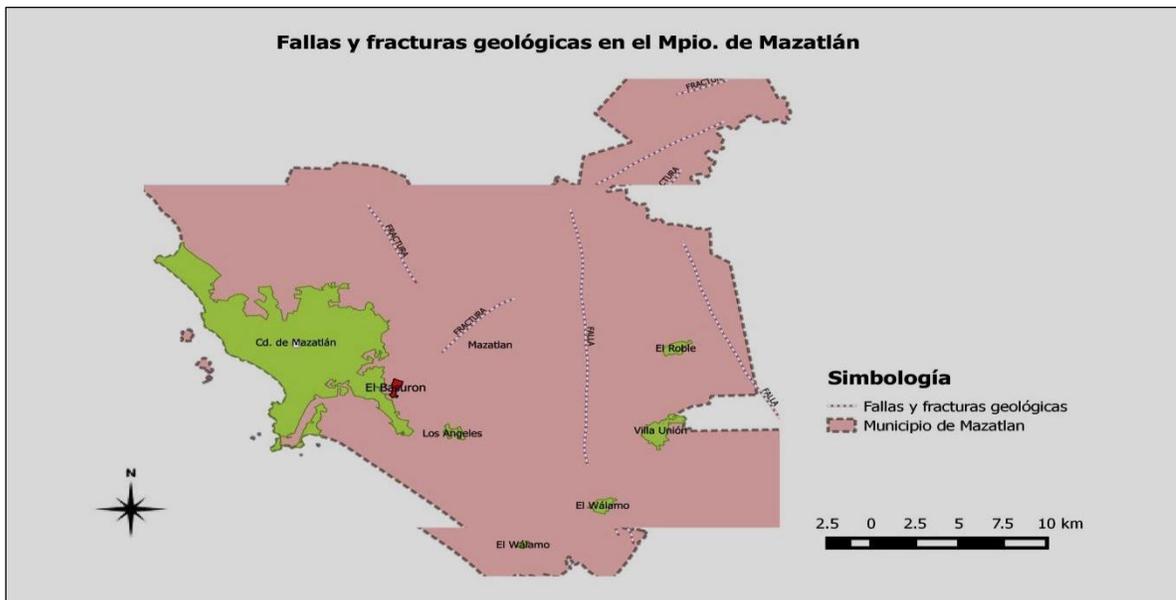


Figura 5.13 Principales fallas y fracturas que cruzan el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- ✓ Zona de recarga de acuíferos

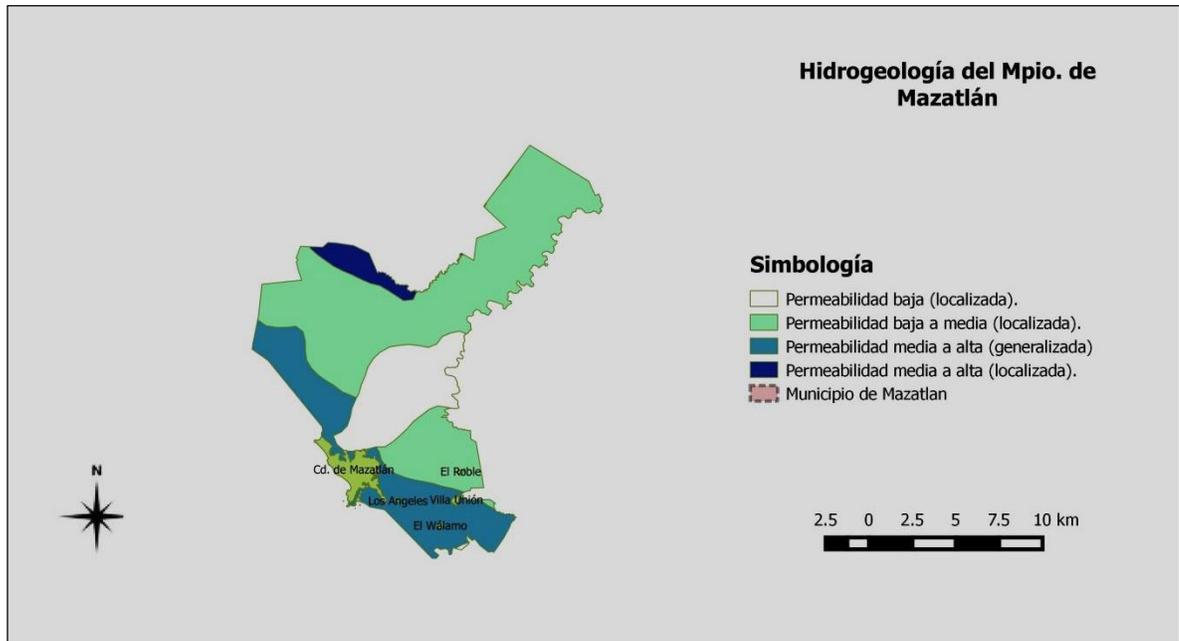


Figura 5.14 Hidrogeología del municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

Así mismo se muestra en la figura 5.15 una zona localizada al sureste de la Cd., de Mazatlán en la cual se ubica una zona de veda por decreto el cual se lee textualmente como sigue:

"DECRETO que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona del Estado de Sinaloa, que comprende parte del Municipio de Mazatlán", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de abril de 1962, el cual sólo aplica en una porción del acuífero actualmente identificado como Río Presidio, clave 2509" (Diario Oficial de la Federación, 1962¹⁴)

De esta forma se observa que el Basurón se encuentra ubicado en la zona de veda por lo cual demuestra otro factor de incumplimiento.

¹⁴ Decreto Oficial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Abril de 1962.

