



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**SELECCIÓN DE SITIOS INTERMUNICIPALES PARA
RELLENOS SANITARIOS MEDIANTE UN MODELO DE
SOPORTE DE DECISIONES ESPACIALES**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN SANITARIA

PRESENTA:

ING. MARISOL ALFONSO ROMERO

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE**

MÉXICO, D.F.

ENERO 2016

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por haberme apoyado a lo largo de mi trayectoria profesional, por los valores que me han inculcado desde pequeña, por todos los consejos que me dieron con cariño, por la paciencia que me tuvieron y porque siempre creyeron en mí y en que esto sería posible.

A mis hermanos, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida y por llenarme de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mis amigos que me acompañaron en esta etapa de mi vida, por las vivencias y apoyo que me brindaron.

Al profesor Rodrigo Sepúlveda por brindarme su apoyo, su tiempo, su amistad y conocimientos, guiándome por el buen camino de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental.



ÍNDICE

Índice de figuras	ii
Índice de tablas.....	iii
1. Introducción.....	4
2. Antecedentes y problemática.....	6
3. Objetivos y alcances	13
4. Los Sistemas de Información Geográfica como herramientas en la toma de decisiones.....	13
5. Legislación vigente	17
6. Metodología.....	23
6.1 Caracterización del sitio	23
6.1.1. Características climáticas.....	24
6.1.2. Características geológicas y edafológicas	27
6.1.3. Uso de suelo	29
6.1.4. Características demográficas y de generación por región	30
6.2. Establecimiento de criterios de selección.....	37
6.3. Ingreso de datos en el SIG	39
7. Resultados y análisis	53
Conclusiones	61
Referencias.....	62
Mesografía	63





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Distribución de la población.....	10
Figura 1.2 Distribución de la población por estado.....	11
Figura 1.3 Generación de RSU por estado.....	12
Figura 1.4 Porcentaje de RSU que llegan a disposición final.....	13
Figura 6.1.1 Regiones de Oaxaca.....	25
Figura 6.1.2 Climatología de Oaxaca.....	26
Figura 6.1.3 Índice de humedad por región.....	28
Figura 6.1.4 Tipos de suelo.....	29
Figura 6.1.5 Tipos de roca.....	30
Figura 6.1.6 Uso de suelo.....	31
Figura 6.1.7 Residuos recolectados y números de sitios.....	35
Figura 6.3.1 Selección por atributos.....	42
Figura 6.3.2 Selección de los estados distintos a Oaxaca.....	42
Figura 6.3.3 Editor para la tabla de atributos.....	42
Figura 6.3.4 Selección de la capa temática.....	43
Figura 6.3.5 Corrientes.....	43
Figura 6.3.6 Acueductos.....	44
Figura 6.3.7 Cuerpos de agua superficiales.....	44
Figura 6.3.8 Pozos de extracción.....	45
Figura 6.3.9 Humedales y manglares.....	45
Figura 6.3.10 Hidrografía de Oaxaca.....	46
Figura 6.3.11 Población total de Oaxaca.....	47
Figura 6.3.12 Centros de poblaciones mayores a 2500 habitantes.....	47
Figura 6.3.13 fallas geológicas, minas y cavernas.....	48
Figura 6.3.14 Buffer de aeropuertos.....	48
Figura 6.3.15 Áreas naturales protegidas.....	49
Figura 6.3.16 Zonas arqueológicas.....	50
Figura 6.3.17 Sitios aptos para la construcción del relleno Sanitario.....	50
Figura 6.3.18 Sitios aptos.....	51
Figura 6.3.19 Tiraderos seleccionados para el análisis.....	52
Figura 6.3.20 Restricciones y tiraderos actuales de residuos.....	53
Figura 6.3.21 Sitios propuestos.....	54





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Porcentaje de residuos que llegan a disposición final.....	13
Tabla 1.2. Porcentaje de residuos que llegan a disposición final.....	14
Tabla 4.1. Ejemplos de aplicación de los SIG.....	18
Tabla 6.1. Descripción climática.....	26
Tabla 6.2. Características demográficas.....	33
Tabla 6.3. Sitios de disposición final.....	34
Tabla 6.4. Generación por tipo de empresa.....	37
Tabla 6.5. Generación por tipo de RME.....	38
Tabla 6.6. Criterios de selección.....	39
Tabla 6.7. Mapas base.....	41
Tabla 6.8. Calificación de tipos de suelo.....	56
Tabla 6.9. Calificación de uso de suelo.....	56
Tabla 6.10. Calificación de los tipos de clima.....	57
Tabla 6.11. Calificación del tipo de humedad.....	57
Tabla 6.12. Selección del sitio.....	57
Tabla 6.13. Distancia entre municipios y sitios seleccionados.....	59
Tabla 6.14. Proyección de población.....	60
Tabla 6.15. Pesos volumétricos de compactación.....	61
Tabla 6.16. Área total del terreno.....	62





1. INTRODUCCIÓN

La gestión integral de los residuos sólidos implica contemplar cuatro aspectos importantes que son: los legal-normativos, sociales, planeación y financiero-administrativos. Cada uno de estos aspectos es indispensable en la toma de decisiones, y son los que estipularán las condiciones necesarias que involucra todo el manejo de residuos sólidos urbanos en un lugar determinado.

El mejoramiento de la gestión que hay en la actualidad en el país, requiere contemplar cada uno de estos aspectos y debe de dar a todos el mismo peso de importancia, porque muchas veces se da el problema de sólo contemplar la parte financiera dejando de lado el verdadero motivo del proyecto. A su vez, para realizar un buen sistema, el municipio encargado requiere de un trabajo planificado y constante en el tiempo, en esencia la parte que hace esto funcional es la gubernamental y se debe encargarse de trabajar en conjunto para que el grado de beneficio sea casi o igual al cien por ciento.

Por otro lado, la gestión integra la parte del manejo de residuos, que es una serie de procesos que inicia desde la generación por parte de la población, almacenamiento; que es donde se depositan los residuos temporalmente, seguidamente de la recolección de los residuos generados, transferencia; si es el caso de que el relleno sanitario (RS) se encuentre lejano a la población, centro de separación o reciclaje; que no siempre se cuenta con estos sitios pero es una parte fundamental para reducir el volumen que llega al RS, y finalmente se tiene el sitio de disposición final. No necesariamente todo el proceso de manejo de residuos tiene que estar estructurado de esta forma, pero es el sistema que más se utiliza en muchas partes del país.

En este trabajo se busca un sitio para depositar los residuos, minimizando los impactos ambientales actuales y para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones cercanas a tiraderos actuales. Dicho análisis se proyectará con ayuda de un modelo de soporte de decisiones espaciales, mejor conocido como Sistema de Información Geográfica (SIG). Dicho sistema se encarga de hacer procesos más sencillamente sin tener que ir al sitio de estudio, sin embargo, es importante corroborar la información introducida por las capas temáticas que se usan para el desarrollo de cada proyecto. Con base a lo anterior, en el proyecto sólo se contemplarán tres aspectos de los cuatro que conforman una gestión integral de residuos sólidos: el legal-normativo, la planeación y el aspecto social; en donde éste último no se trata como tal en un capítulo, sin embargo se contempla en la toma de decisiones a lo largo del desarrollo del trabajo.





El segundo capítulo, trata de manera general la problemática que enfrenta el país en materia de residuos; su generación y disposición final en sitios controlados y no controlados. Aquí se seleccionó un estado como caso de estudio para el desarrollo del trabajo, tomando el que presentara las condiciones más desfavorables, comparado con los demás estados.

En el capítulo cuarto, se describe un poco las aplicaciones de los sistemas de información geográfica; los alcances que tienen al servir como herramienta de apoyo en la toma de decisiones en diversas ramas y como solución a problemas que enfrentamos en la vida diaria.

El capítulo cinco habla de una de las partes más importantes de la gestión, que es la parte legal-normativa. Aquí se describe la legislación federal, estatal y municipal en materia ambiental, describiendo las obligaciones por parte de las tres formas de gobierno para brindar un servicio apto a las comunidades y garantizar un ambiente saludable.

Como segundo objeto de la gestión se tiene toda la etapa de planeación, que es donde se proyecta, analiza, calcula, verifica, estudia y determinan las fases de selección del sitio, que en este caso serán identificadas por medio de un Sistema de Información Geográfica. Por lo tanto, la parte de selección se contempla dentro del capítulo 6. En este capítulo se hablará sobre los criterios de selección del sitio según la NOM 083-SEMARNAT-2015 y las restricciones que se deben respetar para que no se presenten problemas de salud pública, impactos sociales por descontento de la población, problemas gubernamentales y/o impactos ambientales. También se hablará sobre las características fisiográficas del estado y sobre su información de generación y disposición actuales.

Dentro de la metodología del proyecto, capítulo 6, se contemplarán cada una de las etapas para la determinación del sitio óptimo de disposición que servirá para mejorar las condiciones ambientales y cambios de hábito por parte de los municipios y de la población en cuanto a la fase de disposición final de los residuos sólidos. Cabe aclarar que la parte de planeación no se enfoca en la puesta en marcha, simplemente proyecta y determina el caso más favorable para la elaboración de un proyecto ambiental determinado. Aquí se seleccionarán tres sitios de disposición actuales y se van a evaluar para identificar si cumplen o no la normativa vigente, después se analizará un nuevo sitio que beneficie al mayor número posible de municipios como plan principal de este trabajo y finalmente se proyectará el área total requerida en un periodo de por lo menos 15 años, que es lo mínimo establecido en la normativa vigente.





2. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

Se entiende por “residuos sólidos urbanos (RSU)” a todos aquellos que son generados en la casa habitación y que el total producido no excede de las 10 toneladas al año. El servicio de disposición es un caso que compete al municipio. Por otro lado tenemos los residuos de manejo especial (RME), que no cumplen las características para definirse como RSU o residuo peligroso y su generación excede las 10 Ton/año, considerándose grandes generadores. El manejo y disposición de éstos compete a las autoridades estatales. Finalmente se entiende por residuos peligrosos (RP), a todos aquellos que tienen alguna de las características CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y/o Biológico infeccioso), su manejo y gestión es un problema que compete a la federación.

Actualmente, se tiene la problemática de generación de residuos en el país, esto significa que se están generando más residuos de los que se pueden disponer en sitios autorizados para su colocación permanente. Es por eso que los gobiernos municipales y estatales se ven en la necesidad de buscar nuevas alternativas que ayuden a minimizar el problema de gestión, sin embargo, esto podría controlarse si al consumidor se le fomenta la separación de residuos desde la generación. Esto ayudaría en dos puntos muy importantes; en primer lugar se beneficiaría el proceso de producción, es decir, que en vez de explotar los recursos naturales para la obtención de materias primas para envases y embalajes, se usara mayor porcentaje de materiales reciclados en relación con la materia prima virgen y así, se podría preservar más recursos y generar menos residuos que van a disposición final. El segundo punto es complemento del anterior, como se menciona, al reciclar los residuos se obtiene el material que aún es aprovechable, pero por otro lado, el material que ya no pueda ser aprovechable tendrá que someterse a un tratamiento o bien, ir directamente a disposición final a un relleno sanitario. El beneficio de este punto es que al aprovechar al máximo los componentes del residuo, se tendrá más espacio en rellenos sanitarios debido a que diariamente llegaría menos porcentaje de residuos a comparación del caso que no se recicle ni haya algún tipo de tratamiento.

El problema a dicha solución para lograr esta cultura ambiental, es que se deben realizar campañas que convencan a la gente de lo que es correcto para la preservación del ambiente, sin embargo, esto es muy complicado y hasta la fecha no se ha podido lograr en México. Debido a eso, se opta como solución crear nuevos rellenos sanitarios que cumplan con las especificaciones federales y que se proyecten para albergar el mayor porcentaje posible de los residuos generados de cada localidad.

En México se tienen diversos tipos de sitios para la disposición final, pero eso no significa que todos sean los adecuados. Según la NOM 083-SEMARNAT-2015, los sitios deben de cumplir una serie de especificaciones para que el impacto al ambiente sea el menor posible. A éstos se les denomina “sitios controlados”. Su principal característica es que cuentan con la infraestructura y obras de ingeniería necesarias capaces de minimizar el impacto al medio ambiente. Los rellenos sanitarios son la mejor solución que se puede dar a la disposición final de residuos debido a que las obras que deben tener son básicamente dos: la geomembrana, que sirve para dar tratamiento a los lixiviados, y los quemadores, que su función es dar una solución a los gases de efecto invernadero producidos por la descomposición de los residuos orgánicos.





Los sitios controlados se dividen en dos tipos; en rellenos sanitarios (que son los que ya se mencionaron) y en rellenos de tierra. Estos últimos también son llamados tiraderos controlados, se caracterizan porque no cumplen con obras de infraestructura necesarias para minimizar el impacto al ambiente pero, resuelven el problema de colocación de los residuos temporalmente. Sin embargo, debido a la falta de conocimiento de los daños producidos por éstos, el índice de este tipo de disposición es muy alta y la despreocupación por parte del gobierno no ayuda a evitar los daños ambientales que se están produciendo.

Por otro lado (fuera de la normativa), se tienen los sitios “no controlados” o también denominados “tiraderos a cielo abierto” y, son aquellos que no tienen ningún tipo de protección y generalmente se originan por la falta de conciencia por parte de la población que empieza a destinar sitios para colocar sus residuos, generalmente estos sitios son barrancas, terrenos baldíos o abandonados y en el peor de los casos, se depositan bajo puentes o sitios concurridos que afectan la salud de los transeúntes. Es por eso que dichos sitios son un problema de salud pública y que cuesta mucho trabajo clausurarlos porque se tiene el riesgo de que vuelva a suscitarse el problema.

Los elementos con los que cuenta un relleno sanitario son de mucha importancia para que se considere una obra de ingeniería capaz de resolver los problemas de disposición de las poblaciones. En primer lugar la geomembrana es un elemento que sirve como un impermeabilizante que evita la infiltración de los lixiviados al subsuelo. Los lixiviados son aquellos que se producen por la descomposición de los residuos y el contacto que hay con cualquier cuerpo de agua, que puede ser por las precipitaciones del lugar o por las aguas freáticas existentes. La principal característica de éstos es que su grado de toxicidad es muy alto, por lo que puede contaminar el suelo y los cuerpos de agua si se permite el contacto directo con los residuos sin protección alguna. Dichos lixiviados tienen que ser desalojados a una laguna especial que, a su vez, sirve para dar un tratamiento a éstos y así evitar una saturación en las celdas donde se entierran los RSU. Como ya se mencionó, otra de las características que deben cumplir los rellenos sanitarios es que, en las celdas se deben colocar unos tubos que sirven como quemadores, esto contribuye a dar un tratamiento al biogás generado por la descomposición de los residuos. Los gases generados son principalmente metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) y bióxido de carbono (CO_2), después en menor proporción se encuentran el ácido sulfhídrico (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles. El daño que produce el metano a la atmósfera es potencial, por lo que al quemarlo se convierte en bióxido de carbono produciendo un daño menor, pero al igual, significativo para el ambiente. En el mejor de los casos, se podría aprovechar el metano producido, transformándolo a energía eléctrica, el problema es que los costos para su implementación son muy altos. Actualmente en México no se ha podido efectuar en los rellenos sanitarios existentes y, en los que se ha podido realizar, es plenamente por iniciativa privada.

En los últimos años, la distribución de la población ha ido en incremento notablemente y con ello ha traído como consecuencia la generación desmesurada de residuos. Actualmente el país cuenta con 192 244 localidades totales entre zonas urbanas y rurales, y del último censo poblacional se cuenta con un total de 112 millones de habitantes aproximadamente.





Para saber la generación de la población, se deben contemplar dos cosas muy importantes, el nivel socioeconómico y el tipo de zona (si es rural o urbana), porque generalmente en las zonas urbanas se tiene una mayor generación comparada con las zonas rurales. Para saber la distribución de población por número de habitantes, se muestra en la figura 1.1:

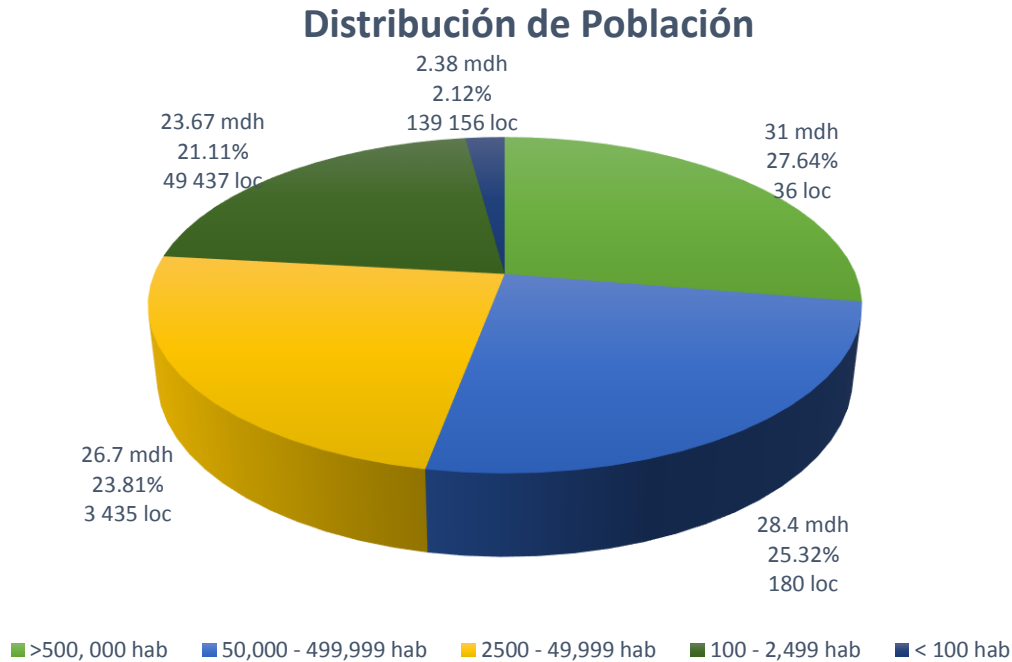


Figura 1.1. Distribución de población

Fuente: Elaboración propia con base a información de INEGI

En la gráfica (Figura 1.1) se muestran cinco divisiones de la población; primeramente se tienen las zonas urbanas que cuentan con más de 500 000 habitantes; dichas poblaciones representan el 27.64% de la población total que hay en el país, en segundo lugar las zonas que cuentan con menos de 500 000 habitantes pero más de 50 000, ocupan el 28.4% de la población y son consideradas medianamente urbanas; después las que cuentan con menos de 50 000 pero más de 2 500, tienen el 23.81% de la población total y se consideran poblaciones en transición dependiendo su tasa de crecimiento; en penúltimo lugar las que se encuentran entre 100 y 2 500, cuentan con el 21.11% y; finalmente las poblaciones menores a 100 que son el 2.12% (éstas dos últimas son consideradas poblaciones rurales). A pesar de que ésta última comprende el menor porcentaje de población en el país, es la que mayor porcentaje de localidades contiene. Se estima un setenta por ciento del total de localidades, es decir, un total de 139 156 de las 192 244 localidades, mientras que en las zonas urbanas que cuentan con más de 500,000 habitantes (un total 36 localidades), ocupan una cuarta parte de la población total del país.

Para explicar un poco mejor la distribución de población, a continuación se muestra un mapa (figura 1.2), donde se ilustra por entidad federativa el total de habitantes, donde los que se encuentran en colores cálidos fuertes son los que tienen mayor número de





habitantes y los que se encuentran en colores fríos (que tienden a azul) son los que tienen menor número.