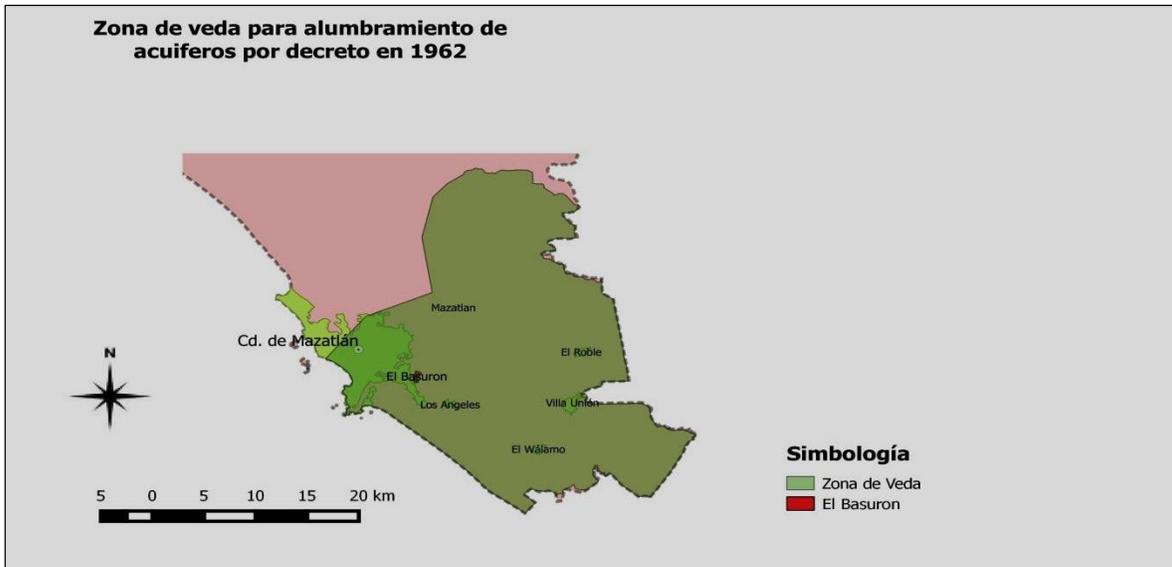


Figura 5.15 Zona de veda por decreto en el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- No deberá ubicarse en zonas arqueológicas, o sitios de valor cultural (religiosos, o tradicionales)

De acuerdo a la capa descargada de INEGI, en la zona de estudio no se encuentran zonas arqueológicas o de valor cultural representadas. [Ver figura 5.16]

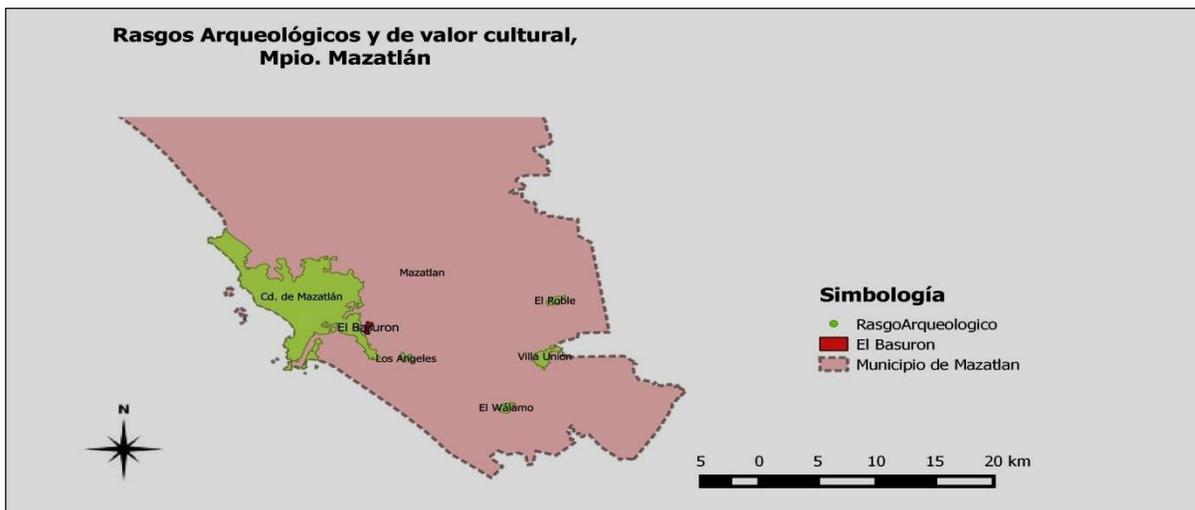
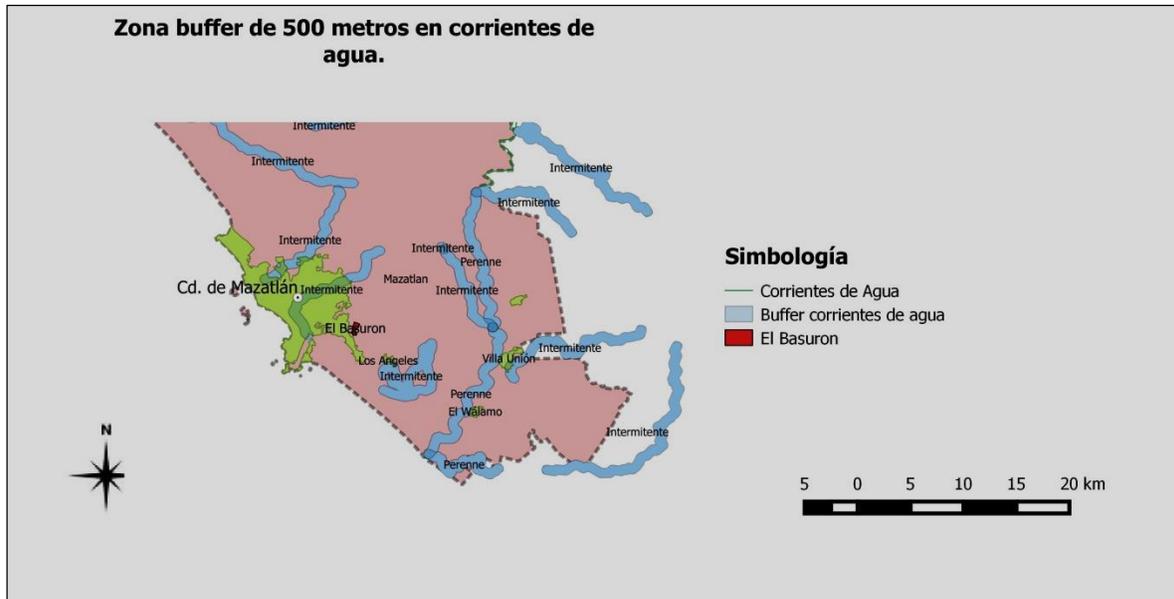


Figura 5.16 Zonas arqueológicas y de valor cultural en el municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.

Dentro del municipio de Mazatlán corren dos tipos de corriente: aquellas de tipo perenne, con la peculiaridad de correr todo el año y; las de tipo intermitente que solamente corren en ciertas épocas del año generalmente en periodo de lluvias.



*Figura 5.17 Corrientes y cuerpos de agua del municipio de Mazatlán
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS*

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

La tabla 5.2, resume el grado de cumplimiento de las especificaciones de la NOM 083.

Tabla 5. 2 Cumplimiento de la NOM 083 del SDF el Basurón Sinaloa

Especificación	Cumplimiento de la NOM 083	Observaciones
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse como mínimo a una distancia mayor o igual a los 15 km de la trayectoria de aproximación de la cabecera de las pistas del aeropuerto. 	No se cumple.	Si bien el tiradero inicio su operación antes de la construcción del aeropuerto, es de notarse que no existieron los estudios pertinentes para la ubicación del tiradero.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un SDF no se debe ubicarse dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas. 	Cumple	Los únicos sitios encontrados bajo esta descripción no se encuentran próximos al tiradero.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros). 	No cumple	La mancha urbana de la Cd. De Mazatlán crece hacia el área que ocupa el Basurón, por lo que es inviable la construcción de un relleno anexo al actual.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas. 	Respecto a fallas o fracturas geológicas: Cumple Respecto a zona de recarga de acuíferos: no cumple	El tiradero actual no existe ninguna falla o fractura geológica. De acuerdo al tipo de permeabilidad el Basurón se encuentra en una zona con alto potencial en cuanto a recarga de acuíferos.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No deberá ubicarse en zonas 	Cumple	En este caso, no existen zonas

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DEL BASURÓN Y SITIOS ALTERNOS

arqueológicas, o sitios de valor cultural (religiosos, u otros tradicionales)		arqueológicas o de valor cultural dentro del municipio.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo. 	Cumple	No existen corrientes perennes que crucen el tiradero actual, así como su zona de influencia.

Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Evaluación de Alternativas

Habiendo verificado que el tiradero actual conocido como el Basurón, no cumple con los requisitos que establece la NOM 083 descritos, la siguiente etapa consistió evaluar mediante el software de SIG algunas zonas que puedan cumplir para la posible ubicación de un nuevo SDF.

Se llevó a cabo un análisis utilizando el software de SIG, con la intención de identificar zonas factibles para la ubicación de un nuevo SDF, empleando el siguiente procedimiento:

A partir del análisis de condiciones actuales, se desprende lo siguiente:

La zona sur y sureste respecto a la Ciudad de Mazatlán, se descarta para la ubicación de posibles alternativas dado que:

- Las 5 poblaciones con población mayor a 2500 habitantes se encuentran en dicha zona (el crecimiento urbano se extiende a dicho extremo), así mismo los sitios de valor cultural se encuentran inmersos dentro de dichas localidades lo que reafirma el cumplimiento de la restricción sobre sitios arqueológicos, de la misma forma en tal franja se localiza el aeropuerto por lo tanto la etapa siguiente del análisis siguiente corresponderá a evaluar los siguientes criterios:
 1. Áreas Naturales Protegidas
 2. Zonas de baja permeabilidad para la recarga de acuíferos
 3. Cuerpos y corrientes de agua en la zona

4. Fallas y fracturas geológicas

Así mismo se consideró conveniente incluir como un criterio adicional el tipo de suelo en la región, dado su potencial económico en cuanto a actividades productivas: ganadería y agricultura (la norma no lo estipula).

1. Análisis de las áreas naturales protegidas ubicadas en la zona. En la figura 5.18 se muestra en color verde la superficie del municipio excluyendo el área natural protegida Meseta de Cacaxtla en color morado, la cual fue obtenida a partir de una *diferencia simétrica*.

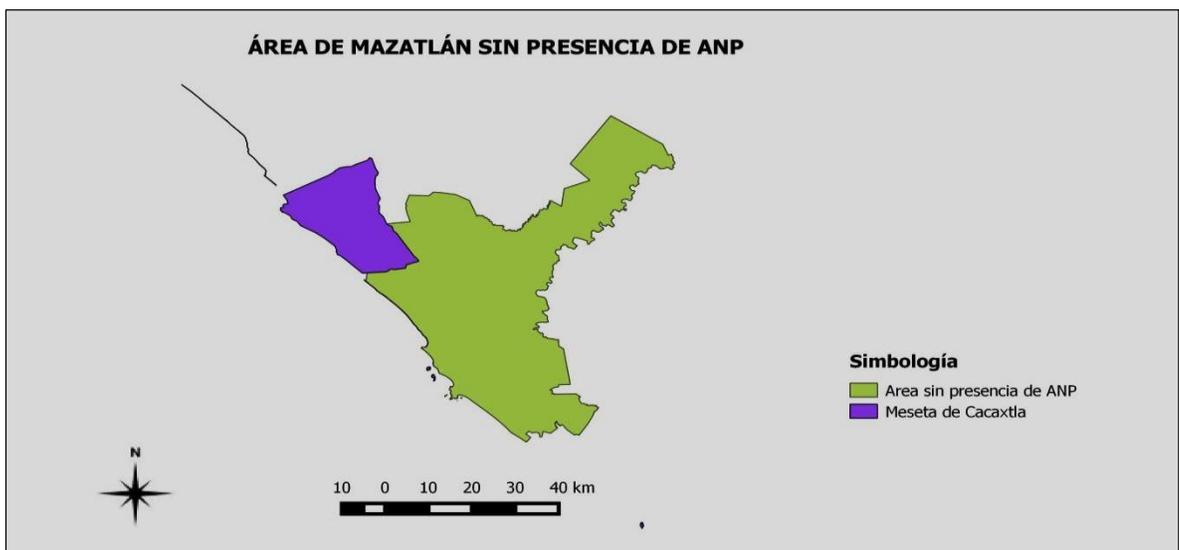


Figura 5. 18 Municipio de Mazatlán, sin la presencia de ANP
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

2. Análisis de las zonas con alto índice de permeabilidad y presencia de acuíferos. En la figura 5.19 se muestran en color azul claro, las zonas con permeabilidad media y alta en azul marino. Esta última corresponde a las zonas de la costa noroeste y el extremo suroeste, hasta la frontera en el sureste con el estado de Nayarit. Cabe aclarar que se mantuvo la capa correspondiente al municipio que excluye las áreas naturales protegidas.

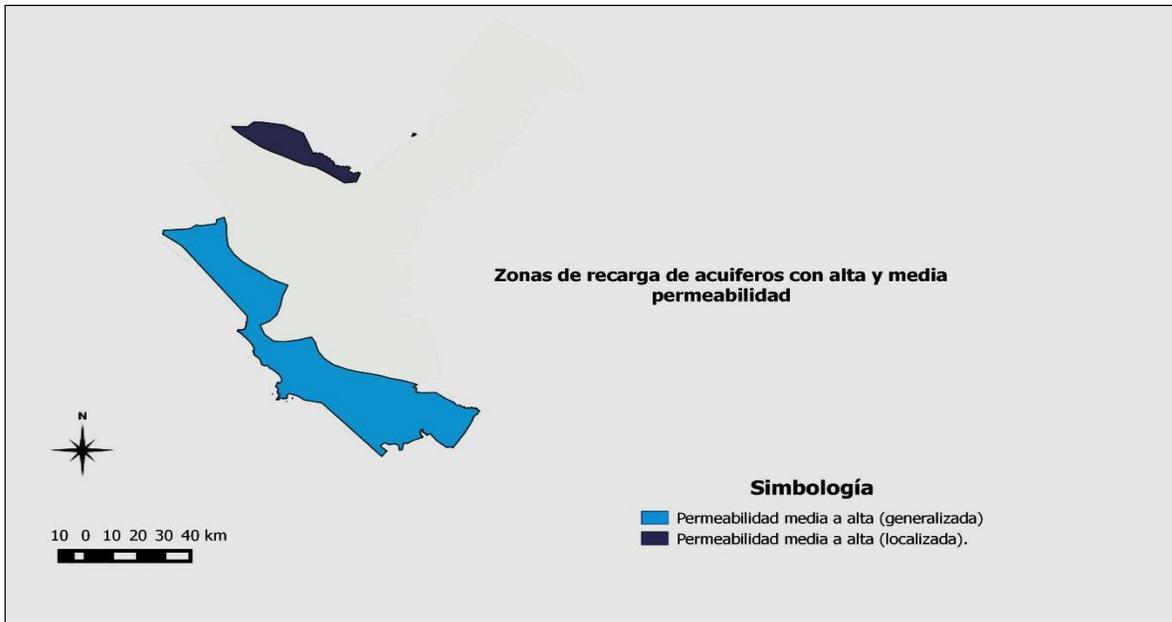


Figura 5. 19 Municipio de Mazatlán: zonas de media y alta permeabilidad
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