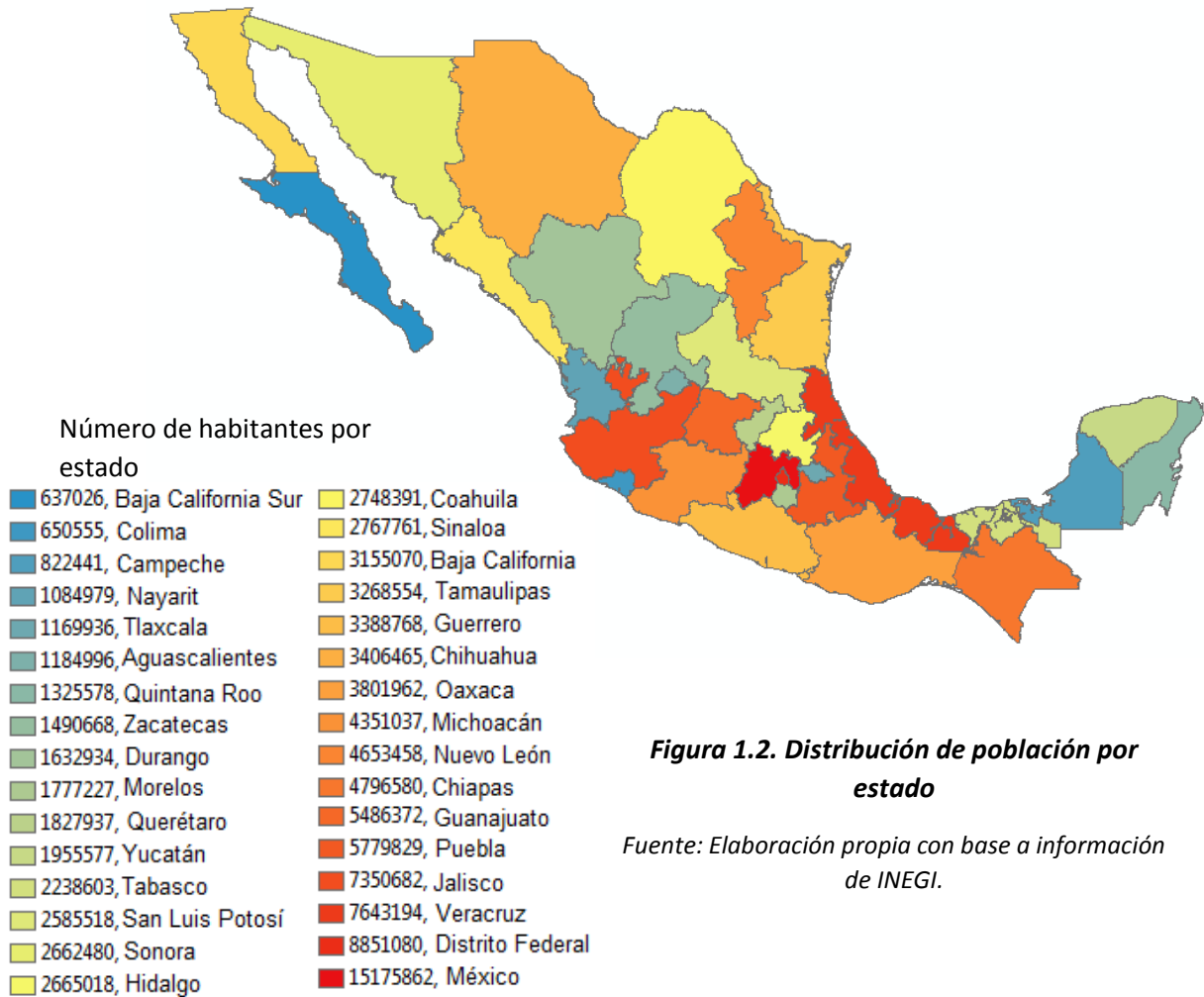


Figura 1.2. Distribución de población por estado

Fuente: Elaboración propia con base a información de INEGI.

Entre las poblaciones con más número de habitantes se encuentran las zonas urbanas de Guadalajara, Veracruz y la Zona Metropolitana del Valle de México. En la figura 1.3 se muestran la generación por entidad federativa.



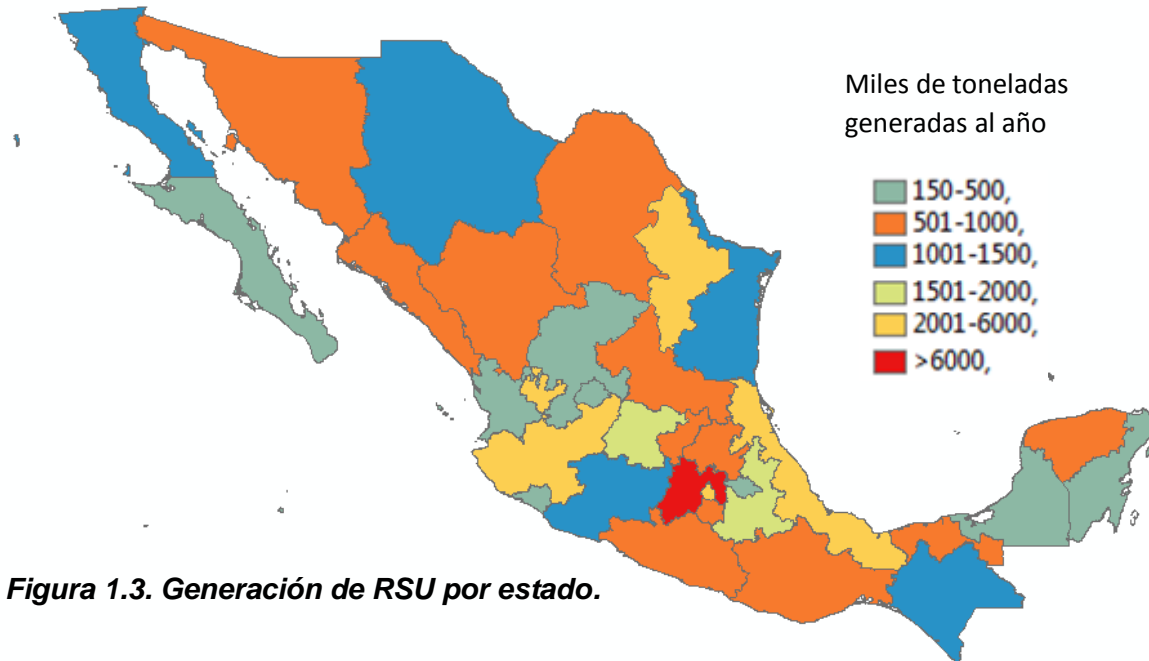


Figura 1.3. Generación de RSU por estado.

Fuente: Elaboración propia con base a información de SEMARNAT

Con los resultados presentados, cabe mencionar que la precisión mostrada no es muy confiable, por ejemplo, una generación alta (color amarillo), se encuentra entre 2001 a 6000 miles de toneladas, pero ese rango es muy amplio, por lo que certeramente no se tiene el valor de cada estado.

Comparando los resultados del total de habitantes por estado con el total generado, se determina que éste varía dependiendo tanto del número poblacional como de la generación per cápita, que corresponde al nivel de desarrollo (zonas rurales, debido al alto nivel de consumo) y socioeconómico (grado de marginación). Es por eso que los estados con bajo nivel de marginación, por ejemplo el Distrito Federal, la generación tiende a ser más alta, si hacemos la relación entre el total de habitantes (8 851 080 hab.) con respecto a lo generado tomando el valor más alto del rango mostrado en la figura 1.3 (2 001-6 000 miles de toneladas), se tiene una generación por habitante al año entre 0.237 a 0.67 toneladas, si eso lo analizamos a generación per cápita tenemos un intervalo entre 0.65 a 1.85 kg/hab/día. Estos intervalos van a variar dependiendo al tipo de evento que haya en cada municipio (si hay ferias, tianguis, o algún otro evento social), es por eso que no se podría tener un valor preciso de generación diaria. Para lograr datos precisos se tendría que hacer un estudio de generación diaria por el resto del año.

Por otro lado, si tomamos Oaxaca que es un estado que se encuentra entre los primeros diez con mayor población (3 801 962 hab) pero es de los estados con más índice de pobreza en el país obtenemos el rango de generación que hay al año obtenemos que el total es de 0.36 a 0.72 kg/habitante/año.

La información importante de los mapas anteriores es saber cuánto del total generado es el que se está disponiendo correctamente en sitios de disposición controlados y con ello





poder encontrar el estado con más necesidad de un sitio para disponer sus residuos que cumpla con la legislación vigente.

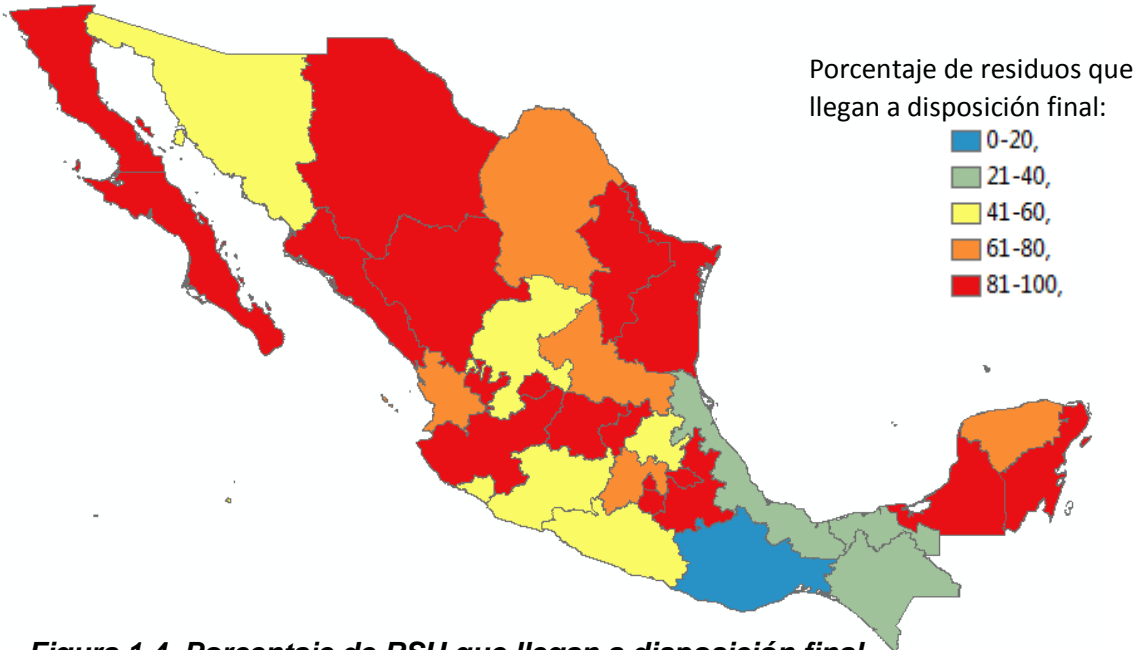


Figura 1.4. Porcentaje de RSU que llegan a disposición final.

Fuente: Elaboración propia con base a información de SEMARNAT.

De los resultados obtenidos en este mapa, se tienen 17 estados (incluyendo el Distrito Federal), que cumplen con el total de residuos que van a disposición final. Si analizamos por zonas geográficas, la parte sur es la que tiene menos sitios de disposición (controlados como no controlados), pero de esos estados el más desfavorable es el estado de Oaxaca. Si tomamos el porcentaje mayor del intervalo, estaríamos diciendo que sólo se disponen 200 000 toneladas al año de 1 000 000 generado anual. La problemática y preocupación de esta situación es saber a dónde van a parar los residuos resultantes.