3. Zonas con permeabilidad baja a media, o baja; en las cuales no se reconoce la presencia de acuíferos por lo que son áreas adecuadas para la ubicación de SDF, las zonas con baja a media permeabilidad son localizadas al noreste de la Cd. de Mazatlán, se muestran color azul claro.

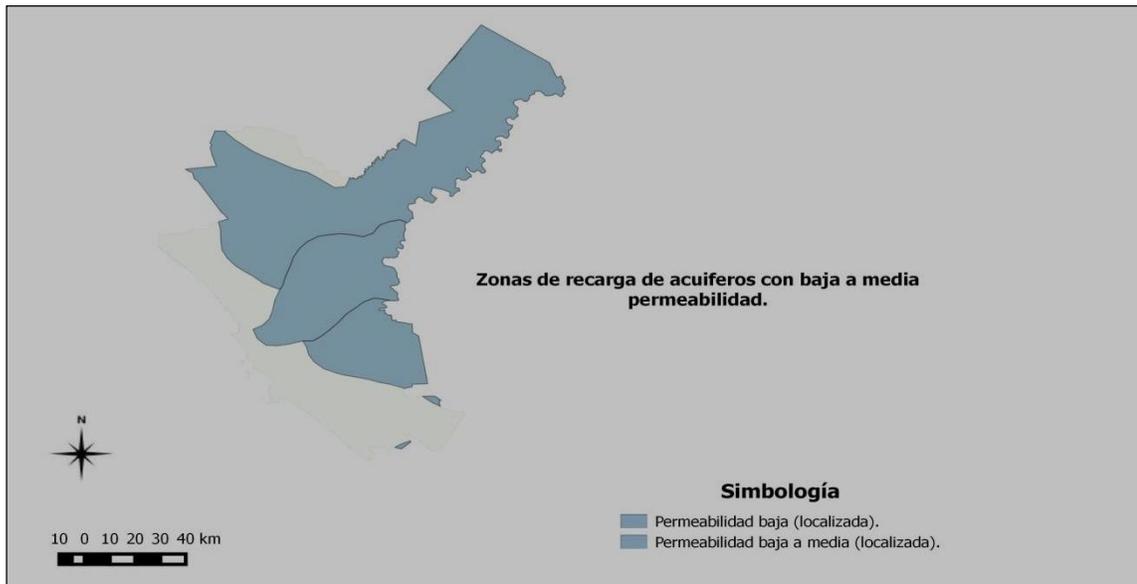


Figura 5. 20 Municipio de Mazatlán: zonas con baja a media permeabilidad
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

4. Análisis de las zonas con potencial para el desarrollo de actividades agropecuarias. La franja central y sureste del municipio, son ricos por sus propiedades nutritivas lo que hace posible el desarrollo de actividades agrícolas de riego y temporal.

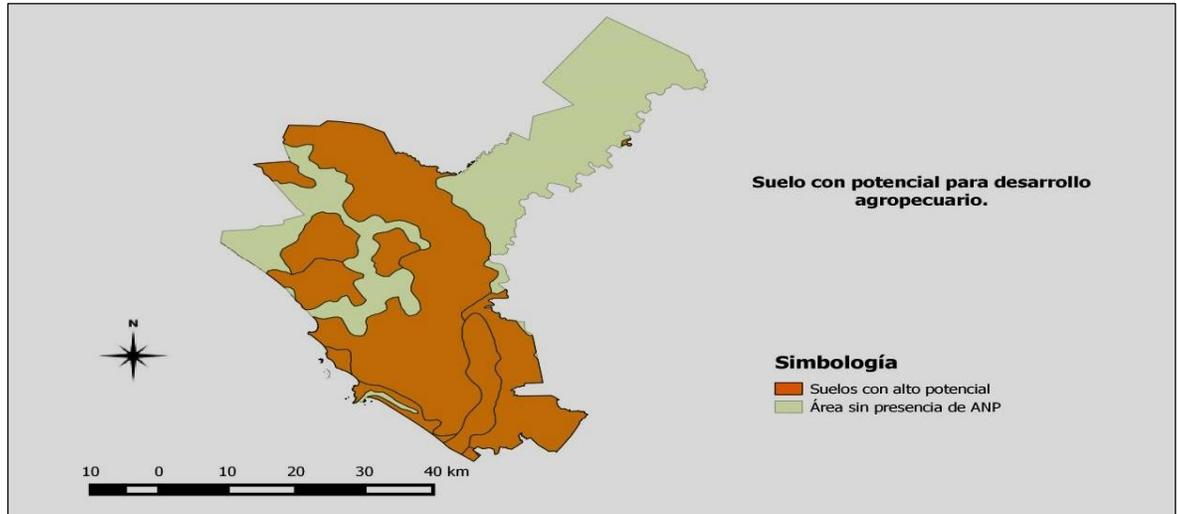


Figura 5. 21 Municipio de Mazatlán, suelos ricos para el desarrollo de agricultura.
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

5. Zonas con suelos con un bajo potencial para el desarrollo de actividades agrícolas. En la Figura 5.22 se muestran en color naranja los suelos con bajo potencial, en los cuales pudiera ubicarse un SDF.

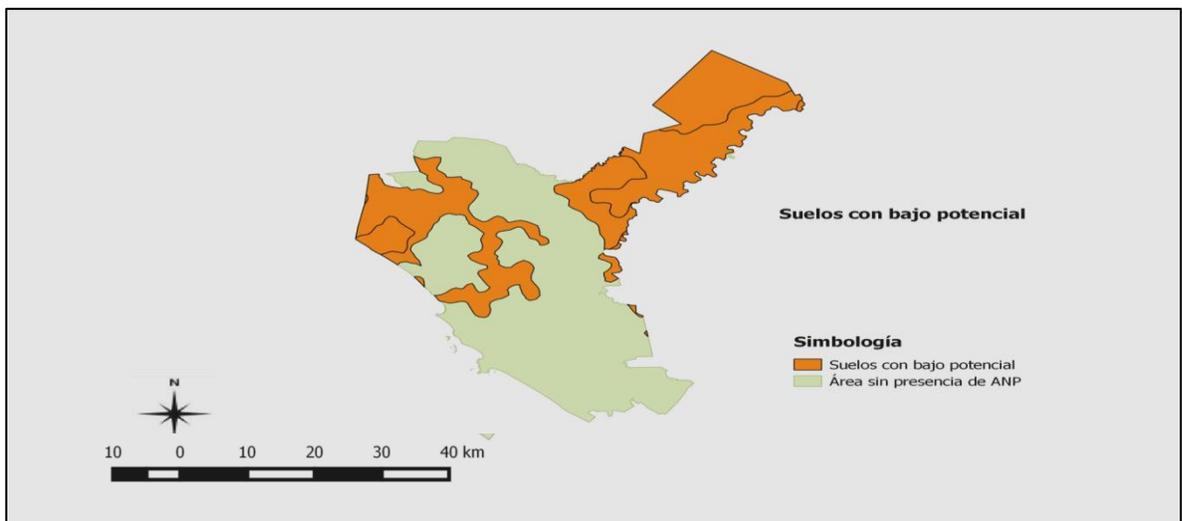


Figura 5. 22 Municipio de Mazatlán, zona con bajo potencial nutritivo
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

6. Verificación de la presencia de cuerpos y corrientes de agua, fallas o fracturas geológicas; conforme a la capa de zonas de baja permeabilidad. La presencia de fallas y/o fracturas, así como corrientes de agua se encuentra mayormente en los extremos central, noroeste, suroeste y sureste de la Cd. de Mazatlán. En la figura 5.23 se muestra en color azul la zona con baja permeabilidad, así como la presencia de cuerpos de agua y fallas o fracturas.

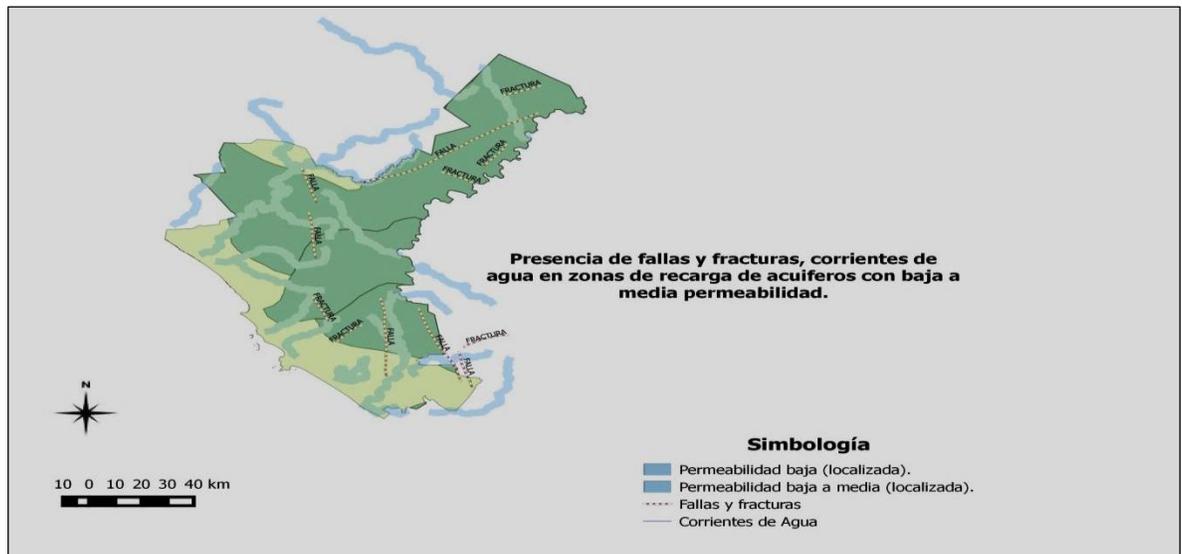


Figura 5. 23 Municipio de Mazatlán, presencia de fallas y/o fracturas geológicas, cuerpos y corrientes de agua en zonas de baja permeabilidad
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

7. Verificación de la presencia de cuerpos y corrientes de agua, y fallas o fracturas geológicas; conforme a los tipos de suelo. La figura 5.24 muestra en color naranja la zona con bajo potencial para desarrollo agropecuario, así como la presencia de cuerpos de agua y presencia de fallas y fracturas.

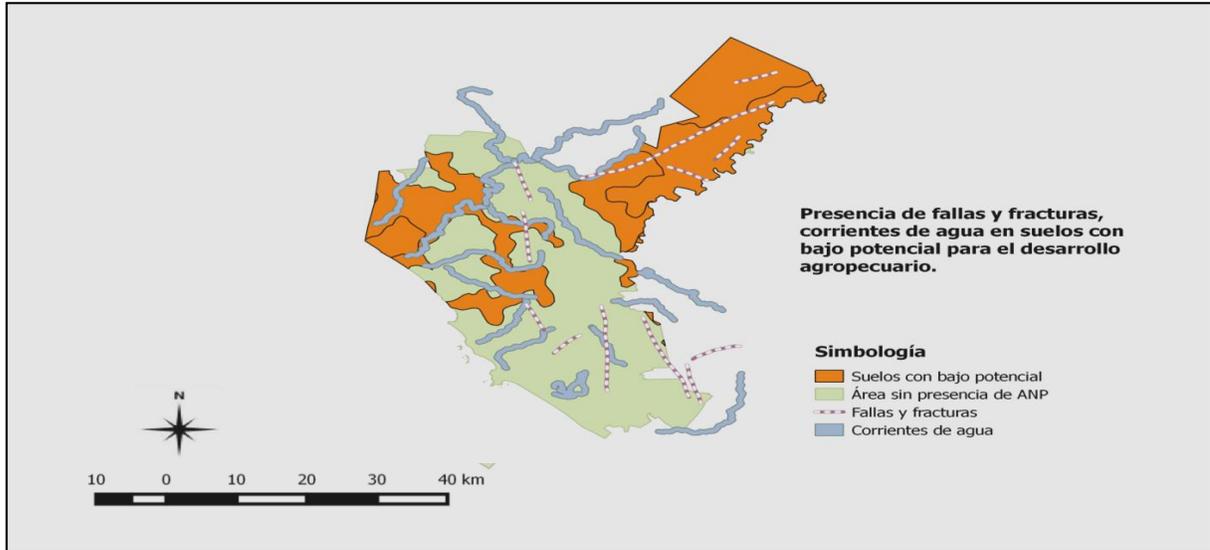


Figura 5. 24 Municipio de Mazatlán, presencia de fallas y/o fracturas geológicas, cuerpos y corrientes de agua en zonas de bajo potencial para desarrollo agrícola
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS

8. Zonificación propuesta para la posible ubicación de un nuevo SDF. A partir de las figuras 5.23y 5.24 se obtienen las figuras 5.25 y 5.26 que muestra las posibles zonas de ubicación de SDF en área marcadas mediante elipses.