En orden jerárquico tomando los estados que disponen del 21 al 40% tenemos los siguientes resultados:

Tabla 1.1. Porcentajes de residuos que llegan a disposición final.

% Disposición	Estado	Población	Generación Ton/año		Disposición Final		Residuos que no llegan a DF [T/d]
		Habitantes	Mín	Máx	T/año	T/d	
21 -40%	Veracruz	7643194	2001000	6000000	1600200	4384.11	6576.164
	Chiapas	476580	1001000	1500000	500200	1370.41	2055.616
	Tabasco	2238603	501000	1000000	300200	822.466	1233.699
0-20 %	Oaxaca	3801962	501000	1000000	300200	822.466	1233.699

Fuente: SEMARNAT, 2014.





En la tabla 1.1 se presenta la generación mínima y máxima total por año de cada estado elegido, porque no se sabe aún la generación per cápita y tampoco si se está contemplando los residuos de manejo especial que llegan a disposición final. Es por eso que se calculó una media de los dos datos de que generación que hay (columnas 4 y 5), y con el porcentaje de disposición se obtuvo el total que llega a disposición final en toneladas al año y toneladas al día (columna 6 y 7) y por otro lado se obtuvo el total que no llega a disposición. Por lo tanto los resultados de la tabla son muy generales con la información proporcionada y presentada en las figuras 1.3 y 1.4.

Para hacer un poco más preciso en análisis de tomarán as generaciones máximas y mínimas de cada estado para obtener la generación per cápita y con el total de habitantes se podrá determinar de manera un poco más exacta, el total que llega a disposición final, suponiendo que la información de la figura 1.4 corresponde sólo a la generación de residuos sólidos urbanos (sin considerar los de manejo especial).

Tabla 1.2. Porcentaje de residuos que llegan a disposición final

% Disposición	Estado	Población Habitantes	Generación per cápita [kg/hab/d]		Disposición Final		Residuos que no llegan a DF [T/d]
			Mín	Máx	T/año	T/d	
21 -40%	Veracruz	7643194	0.72	2.15	2400000	6575.34	9863
	Chiapas	476580	1.23	1.84	600000	1643.84	2465.7
	Tabasco	2238603	0.61	1.22	400000	1095.89	1643.8
0-20 %	Oaxaca	3801962	0.361	0.72	200000	547.94	2191.7

Fuente: SEMARNAT, 2014.

Con los resultados obtenidos tenemos que el estado con más residuos que no llegan a disposición final es Veracruz, después Chiapas, Oaxaca y finalmente Tabasco.

Para seguir con el análisis pero enfocado sólo en un estado de los cuatro elegidos, se optó por seguir con el estado de Oaxaca únicamente, esto porque es el caso más desfavorable del país al tener un intervalo de disposición del 0 al 20%, recordando que si es 0% el problema sería muy alarmante y también considerando que de esa disposición que se contemple es tanto tiraderos no autorizados, tiraderos autorizados y/o rellenos sanitarios, que en el caso más desfavorable sería que no se contara con rellenos sanitarios.

Por lo tanto, de los datos obtenidos se recomienda hacer un análisis para el estado de Oaxaca que es el que muestra la mayor preocupación de disposición y será el caso con el que se desarrollará el proyecto.





3. OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivo general

Proponer con ayuda de un modelo de soporte de decisiones espaciales, un sitio de disposición final intermunicipal para los residuos sólidos urbanos mediante un estudio de caso.

Objetivos particulares

- ✦ Analizar algunos sitios actuales de disposición final, tomando un estado como caso de estudio, para determinar su cumplimiento con la legislación vigente en cuanto a sus características geográficas.
- ✦ Por medio de mapas elaborados con ayuda de un SIG, identificar las zonas que restringe la NOM-083-SEMARNAT-2015, para descartarlas del plan de desarrollo de identificación de sitios de disposición final de residuos.
- ✦ Elegir y evaluar cuanto menos tres sitios de disposición final que cumplan los criterios establecidos, según la normativa vigente, y que puedan ofrecer servicio a más de un municipio.
- ✦ Realizar un análisis para un caso de estudio, proyectando el área requerida ante la necesidad de disposición.

4. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTAS EN LA TOMA DE DECISIONES

Un Sistema de Información Geográfica (SIG, o GIS por sus siglas en inglés Geographic Information System), es aquel que consiste en capturar, almacenar, manipular, analizar y organizar la información geográficamente referenciada obtenida por datos satelitales, con la finalidad de resolver problemas de planificación, control y gestión política y social.

Es importante identificar cada una de las funciones de los SIG, porque su función no sólo es la creación de la base de datos digital que represente datos geográficos, también debe proveer medidas de selección, búsqueda y análisis de los datos que sirvan para la toma de decisiones. El análisis se realiza para obtener soluciones concretas, éste involucra normalmente datos espaciales y por otro lado el analista debe proceder a través de una serie de pasos para alcanzar el resultado final.

Los elementos con los que está formado un SIG son 5: software, hardware, datos, liveware y procedimientos. A continuación se describe cada uno de éstos:

- **Software:** Hace referencia a toda la parte física que ayuda al proceso de la información para crear al SIG. Como ya se mencionó los SIG deben proveer las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Los principales componentes del software son: herramientas para entrada y manipulación de información geográfica, sistema de manejador de base de datos,





herramienta que permita búsquedas geográficas, análisis y visualización y finalmente, interfaces gráficas para acceder fácilmente a las herramientas de procesamiento.

- **Hardware:** Es toda la parte física tangible que es donde se opera y diseña el SIG, es decir, es el equipo de cómputo con el que opera un SIG.
- **Datos:** Se refiere al elemento principal para lograr un correcto ordenamiento de la información recopilada en campo y geográficamente referenciada. Es decir, una vez conocido el objeto del modelo, se deben identificar las propiedades que lo forman (todos los elementos descriptivos de dicho modelo). Es necesario conocer los elementos en el mundo real para relacionarlos topológicamente.
- **Liveware o recursos humanos:** Todo SIG para su elaboración necesita de los recursos humanos para programar, diseñar y manipular la información obtenida. Ellos deben encargarse de administrar el sistema así como desarrollar el proyecto.

Con lo anterior se puede decir que un SIG funciona como una base de datos con información geográfica, o bien, también llamados datos alfanuméricos que se encuentran asociados por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De tal forma, señalando un objeto se conocen sus atributos y su localización en la cartografía.

Una de las características que tienen es que se puede separar la información en diferentes capas temáticas y almacenarlas independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, con el fin de extraer sólo la información de interés que tal vez no podríamos conseguir en algún otro medio.

Existen dos formatos para almacenar la información satelital que son el ráster y el vectorial. El primero se caracteriza porque la representación de la información se realiza por medio de celdas o píxeles, mientras que el modelo vectorial se representan los datos por medio de los elementos definidos como punto, línea o polígono. Para ambos formatos se necesita la información satelital para georeferenciarlos por medio de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator). Para definir qué tipo de modelo utilizar es necesario primero analizar la actividad que se quiere realizar según las necesidades que tengamos.

El modelo ráster se basa en formaciones regulares de celdas homogéneas a las que se les asocia un valor numérico que es traducido a un nivel de color basado en las características regionales. Las imágenes generalmente son obtenidas mediante técnicas de teledetección espacial.

Por otra parte los datos espaciales son aquellos referidos a entidades o fenómenos que cumplen cuatro características principales:

1. Deben tener una posición absoluta, es decir, sobre un sistema de coordenadas x, y, z.
2. Deben tener una posición relativa en relación con otros elementos espaciales. A esto se le conoce como topología, que es cuando los elementos van incluidos y ligados por medio de sus propiedades espaciales.
3. Tienen una figura geométrica que las representa, que en el caso de los datos vectoriales son de tipo línea, punto y polígono.
4. Contienen atributos que las describe, es decir, son las características del elemento u objeto.





Dichos datos espaciales son las propiedades fundamentales que forman las capas temáticas del SIG. Todos estos datos deben estar vinculados para poder crear las bases de datos geoespaciales, que a su vez, ésta debe contener la información de datos espaciales, estadísticos, de cartografía y de campo.

Entre las aplicaciones que tienen los SIG en la toma de decisiones es muy variada y como ya se mencionó, para elegir entre el formato vectorial y ráster dependerá del trabajo que se quiera analizar, por lo que no es posible establecer absolutamente cuál de los modelos es mejor, pues cada uno presenta ventajas y desventajas, por lo que la selección dependerá de la naturaleza de la información descrita. A continuación se describen algunas de las fortalezas de ambos modelos de análisis:

- ✓ Brinda un mejor manejo de mapas digitales evitando la utilización de múltiples mapas impresos.
- ✓ Relaciona cada objeto con una información más amplia para establecer relaciones espaciales.
- ✓ El procesamiento de la información es muy rápido comparado con otras tecnologías.
- ✓ No necesita mucho espacio de almacenamiento, pues tiene la característica de ser compacto en espacios reducidos.
- ✓ Brinda manejo de la información para proyectos o investigaciones que beneficia a un determinado sector.
- ✓ El mantenimiento y recuperación de datos se puede realizar a costos muy bajos.

Por otro lado, existen algunas características que se deben atender con especial cuidado durante el procesamiento de los datos.

- Puede haber discrepancia con la información proporcionada por los diferentes organismos gubernamentales y no gubernamentales que desarrollan la información contenida en las capas temáticas.
- La actualización de los datos puede que no sea constante, por lo que al trabajar con ésta se puede presentar el caso de que ya sea obsoleta.
- Los costos de elaboración de un SIG son muy altos en la etapa de recopilación de información de campo.
- Pueden presentarse errores en la captura y manipulación de los datos.
- A veces se presentan errores en el almacenamiento y en la salida de datos finales.
- Debido a los altos costos de elaboración del SIG, hay accesos restringidos a la información.

Estos puntos mencionados sólo son algunos de todos los que se han presentado en la manipulación y cotejo de datos. Los SIG siempre tendrán ventajas y desventajas, aunque se trabaje minuciosamente en estas últimas, no puede ser perfecta la toma de datos georreferenciados debido a la desviación estándar que hay en el enfoque por pixel por parte de la información satelital.