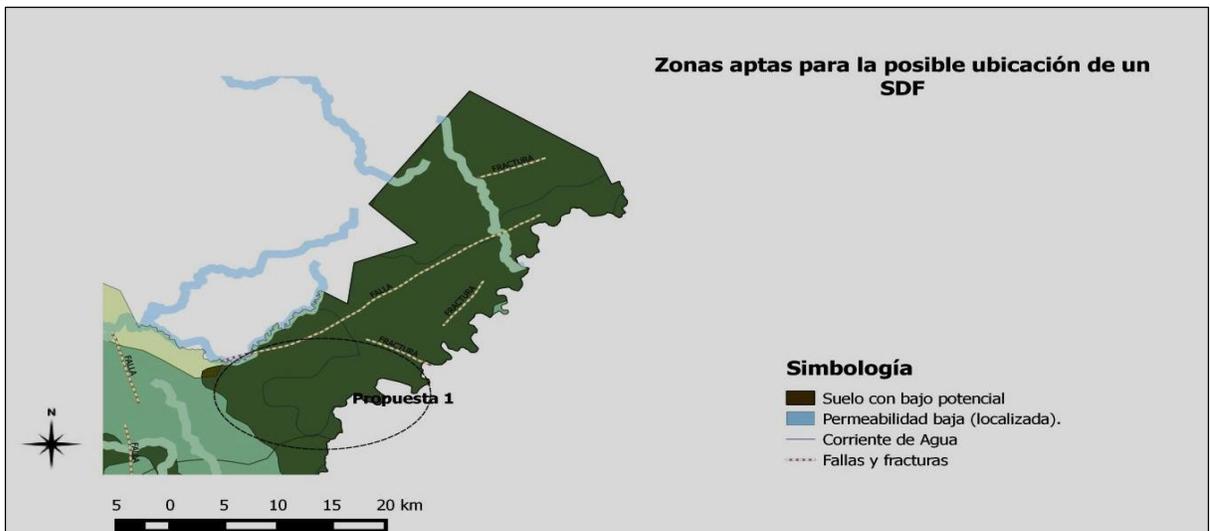
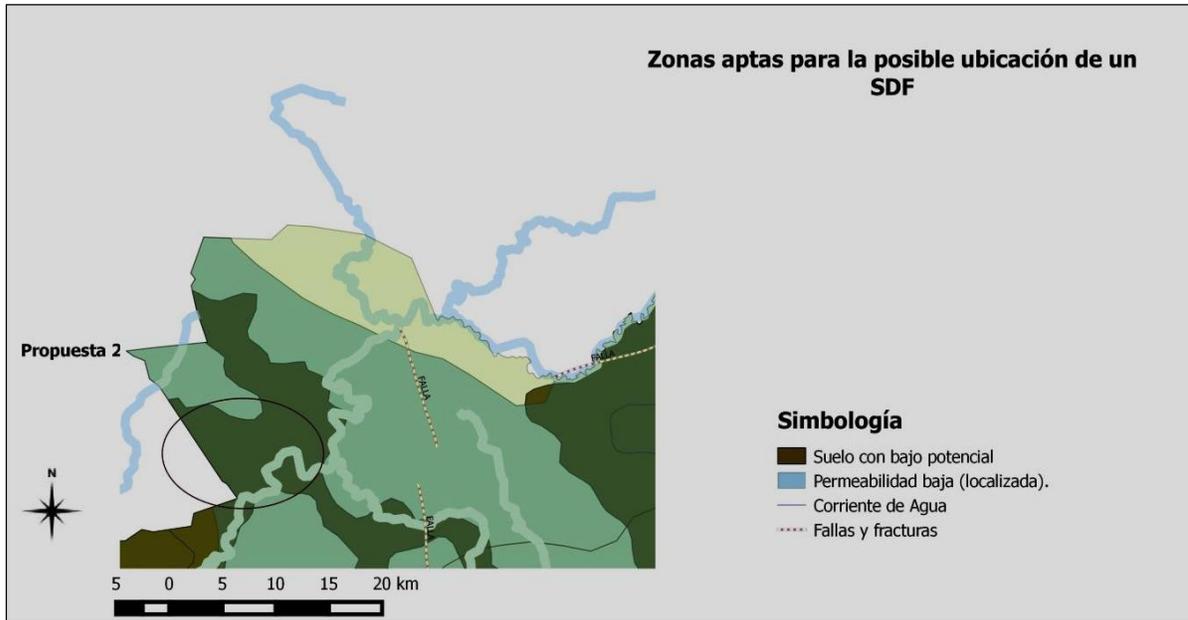


Figura 5. 25 Propuesta 1 para posibles zonas para un nuevo SDF
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS



*Figura 5. 26 Propuesta 2 para posibles zonas para un nuevo SDF
Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS*

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se realizó con respecto a la evaluación de las condiciones del tiradero el Basurón, y los correspondientes a la identificación de posibles alternativas de ubicación del SDF.

6.1 Evaluación de las condiciones actuales del tiradero el Basurón

Conforme a lo ya descrito en los capítulos anteriores, podemos encontrar lo siguiente:

El tiradero actual presenta una vida útil rebasada con más de 10 años que ha operado sin las especificaciones de protección ambiental para selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo y obras complementarias que establece la NOM 083.

A partir del resumen presentado en la tabla 5.2 se tiene lo siguiente:

- El tiradero actual se encuentra dentro de un radio de 15 km (zona buffer o de influencia) respecto a lo que es el Aeropuerto Internacional de Mazatlán, por lo cual si este partiera de las cabeceras de las pistas como lo especifica la norma, tampoco cumpliría esta especificación. Considerando que el aeropuerto opera desde 15 años atrás, y el tiradero en un periodo de años similar queda como pregunta, existen los estudios pertinentes para lo que fue la construcción del aeropuerto respecto a la influencia del tiradero.
- En Mazatlán, se encuentra ubicada la ANP, Meseta de Cacaxtla la cual no se ve influenciada por el tiradero.
- El Plan Municipal de Desarrollo Urbano y el Plan Director de la Cd., de Mazatlán llaman relleno sanitario al tiradero el Basurón, hacia el cual actualmente crece la zona urbana de dicha ciudad, en este caso se podría hablar que el municipio como tal, no estableció las reglas que impidieran el crecimiento hacia dicha zona, por lo cual actualmente los 500 metros como mínimo a partir de la traza urbana no se cumplen.
- Se pudo verificar que en la zona donde se ubica el tiradero actual, no hay cruce de ninguna falla o fractura geológica.
- Referente a cuerpos naturales tales como esteros, humedales, marismas, manglares, se encontró que el tiradero no se ubica sobre dichos sitios; sin embargo se debe acotar que sus escurrimientos se dirigen a algunos de estos, lo cual como ya se vio son contaminados por estos.