Como los objetos espaciales se almacenan como coordenadas y conjuntos de coordenadas, puede captarse la ubicación exacta de elementos como líneas centrales de caminos, líneas de tendido de suministros públicos y límites de propiedad, entre otras cosas. Sin embargo, las aplicaciones son aún más extensas, generalmente se usa en áreas





como las físicas, geológicas, hidrológicas, sociales, económicas, naturales, ecológicas, jurídicas, administrativas, etcétera.

Para explicar mejor las aplicaciones se presenta en la tabla 4.1 algunos ejemplos que han ayudado a la toma de decisiones en algunas áreas:

Tabla 4.1 Ejemplos de aplicación de los SIG

Área	Característica (algunos ejemplos)
Geología	Ayuda a conocer y caracterizar las propiedades edafológicas como el tipo de suelo, tipos de rocas, etc. Se puede caracterizar fallas geológicas, lugares de minas y cavernas así como alguna irregularidad en el ecosistema. Al determinar estas propiedades, serán más fáciles los estudios para la determinación y características de algún sitio, así como el tipo de maquinaria que debe emplearse en alguna obra civil. En cuanto a los lugares de alto riesgo se pueden tomar medidas de control.
Hidráulica	Determinación de extensiones y áreas de sistemas hidráulicos para proyecciones para el abastecimiento. Evaluación de la calidad del agua por medio de técnicas de PR. Ayuda a obtener superficies de inundación, entre muchas otras Exploración de aguas subterráneas. Al analizar estos factores se pueden comparar los resultados de campo con los del programa y obtener el valor exacto para algún proyecto de beneficio social o para la preservación del lugar.
Climatología	Ayuda a analizar el cambio climático de alguna región. Se puede hacer una modelación de las variables climatológicas en un determinado periodo de tiempo.
Biológicos	Delimitación de hábitat de especies tanto animales como vegetales.
Ecología	Ordenamiento de recursos naturales y control demográfico.
Catastro	Determinación de zonas urbanas y rurales, así como características de población. Determinación de uso de suelo dependiendo los asentamientos poblacionales. Con estas características se pueden determinar el crecimiento de manchas urbanas.
Gestión	Se puede gestionar en general cualquier proyecto del tipo que sea, tanto de índole gubernamental como particular.

Fuente: Sistemas de Información Medioambiental, 2005.

En la tabla 4.1 se muestran algunos ejemplos en los que se puede utilizar los SIG, sin embargo su uso va aún más allá de lo antes mostrado.

En cuanto a la parte ambiental se puede determinar lo siguiente:

- Determinación de la contaminación de algún acuífero o cuerpo de agua por medio de la percepción remota, ya sea contaminación por descargas residuales o por presencia de materia orgánica.
- Determinación de sitios contaminados por residuos sólidos urbanos o por residuos peligrosos.





- Análisis de sitios de disposición final que cumplan con la normativa creando zonas buffer.
- Selección de sitios para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, aguas para el consumo humano y sitios de disposición final de residuos.

Estas son sólo algunas de las aplicaciones de los SIG, sin embargo se puede aplicar a cualquier proyecto siempre y cuando se utilice información actualizada y se corroboren los resultados con distintas fuentes de información.

5. LEGISLACIÓN VIGENTE¹

Dado las necesidades que se pueden presentar en los sectores públicos, se tienen distintos tipos de legislación en los tres niveles de gobierno, que son el federal, estatal y municipal. Dichas legislaciones tratan de dar solución al tema de residuos para que el gobierno encargado de la prestación de los servicios, realice la gestión y manejo integral adecuados para optimizar recursos y minimizar los impactos ambientales.

La composición jerárquica de éstas es la que se muestra a continuación:

- I. **LEGISLACIÓN FEDERAL.** Es la que se encuentra en la punta de la pirámide y se debe de cumplir por encima de todas las demás leyes establecidas por los subsecuentes niveles de gobierno.
 - i. En esta parte se tienen primeramente la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*², que es la máxima atribución del país. Si se quisiera establecer una nueva ley, se tiene siempre que cuidar que cumpla con lo establecido en la Constitución, en caso contrario, se debe modificar la nueva ley para que no entre en controversia.
Con base en lo anterior, se establece en el **artículo 115** que compete al municipio la prestación de servicios públicos, entre éstos el sistema de limpia y recolección de residuos sólidos urbanos. Esto significa que cualquier asunto relacionado con el tema de residuos sólidos urbanos es de obligación del municipio.
 - ii. En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, también se enuncia en el **artículo 4** se establece que toda persona tiene derecho a un ambiente digno y sano para su desarrollo personal, resaltando que es el estado el que debe garantizar dicho cumplimiento.
 - iii. Después se tienen las leyes generales y leyes federales, que entran en vigor una vez que son publicadas en el Diario Oficial de la Federación, antes de ser publicadas no tienen ningún valor en el país porque no son disposiciones oficiales. Dichas leyes son las siguientes:

¹ Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. (2010-2016). *Bitácora Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca*: <http://187.157.149.190/?q=node/11>.

² (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos)





- A. **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**; se divide en seis títulos, con un total de 204 artículos, sin embargo, en materia de residuos sólidos, el título IV denominado “*Protección al Ambiente*” es el que se encarga de enunciar los parámetros y lineamientos para el manejo y control de éstos. A su vez, éste se subdivide en 8 capítulos, de los cuales el capítulo IV llamado “*Prevención y Control de la Contaminación de Suelo*” es el que especifica lo antes mencionado. Finalmente aquí se expiden 10 artículos, pero seis son los que resumen todo el proceso que se debe realizar para tener un ciclo óptimo en el manejo y minimización de impactos al ambiente ocasionados por la contaminación generada en el proceso de los residuos. Dichos artículos son los siguientes:
- a. **Artículo 134.** Se debe de tener una prevención y control de la contaminación del suelo por residuos. Como se mencionaba antes, el municipio encargado de prestar el servicio de limpia y recolección tiene la obligación de hacer obras de ingeniería que implica todo el control de los impactos que pueda causar el manejo, así como los procedimientos de reúso y reciclaje de éstos.
 - b. **Art. 135.** Tiene que haber una ordenación urbana, operación y control de los tipos de residuos en los que se clasifican los diferentes generadores.
 - c. **Art. 137.** Es uno de los artículos más importantes porque especifica el deber de cada una de las formas de gobierno para el funcionamiento y manejo integral de los residuos. Debe quedar claro que para lograr esto se debe de respetar cada una de las normas y leyes locales aplicables en cada caso de estudio.
 - d. **Art. 138.** Debe haber una implantación de acuerdos y asesorías estatales para el mejoramiento del sistema en general.
 - e. **Art. 139.** Toda contaminación que sea por descargas, depósitos o infiltraciones se deben tratar según lo dispuesto en las leyes generales.
 - f. **Art. 141.** Para poder reducir la generación de residuos sólidos se deben expedir normas para la fabricación de empaques y embalajes, que es una de las prevenciones más importantes porque es el inicio del ciclo de los residuos y los demás procesos dependen de éste.
- B. **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**;
No obstante, dado que es una legislación general de los residuos, explica todos los criterios que se deben aplicar en el país, que van desde su valorización, responsabilidad del manejo integral, criterios de gestión, mecanismos de coordinación entre entidades, mercado de subproductos, participación social, medidas de control, entre otros.
- C. **NOM-083-SEMARNAT-2015**; Es la última norma en materia de residuos publicada en el Diario Oficial de la Federación. Cabe mencionar que es una actualización de la NOM-083-SEMARNAT-2003 pero con mejoras en cuanto a los límites permisibles que deben cumplir





los criterios para la evaluación y elección de sitios óptimos de disposición final.

D. **NOM-161-SEMARNAT-2011**. Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

I. **LEGISLACIÓN ESTATAL**. Cada estado es el encargado de estipular su propio marco jurídico en materia de residuos así como temas de cualquier índole referente a su gobierno. Entre el instrumento legal que se maneja en el Estado de Oaxaca (que es el caso de estudio de este trabajo) se tiene lo siguiente:

i. **Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca**. Es la base de organización política y administrativa que rige a todos los municipios del estado, sin embargo, en materia ambiental, se tratan los siguientes artículos:

a. *Título primero, “Principios Constitucionales y garantías”; Artículo 12*. Se menciona que “toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar”; esto significa que el gobierno tiene la obligación de preservar el ambiente para evitar problemas de salud que sean ocasionados por una mala gestión de los residuos de cualquier índole.

b. *Título cuarto, “Del gobierno del estado”, Sección cuarta “De las facultades de la legislatura”, Artículo 59, fracción LXI*; se enuncian las facultades que tiene el congreso del estado para legislar sobre “la seguridad social y el medio ambiente para procurar el nivel de vida de la población y el mejoramiento a la salud”, es decir, el congreso es el encargado de procurar la salud pública por medio de un ambiente digno logrado a través de un buen manejo y control del ambiente.

ii. **Legislación del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca (LEEO)**.

a. *Fracción I, Artículo 2*. Señala que toda persona tiene el derecho a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

b. *Fracción XIV, Artículo 4*. Es competencia del estado regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales no peligrosos.

c. *Fracción XIV, Artículo 5*. El ayuntamiento debe aplicar las disposiciones respecto del manejo y disposición final de los residuos no peligrosos.

d. *Fracción XIV, Artículo 17*. Se requiere evaluar el impacto ambiental para los sistemas de manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos.

iii. **Ley de Desarrollo Urbano para el Estado de Oaxaca**.

a. *Artículo 23, fracción X*: El Poder Ejecutivo de cada estado, a través de la dependencia correspondiente, tendrá la facultad y obligación de proponer la realización de obras y servicios públicos en el Estado para cumplir un desarrollo adecuado para el estado.

b. *Artículo 24, fracción XII*: Los Ayuntamientos del Estado tienen la obligación de coordinarse y asociarse con otros municipios del Estado para la prestación de los servicios públicos.

iv. **Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados del Estado de Oaxaca**.





- a. *Artículo 2.* Se considera obra pública a todos los trabajos que realiza el Estado o los Ayuntamientos con el propósito de interés general que se destine al uso o servicio público.
- b. *Artículo 24.* Los contratos para la ejecución de obras públicas se realizarán por medio de un procedimiento de licitación pública.
- c. Las dependencias, entidades y ayuntamientos podrán contratar obra pública bajo las modalidades de licitación pública, por invitación restringida a cuando menos tres contratistas y por adjudicación directa.
- d. *Artículo 26.* La contratación de obras públicas por dependencias y entidades sólo podrá llevarse a cabo cuando se tenga saldo disponible para las partidas correspondientes del presupuesto aprobado y que cuente con los títulos de propiedad debidamente inscritos en los Registros Públicos a favor de las dependencias, entidades y ayuntamientos. Se debe contar con los estudios de proyecto, normas y especificaciones.