- Referente a zonas de recarga de acuíferos, el tiradero se ubica en una zona con alto índice de permeabilidad, lo cual lo convierte en una fuente de contaminación en cuanto a su infiltración de lixiviados, además del escurrimiento al estero de Urías ya descrito.
- Tanto el Plan de Desarrollo Urbano y Plan Director de Desarrollo Urbano, del Municipio, y la Cd., de Mazatlán respectivamente hacen mención que existen construcciones, monumentos o sitios de gran valor cultural para la zona, por lo cual se infiere que aparecen en las zonas urbanas del municipio, lo cual concuerda con la capa descargó de INEGI, en la cual se observó que en el territorio no urbano; no existe la presencia de zonas arqueológicas o de valor cultural.
- De acuerdo con la información recopilada y presentada, sobre el Municipio., corren dos corrientes o ríos principales: el Quelite y el Presidio, uno al noroeste y el otro al sureste de la Cd. de Mazatlán, y existen otras corrientes de tipo perenne o intermitente que se ubican en el Municipio; sin embargo, de acuerdo al análisis del SIG se observa que en por el tiradero no cruza ninguno de los elementos descritos.

Ahora bien el análisis anterior corresponde a lo que fueron las especificaciones de la norma vigente, sin embargo ¿Cuál es papel del Municipio., en la situación que vive el Basurón?

- Como se describió en el capítulo correspondiente, la LGPGIR establece que el Municipio debe encargarse de proporcionar los servicios de manejo de residuos de manera pública, o bien a través de una concesión. No obstante la ubicación y la operación del SDF no es el mejor en este caso, dadas las condiciones en las cuales se encuentra el tiradero y aún más el incumplimiento respecto a ciertas especificaciones de la norma vigente.

6.2 Identificación de alternativas

La evaluación de una zona alterna para la ubicación de un relleno sanitario en el Municipio, de Mazatlán parte de la necesidad de clausurar y rehabilitar el sitio conocido como el Basurón dados los problemas de índole ambiental que genera y que afortunadamente no se manifiestan bajo problemas de salud, esto último de acuerdo a la información recopilada.

A partir del análisis realizado para la identificación de alternativas se tiene lo siguiente:

- El análisis partió de la ubicación de ANP, por lo tanto la zona resultante en la cual no exista ninguna; partió como área disponible para poder ubicar tal sitio.
- Si bien las especificaciones referentes a: zona de influencia del aeropuerto (15 km) y poblaciones mayores a 2500 habitantes, marcadas como primer y tercer restricción en la norma vigente son importantes, en el análisis de una alternativa posible no se consideraron dado que la ubicación de dichos elementos se encuentra hacia el sureste de la Cd. de Mazatlán y el tiradero actual, por lo cual desde principio se considera

como un filtro que descarta dicha zona (sureste) dado que el crecimiento urbano y de servicios se extiende hacia esta.

- Así mismo hacia esta zona del sureste existe una zona de veda para la explotación de acuíferos en la zona, la cual coincide con la zona en la cual se establecen los índices de alta permeabilidad en la capa de hidrogeología analizada en su momento.
- De la misma manera el río Presidio que se ubica en esta zona, se convierte en una restricción más para efectos de ubicación de una zona para la construcción del relleno sanitario.

Por todo lo anterior para encontrar una zona que pudiera cumplir con las especificaciones se utilizaron las siguientes capas como factores para discernir alguna posible.

- Se consideró la capa de hidrogeología, a partir de la cual aquellas zonas con índices de permeabilidad bajos a medios se consideran como potenciales para localizar un SDF. Lo anterior se justifica con la descripción en la cual se hace mención que en dichas zonas la presencia de acuíferos es casi nula o no localizada.
- A pesar de que los tipos de suelo, no se consideran como una especificación para la selección de sitios de disposición final en la NOM 083; pero dada la descripción sobre su potencial para el desarrollo de actividades agrícolas tanto de riego como de temporal, y que el Basurón se ubica en una zona de suelo apta (Regosolétrico) para esta actividad, se incorporó dicha información para obtener aquellas zonas con suelo relativamente pobre y, con ello localizar una posible zona para la ubicación del SDF.
- Con estas dos restricciones subsecuentes a la de ubicación de ANP, y la superposición de las capas asociadas a corrientes y cuerpos de agua, así como la de fallas y fracturas geológicas; se encontró que la mejor zona donde se podría localizar un relleno sanitario se ubica al noreste de la Cd. de Mazatlán.
- De esta manera la propuesta 1 localizada al noreste de la ciudad corresponde a una zona pobre en cuanto a suelo y de baja permeabilidad, además de que la presencia de corrientes de agua (intermitente o perenne) es nula.
- En el caso de las fracturas y fallas geológicas existe la aparición de una falla; sin embargo, en su momento deberá comprobarse su estabilidad mediante los estudios complementarios correspondientes.
- Finalmente la propuesta 2 localizada al noroeste de la ciudad corresponde a una zona al igual que la anterior pobre en cuanto al suelo que se presenta y de baja permeabilidad, y la presencia de fallas y fracturas geológicas es nula.
- Para el caso de corrientes, en el análisis no se encuentra ninguna respecto a la porción de suelo de bajo potencial, por lo cual podría ser una zona apta.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Respecto al Sistema de Información Geográfica: QGIS

1. El objetivo de verificar la situación actual del Basurón, tiradero a cielo abierto de Mazatlán Sinaloa se cumplió. Después del análisis empleando el software QGIS se verifico que no cumple con las especificaciones del apartado 6.1
2. Así mismo QGIS, permitió verificar la disponibilidad de zonas para la posible ubicación de un nuevo SDF en el municipio de Mazatlán; por lo cual puede mostrarse la utilidad de esta herramienta.
3. QGIS es una buena opción para iniciarse en el mundo de la simulación y experimentación de estas herramientas, sin embargo el ser de código abierto abre la puerta a que se tengan actualizaciones constantes que si bien son mejoradoras en cuanto al desarrollo de los proyectos, en ocasiones genera problemas en cuanto a la manipulación de las capas.
4. Como lo indica la teoría, en el mundo de los SIG son necesarios 4 elementos: la información, el software, el hardware y el liveware (personal operativo). Lo anterior queda demostrado, pues la obtención de datos de los sitios correspondientes permite el rápido tratamiento de la información obteniendo los resultados esperados, el hardware y software permiten el procesamiento descrito con la potencia y herramientas requeridos que el usuario define en función de su objetivo.
5. Si bien QGIS, es una herramienta libre en el mercado en cuanto a costo y actualizaciones, en ocasiones se vuelve vulnerable en cuanto al volumen de información que maneja; por lo que debería considerarse que para el manejo de grandes porcentajes de información será necesario el uso de otros paquetes con mayor capacidad en cuanto a manipulación de información.

7.2 Respecto a la verificación del sitio y zonas alternas

1. Los resultados del análisis indican que el tiradero actual no cumple con la norma vigente, si bien esta fue publicada en agosto de 2015, dicho SDF debe clausurarse y rehabilitarse.
2. El Basurón constituye un proyecto generador de impactos ambientales (escurrimiento a cuerpos naturales e infiltración hacia acuíferos) de los lixiviados;

así como contaminación del aire por parte del biogás generado tras la descomposición de los residuos.