II. LEGISLACIÓN MUNICIPAL.

i. Ley Municipal para el estado de Oaxaca.

- a. *Artículo 5.* Establece que los municipios podrán coordinarse y asociarse entre sí o con el Estado para la más eficaz prestación de los servicios públicos municipales.
- b. *Artículo 140.* Es obligación de los municipios la prestación de los servicios públicos municipales, entre los que se encuentran: limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos.
- c. *Artículo 141.* Que trata de la prestación de los servicios públicos y de la competencia de los ayuntamientos para que se logre ya sea por iniciativa pública o podrá concesionarse temporalmente con la finalidad de brindar un mejor ejercicio de sus funciones.
- d. *Artículo 142.* Siguiendo con lo establecido en el artículo 140 y 141, en el caso de que los servicios sean prestados directamente por el ayuntamiento, deben ser supervisados por los regidores u órganos correspondientes de cada municipio. Dichos organismos operadores deben dar razón a los ayuntamientos.
- e. *Artículo 143.* Que es el segundo caso establecido en el artículo 141, por medio de concesión por iniciativa privada.
- f. *Artículo 144.* Que establece la intervención de una parte o intervención total de los ayuntamientos dentro de la concesión, es decir, cuando los ayuntamientos requieran la autorización de las dos terceras partes de sus integrantes para concesionar sus servicios públicos, tomando los siguientes puntos: 1. Al término de la concesión, corresponde al ayuntamiento la gestión del servicio público, que es cuando el ayuntamiento debe tomar el control total de la prestación de los servicios o 2. Cuando la concesión afecte bienes inmuebles municipales.
- g. *Artículo 145.* Dicta que en los casos que se presente la licitación, no se puede otorgar la concesión a miembros del ayuntamiento o familiares hasta el segundo grado o empresas de los mismos representantes que tengan intereses económicos.
- h. *Artículo 146.* Que habla sobre el otorgamiento de concesiones siguiendo los criterios sujetos a 1. Autorización del ayuntamiento del servicio público, que





debe emitirse por las dos terceras partes de los integrantes del ayuntamiento; 2. Si el ayuntamiento se declara no apto para prestar el servicio a sí mismo, y otorga dicha concesión, debe hacer conocimiento al público sobre ésta; 3. Ante la licitación, los solicitantes deben formular la solicitud respectiva cubriendo los gastos de estudios para el proyecto; 4. Debe publicarse todo el periodo de concesión, así como las causas por las cuales se pueda cancelar o revocar; 5. Se debe dictar las condiciones bajo las cuales se garantice la seguridad, suficiencia y regularidad del servicio; 6. Se deben determinar las condiciones de la prestación del servicio; 7. Se debe establecer el procedimiento para resolver las reclamaciones por aceptación de derechos y obligaciones para el organismo que obtendrá la concesión para el servicio público.

- i. *Artículo 148.* Que habla de la cancelación de la concesión o intervención de ésta por incumplimiento. Recalcando que la concesión sólo es por un tiempo determinado.
- j. *Artículo 149.* El concesionario previamente a la prestación del servicio público debe tramitar y obtener de las autoridades municipales los dictámenes, permisos, licencia y más autorizaciones que se requieran.

III. NORMAS MEXICANAS. Son aquellas que dictan procedimientos en la evaluación y determinación de parámetros, especificando los procedimientos para el control y protección ambiental. En materia de residuos, son cuatro las normas mexicanas importantes que ayudan a la evaluación y obtención de parámetros que definen a los residuos, esto significa que al aplicar dichas normas podremos saber características como el peso volumétrico, la generación por habitante, cuantificar y seleccionar los distintos residuos caracterizados por su material de fabricación y componentes tanto químicos, físicos y/ biológicos, entre otros factores sólo por mencionar los más importantes. Con estos datos se puede hacer un análisis para saber el total producido en un lugar y se podrá definir cuántos camiones compactadores o de volteo se necesitarán para que recolecten en un lugar si sabemos el peso volumétrico, el volumen y el tipo de componente. Seguidamente a esto, sabremos cuánto será el volumen que llegue a disposición final y así diseñar la celda destinada a cada día en donde se depositarán los residuos y que no sobrepase el límite contemplado en el proyecto.

Después de dicho análisis, se presenta a continuación cada una de las Normas Mexicanas utilizadas en el tema de residuos.

- i. **NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales- Muestreo-Método del cuarteo.**

Esta norma hace énfasis a la realización del método del cuarteo como ayuda para la determinación de la generación en alguna población de estudio, con la finalidad de tener un aproximado de cuánto es la cantidad que genera cada persona, recordando que la muestra final deberá ser la más representativa, dado que es la que va a utilizarse como general del sitio.

Dentro de las especificaciones para la realización del método, el material, el equipo, el número de personas que deben realizarlo y algunas





- restricciones sobre las cosas que no se deben hacer para tener el mejor cuidado y control para no alterar los resultados finales.
- ii. **NMX-AA-19-1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales- Determinación del peso volumétrico “in situ”.**
- Esta norma va ligada directamente de la anterior, si no se realizaran las especificaciones que dicta la NMX-AA-15-1985, no se podrían obtener resultados para esta norma.
- Prácticamente el objetivo de esta norma es que una vez realizados los pasos de la norma anterior, se van a seleccionar los residuos por subproducto
- iii. **NMX-AA-22-1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales- Selección y cuantificación de subproductos.**
- De los procedimientos presentados en la Norma NMX-AA-15, se procede a un nuevo método que consiste en separar los residuos por subproducto, esto con la finalidad de que se tenga el peso por subproducto y el peso total de la muestra. Con eso se podrá determinar el peso volumétrico. Entre las ventajas de este proceso es que al si se desea proyectar el volumen total generado en cierta parte de la población considerando que conocemos el peso volumétrico y la generación per cápita, podemos calcular el volumen que se generará y con eso sabremos el número de camiones recolectores.
- iv. **NMX-AA-61-1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales- Determinación de la generación.**
- Esta norma marca que deben haber tres estratos para que sea un amuestra representativa. El índice de marginación tiene cinco estratos y con base a esto se hace un sistema de selección para los AGEB's (Áreas Geoestadísticas Básicas) y así distribuir cada una de las muestras. Los estratos se pueden reducir a tres considerando la variable población. Para cada estrato se toman 80 muestras.
- Para cada una de las muestras se saca la generación per cápita, recolectado diariamente los residuos.





6. METODOLOGÍA

6.1 Caracterización del sitio

Oaxaca limita con los estados de Puebla, Veracruz, Chiapas y Guerrero. La extensión territorial es de 93, 952 km², representando el 4.8% de la superficie total de la República Mexicana. Cuenta con 570 municipios, esto es prácticamente una cuarta parte del total de municipios que hay en el país, es por eso que está dividido en treinta distritos y a su vez, éstos se dividen en ocho regiones etnográfico-folklóricas, que son: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales (figura 6.1.1).



Figura 6.1.1 Regiones de Oaxaca

Fuente: <http://www.sim.oaxaca.gob.mx/>

Está ubicado en la zona sureste de la República Mexicana entre las coordenadas 15° 39', 18° 42' latitud norte y 93° 52', 98° 32' longitud oeste y nueve elevaciones principales, donde la máxima es de 3720 msnm. Contiene parte de 5 provincias fisiográficas: Eje Neo volcánico, Sierra Madre del Sur, Llanura Costera del Golfo Sur, cordillera Centro Americana y Sierra de Chiapas y Guatemala.

Como ya se mencionó antes, el estado tiene aproximadamente 3 802 000 habitantes por lo tanto, la densidad poblacional es de 37.3 hab/km², sin embargo, la mayor concentración de los habitantes es en la capital y colindancias a ésta. Oaxaca es la entidad con mayor diversidad étnica y lingüística del país, actualmente cuenta con 18 grupos étnicos de los 65 totales.





6.1.1. Características climáticas

Oaxaca es uno de los estados con más diversidad climática, en éste se encuentran ocho regiones hidrológicas, por lo que en el territorio hay climas cálidos, semicálidos, templados, semifríos, semisecos, secos, entre otros. En la figura 6.1.2 se detallan cada uno de los climas que hay en todo el estado.

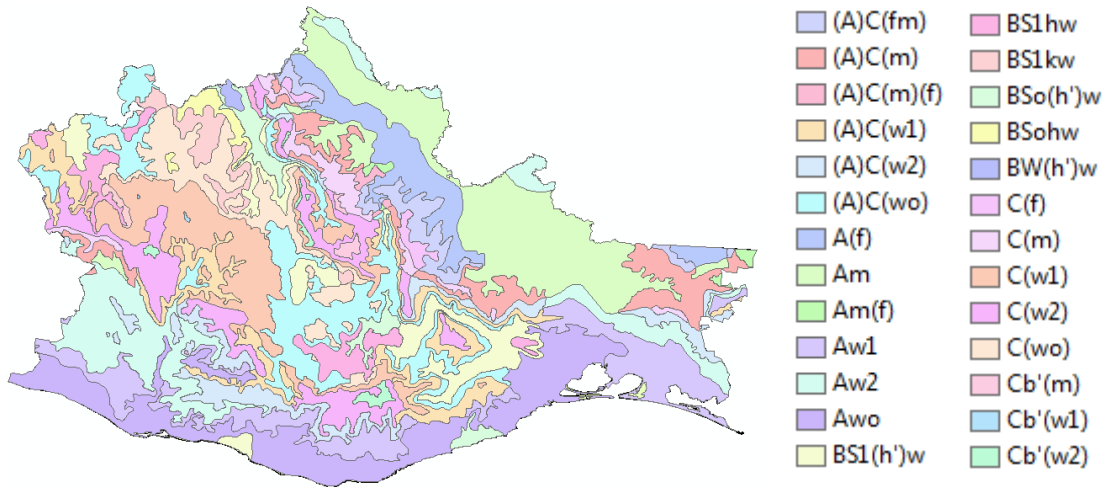


Figura 6.1.2. Climatología de Oaxaca

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida de CONABIO

De la figura anterior, la descripción de las denominaciones climáticas se explica a continuación:

Tabla 6.1. Descripción climática

Tipo	Clima	Temperatura	Descripción precipitación
(A)C(fm) (A)C(m)(f)	Semicálido húmedo del grupo C	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.
(A)C(m)	Semicálido húmedo del grupo C,	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Lluvias de verano, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C,	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.
(A)C(w2)	Semicálido subhúmedo del grupo C,	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
A(f)	Cálido húmedo,	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.





Tipo	Clima	Temperatura	Descripción precipitación
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C,	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
(A)C(f)	Semicálido húmedo del grupo C,	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.
Am	Cálido húmedo,	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Am(f)	Cálido húmedo,	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.
Aw1	Cálido subhúmedo	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Aw2	Cálido subhúmedo	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Awo	Cálido subhúmedo	Media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BS1(h')w	Semiárido, Semicálido	Media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BS1kw	Semiárido, templado	Media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BSo(h')w BSohw	Árido, cálido	Media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BW(h')w	Muy árido, cálido	Media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
C(f)	Templado, húmedo	Media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
C(m)	Templado, húmedo	Media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia





Tipo	Clima	Temperatura	Descripción precipitación
		temperatura del mes más caliente bajo 22°.	invernal del 5% al 10.2% del total anual.
C(w1) C(w2)	Templado, subhúmedo	Media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
C(wo)	Templado, subhúmedo	Media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Cb'(m)	Semifrío, húmedo con verano fresco largo	Media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C; temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% del total anual.
Cb'(w1) Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo	Media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

Con base a los resultados obtenidos del clima de cada región, se puede tener el índice de humedad en relación al número de días por año. En la figura 6.1.3 se muestran las regiones dependiendo sus días de humedad.

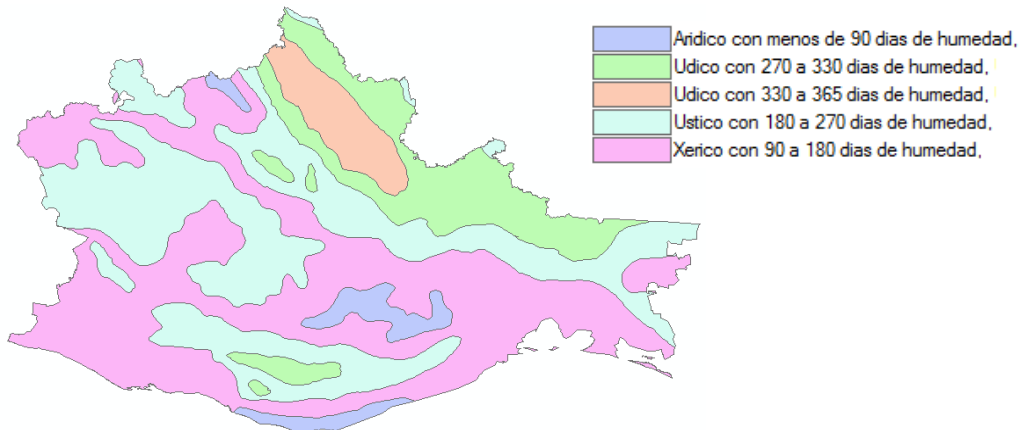


Figura 6.1.3. Índice de humedad por región.

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida de CONABIO.

En donde la zona áridica es la que tiene menores días de humedad y la údica es la que tiene la mayor humedad del estado.

Es importante saber el tipo de clima predominante en el lugar porque es uno de los requisitos indispensables que dicta la normativa actual en cuanto a la selección de sitios de disposición. Como sabemos, mientras más humedad haya en el lugar, es más probable que se presenten periodos de inundación y un relleno sanitario no puede alojarse en un lugar



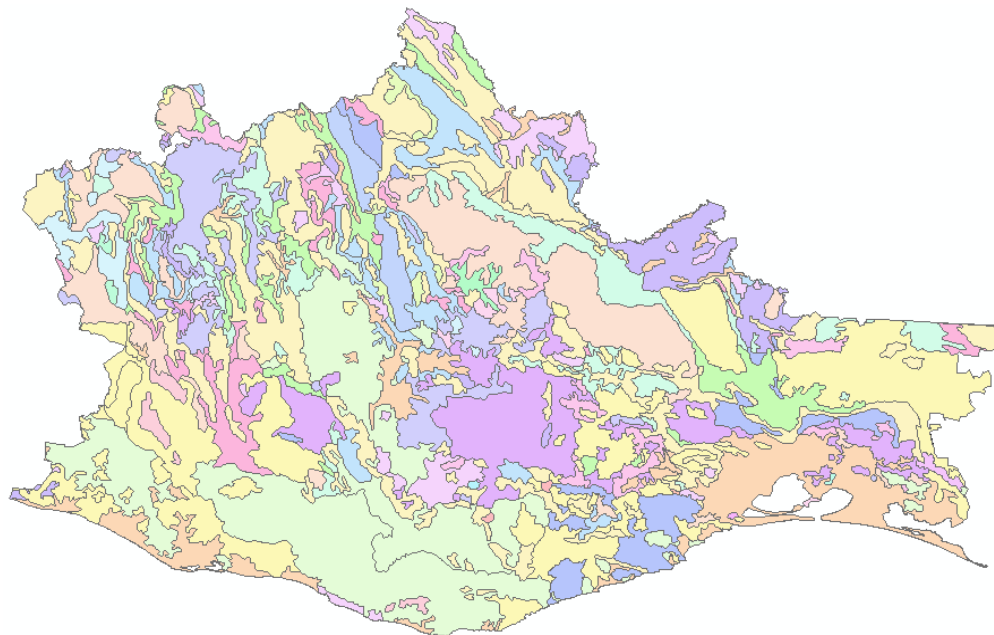


con estas características dado que la generación de lixiviados sería mayor y habría más repercusión en el tratamiento.

Generalmente la parte sur del país presenta características ambientales húmedas, sin embargo (como se muestra en la figura 6.1 y 6.2), el estado de Oaxaca es una región que cuenta con muchos tipos de clima a comparación con otros estados que sólo presentan un tipo de clima. Es por eso que al elegir el sitio óptimo, se dará prioridad a las zonas con periodos de inundación bajos o bien, a sitios que no presenten características favorables para la siembra de productos primarios del lugar.

6.1.2. Características geológicas y edafológicas

Geográficamente Oaxaca es un estado donde cerca del 90% de su superficie se ubica en áreas montañosas, con gradientes latitudinales diversos que dan como resultado un extenso panorama climático (como se explicó en el subcapítulo 6.1.1).



■ Arenisca	■ Lutita
■ Arenisca-Conglomerado	■ Lutita-Arenisca
■ Brecha sedimentaria	■ Metasedimentaria
■ Caliche	■ Mármol
■ Caliza	■ N/A
■ Caliza-Lutita	■ Pizarra
■ Caliza-Yeso	■ Skarn
■ Cataclasita	■ Volcanoclástico
■ Conglomerado	■ Ígnea extrusiva básica
■ Cuarcita	■ Ígnea extrusiva intermedia
■ Esquisto	■ Ígnea extrusiva ácida
■ Esquisto-Gneis	■ Ígnea intrusiva básica
■ Gneis	■ Ígnea intrusiva intermedia
■ Limolita-Arenisca	■ Ígnea intrusiva ácida

Figura 6.1.4. Tipos de suelo

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida en CONABIO.





La variabilidad de sus ecosistemas agrega una diversidad en su estructura geológica y edafológica. En la figura 6.1.4, se presenta de forma detallada las características edafológicas del estado de Oaxaca.

Donde las zonas que son de roca tipo ígnea, no se recomiendan para uso de un relleno sanitario, debido a que son de características muy rígidas y no permitirían el uso de maquinaria para excavaciones del material de cobertura.

El objeto de la clasificación del tipo de suelo es para compararlos describiendo sus propiedades físicas con el propósito de utilización en un trabajo de ingeniería específico, que en este caso es para la construcción del relleno sanitario. El estudio del tipo de suelo es importante porque dará las propiedades que se necesitan en cuanto a la resistencia (porque al depositar los residuos se tendrán asentamientos que podrían perjudicar la geomembrana causar fracturas), permeabilidad (si es muy permeable se presentará el problema de un alto grado de infiltración que será absorbida por el suelo y podría ocasionar presiones en la celda provocando fracturas a la geomembrana o geotextil), entre otras, por mencionar las más importantes.

Por otra parte, se caracterizaron los tipos de suelo que hay debido a sus características rocosas (figura 6.1.5). Principalmente se tiene la gravosa, la lítica, la pedregosa, y la petrocálcica. La primera hace referencia a los tipos de suelo que contienen gravas y arcillas o gravas con lutitas, la lítica es de consistencia más dura pero no presenta tanta dificultad en la excavación y las últimas dos tienen el problema de que son de roca muy dura y para su excavación se necesita de maquinaria especializada para fracturarla. Las dos últimas se encuentran principalmente en la zona de la sierra o en la zona del istmo.

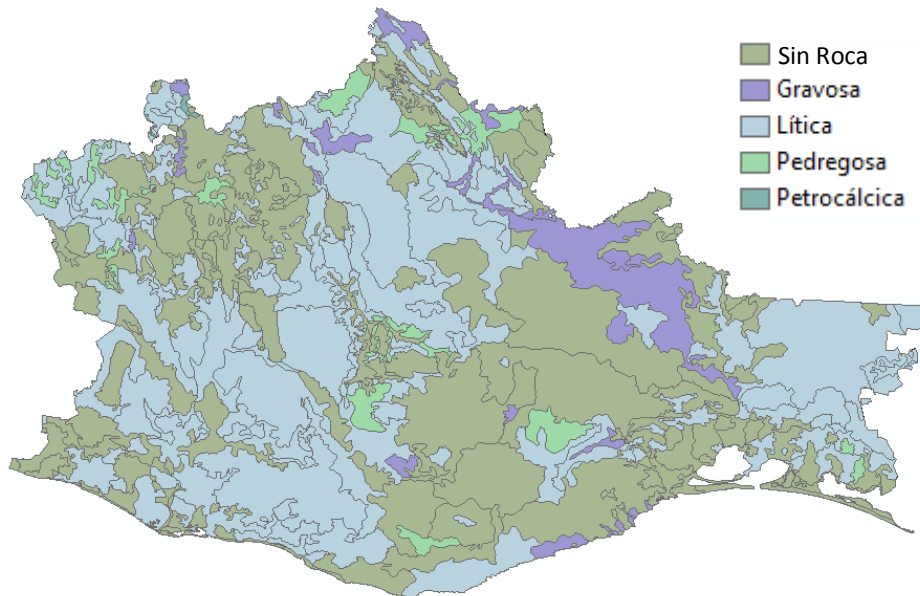


Figura 6.1.5. Tipos de roca

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida en CONABIO.