3. El gobierno municipal tiene como proyecto incrementar hectáreas al tiradero actual según notas periodísticas citadas en este documento, lo anterior con el fin de habilitarlo como un relleno sanitario de acuerdo con la normativa vigente. Sin embargo el análisis realizado indica que el crecimiento de la población se extiende a dicha zona por ende no sería factible realizar dicha operación.
4. Las propuestas que resultan del análisis para la ubicación factible del relleno sanitario, se ubican en la parte noreste y noroeste de la Cd. de Mazatlán. Si bien la zona noreste puede cumplir en cuanto a los aspectos que marca la norma, deben valorarse otros puntos tales como: ubicación referente a vías de comunicación principalmente, en el caso que no existan las vías pertinentes debe valorarse la opción de construir nuevos caminos lo cual debe quedar sustentado en una serie de estudios principalmente de factibilidad económica. Caso contrario a la propuesta 2 al noroeste de la Ciudad de Mazatlán, existen vías de comunicación principales al encontrarse en cierta manera más cercana a la cabecera municipal.
5. El análisis que se presentó en este trabajo corresponde solamente al apartado de restricciones para ubicación de sitios de disposición final, sin embargo existen otros puntos de la norma vigente que no fueron considerados en el presente trabajo por lo tanto se recomienda:
 - i) Complementar el presente análisis con los estudios correspondientes a suelos (resistencia), topográficos, y demás acotados en la norma vigente a fin de corroborar la factibilidad de la zona propuesta.
 - ii) Realizar los estudios de tiempo y movimiento de los residuos en cuanto a distancias, para ver la factibilidad de las zonas propuestas acorde a la presencia de caminos.
 - iii) Según la viabilidad del sitio, realizar los estudios de generación correspondientes para los residuos sólidos correspondientes para los generados en el municipio, acorde a las normas vigentes y con ello establecer las proyecciones correspondientes para la óptima operación del nuevo SDF.
 - iv) Acorde a la generación obtenida de los estudios correspondientes, será conveniente construir el relleno sanitario conforme a los requerimientos del tipo de relleno que se solicite: A, B, C o D en cuanto a infraestructura principal y obras complementarias.
 - v) Establecer como prioridad los sistemas de captación, tratamiento y/o aprovechamiento de los lixiviados y el biogás generados, para evitar la

contaminación al suelo, mantos freáticos y cuerpos o corrientes de agua dado la infiltración o escurrimiento respectivamente.

- vi) En cuanto a la operación del relleno sanitario, se recomienda un óptimo grado de compactación acorde al proyecto NOM 083 lo cual aumentará la vida útil del relleno sanitario.
- vii) Establecer como objetivo que al relleno sanitario solamente ingresen residuos sólidos urbanos, que no tengan potencial de reaprovechamiento mediante estrategias de reúso o reciclaje. Lo anterior habla de la necesidad de impedir que los residuos de manejo especial, derivados de grandes generadores sean depositados en el relleno sanitario, obligando al generador a formular un Plan de Manejo acorde al tipo de residuo que trate con base a la norma oficial mexicana vigente (PROY-NOM-161-2011) y considerando la normatividad estatal al respecto.

REFERENCIAS

Bibliografía

1. Gómez Delgado M. y Barredo Cano José I. Ed. (2005) *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio*. (2da Ed). México D.F., México Alfaomega Grupo Editor
2. Tchobanoglous G., Theisen H., y Vigil. A. S. Ed. (1998) *Gestión Integral de Residuos Sólidos Vol. I*. (2da Ed). México D.F., México: McGraw Hill

Reportes técnicos

1. Alcalá Juárez C. (2012). *Aplicación de los SIG en manejo de residuos peligrosos*. Especialización en Ingeniería Sanitaria. Asignatura: Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ingeniería
2. Campos López A., Cerón Mayo A. R, y Vignau Loría R. B. (2014). *Revisión de las instalaciones que conforman al sistema de manejo de RSU del D.F.* Especialización en Ingeniería Sanitaria. Asignatura: Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ingeniería

Mesografía

1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México) (2013). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013*. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef_2013.pdf
2. Manifiesto de Impacto Ambiental Aeropuerto de Mazatlán Sinaloa (2014). Recuperado el 18 de Agosto de 2015 de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/eid2014/EID009924.pdf>
3. Beraud Lozano J.L., Beraud Martínez I.P., y Covantes Rodríguez C. (2009). *Vulnerabilidad Socioambiental en Mazatlán Sinaloa*. Recuperado el 18 de agosto de 2015 de: <http://www.ugr.es/~cuadgeo/docs/articulos/045/045-002.pdf>

4. Leyva, N. (2013, 20 de Diciembre). El Basurón, otra cara de Mazatlán. *Línea Directa*. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de: <http://www.lineadirectaportal.com/publicacion.php?noticia=164827>
5. Lujan, A. (2008, 8 de Agosto). Basurón la cara fea de Mazatlán. *Noreste.com* Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de: <http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=402180>
6. Regalado, B. (2015, 28 de Marzo). Basurón una bomba que amenaza la ciudad. *El Debate*. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de: <http://www.debate.com.mx/mazatlan/Basuron-una-bomba-que-amenaza-a-la-ciudad-20150328-0028.html>
7. *Mazatlán, Sinaloa*. (s.f). Recuperado el 19 de agosto de 2015, de: <http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioMazatlan.pdf>
8. “Sobre las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial” Proyecto de Modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003, México. 4 de Agosto de 2015. Recuperado el 19 de Agosto de 2015de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5402726&fecha=04/08/2015
9. Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Recuperado el 19 de Agosto de 2015 de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AE9E814C284BAF9D05257C2100682DF4/\\$FILE/1_pdfsam_Plan_Director_de_Desarrollo_Urbano.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AE9E814C284BAF9D05257C2100682DF4/$FILE/1_pdfsam_Plan_Director_de_Desarrollo_Urbano.pdf)
10. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México) (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Mazatlán, Sinaloa*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/25/25012.pdf>
11. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán Sinaloa. Recuperado 8 de Septiembre de 2015 de: <http://ped.sinaloa.gob.mx/Documentos/SDUOP/Formulacion%20del%20Proyecto%20del%20PMOT%20Mazatlan.pdf>

12. Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán 2005-2015. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015 de: http://www.codetur.gob.mx/planeacion/pdu_mzt_t1B_nuevo.pdf
13. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2012). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (versión extensa)*. Recuperado el 24 de septiembre de 2015, de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001408.pdf>
14. “Sobre el Decreto de veda para el alumbramiento de acuíferos por tiempo indefinido en Mazatlán Sinaloa, publicado el 25 de abril de 1962”. México, 25 de Abril de 1962. Recuperado el 18 de enero de 2016 de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5294659