6.1.3. Uso de suelo

En Oaxaca se tiene diversidad en sus procesos productivos, pero de las actividades que ahí se realizan predomina la agricultura. Se hace la descripción de los usos de suelo para que en la metodología y resultados sea más sencillo proponer un sitio y que no se afecte algún suelo rico para la agricultura y cultivo.

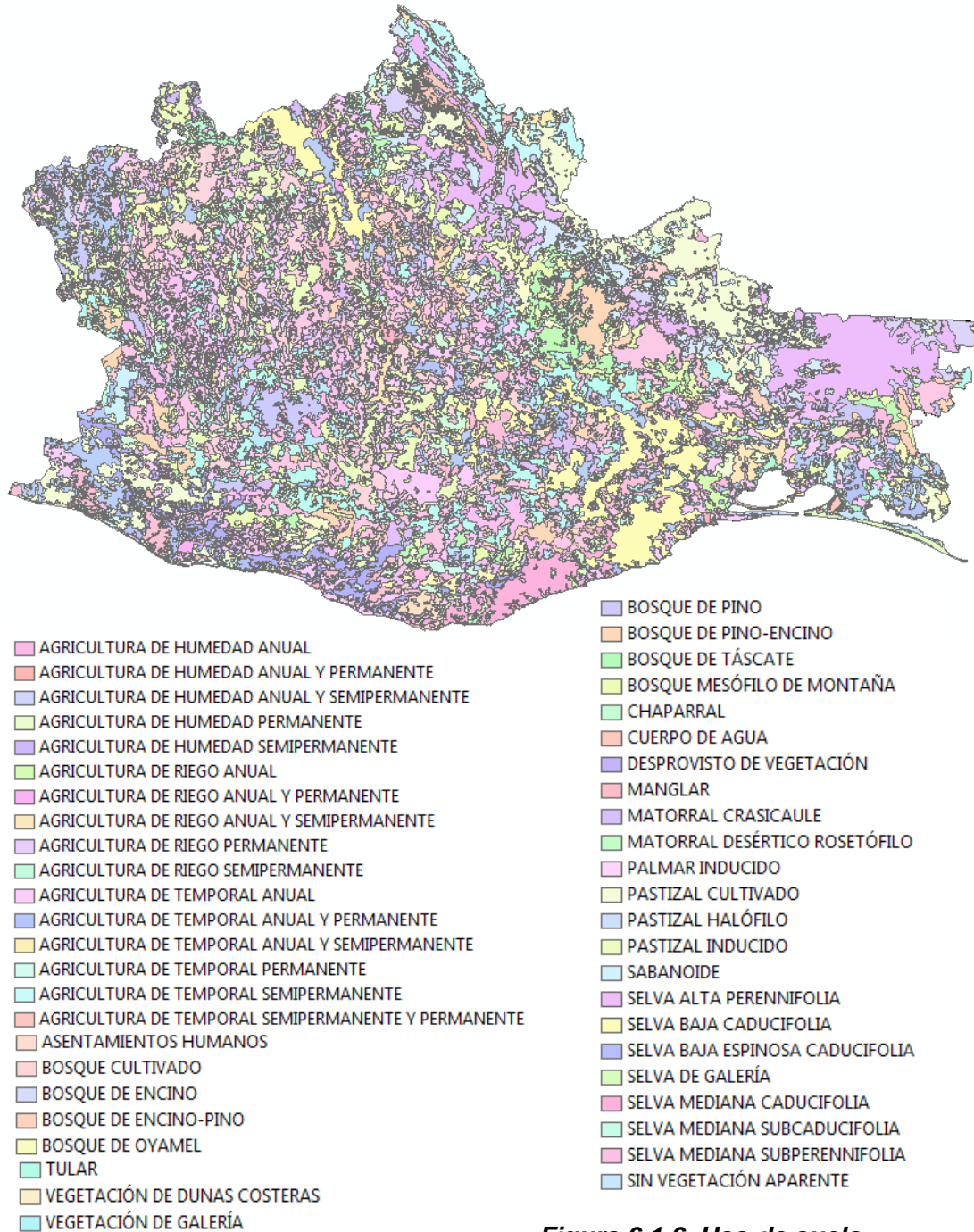


Figura 6.1.6. Uso de suelo





- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE MEZQUITE
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE TÁSCATE
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE CHAPARRAL
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MANGLAR
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL CRASICAULE
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA PERENNIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
- VEGETACIÓN SECUNDARIA HERBÁCEA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA
- ZONA URBANA

Figura 6.1.6. Uso de suelo

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida en CONABIO.

La figura 6.1.6 presenta cada una de los usos del suelo del estado, donde el 30.6% de la superficie es de uso agrícola, el resto no es apto para cultivar debidas las características del suelo, elevaciones, zonas urbanas, selvas, tipo de vegetación, etcétera.

6.1.4. Características demográficas y de generación por región

Como ya se mencionó, el estado se subdivide en ocho regiones que a su vez se divide por un determinado número de municipios que no necesariamente tienen que ser proporcional entre regiones, si no que se dividen dependiendo el tipo de clima, el tipo de suelo y las características geográficas. Para fines censales, la población se subdivide como se muestra en la tabla 6.2.





Tabla 6.2. Características demográficas

Datos Generales			Localidades [N° de habitantes]			
Región	Superficie [km]	Habitantes	Menos de 500	De 500 a 1999	De 2000 a 4999	Más de 5000
Cañada	4398.61	200140	825	79	4	2
Costa	11605.06	534010	1401	159	33	14
Istmo	20755.26	595433	1210	94	30	18
Mixteca	15671.08	465991	1930	152	11	5
Papaloapan	8496.79	465192	1047	166	11	9
Sierra Norte	8972.39	176489	516	109	10	0
Sierra Sur	14753.26	330823	1206	167	6	2
Valles Centrales	9480	1033884	1056	145	51	28

Fuente: (IEEO, 2007)

De la tabla 6.2, se presentan las regiones subdivididas por localidades que, a su vez, contienen el número de habitantes de cada una de éstas en cuatro intervalos diferentes. También se presenta el número de habitantes totales y la superficie total en kilómetros.

La región que cuenta con más número de habitantes es la de Valles Centrales. Aquí se concentra la mayor población debido a que se encuentra la capital del estado y la mancha urbana se ha extendido a municipios aledaños a éste. Esta región que se caracteriza por tener más localidades mayores a 5000 habitantes. La segunda región más habitada es la del Istmo siguiendo la Costa.

Como se sabe, la generación de residuos es proporcional al número de habitantes que haya en el lugar, es por eso que siempre en zonas conurbanas se tendrá la problemática de un mayor número de residuos en comparación con comunidades pequeñas.

En la tabla 6.3, se presenta la generación por región y el número de sitios destinados a la disposición final del año 2007 que es la última actualización que se encuentra en las páginas de la Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT) y del Instituto de Ecología del Estado de Oaxaca (IEEO). En dicho año, se registró un total de 203 sitios de disposición final que utilizan las municipalidades, sin embargo, ninguno de estos sitios cumple con las características correspondientes que dicta la norma.





Tabla 6.3. Sitios de disposición final

Región	Sitios de disposición final			Residuos recolectados [Miles de toneladas]	N° de vehículos de recolección	N° de reglamentos municipales
	Tiraderos a cielo abierto [Ha]	Sitios no controlados [Ha]	N° de sitios			
Cañada	7.5	6.5	12	6.25	9	1
Costa	17.32	21	23	49.35	25	
Istmo	25.1	78.7	34	87.47	46	
Mixteca	21.55	35.5	24	31.52	30	1
Papaloapam	13.1	5.5	5	32.05	12	2
Sierra Norte	20.96	6.15	36	15.9	19	
Sierra Sur	6.08	19.5	11	20.84	13	
Valles Centrales	39.5	62.5	58	258.79	123	2

Fuente: (IEEO, 2007).

Datos más recientes señalan que en el 2015 se crearon nuevos proyectos para el mejoramiento ambiental y disposición de los residuos. El primer proyecto se trata de un estudio de factibilidad de infraestructura para la disposición final intermunicipal de residuos sólidos, con la finalidad de beneficiar a 5 municipios de la región del Istmo. El segundo caso es un proyecto ejecutivo para la construcción del relleno sanitario tipo C que beneficie a 6 municipios del distrito de Cuicatlán (región de la Cañada). Otro proyecto representativo del estado se aprobó entre el periodo 2014-2015 el proyecto del relleno sanitario ubicado en el municipio de Santa María Huatulco (región de la Costa), la importancia de dicho proyecto es alojar la producción de los residuos de manejo especial generados por la demanda turística del municipio. Finalmente se tiene el proyecto del relleno sanitario del municipio Villa de Tututepec de Melchor Ocampo (región de la Costa), este último proyecto comenzó en el 2014 y actualmente tiene un avance del 50 por ciento, sin embargo se ha retrasado la construcción de la obra debido a la problemática social y el desacuerdo de las comunidades aledañas al proyecto (Fuente: *oaxaca.gob.mx*, 2015).

Todos los proyectos descritos en el párrafo anterior aún no han concluido en cuanto a la elaboración de la infraestructura y, un problema muy grande que se está citando es que la actualización de la norma NOM 083-SEMARNAT, fue aprobada y publicado a finales del año pasado por medio del Diario Oficial de la Federación cambiando las características de las obras complementarias mínimas que debe tener relleno sanitario. Esto trae como consecuencia tanto puntos a favor como en contra, pero el problema más visible es que el presupuesto proyectado para la obra se tendrá que incrementar para que los sitios cumplan con la normativa vigente.

Como en la tabla 6.3 no se tiene la actualización de la información por parte de los municipios, se encontró que en el 2011 se realizó la apertura del relleno sanitario Tipo C en el municipio de Tlacolula de Matamoros, con la finalidad de beneficiar a los municipios de





Huajuapán de León, Tlaxiaco y Tamazulapam de Progreso y hasta el momento es el único sitio que cumplía con las características de la norma antes de la última actualización, por tanto regresamos a la problemática que se describía en los antecedentes (que el estado de Oaxaca no cuenta con la infraestructura en ningún sitio para considerarse apto para la disposición), sin embargo, las autoridades correspondientes y gobiernos municipales, se están preocupando por realizar actividades que disminuyan los impactos ambientales así como brindar los servicios de salud pública de los que tienen derecho los habitantes.

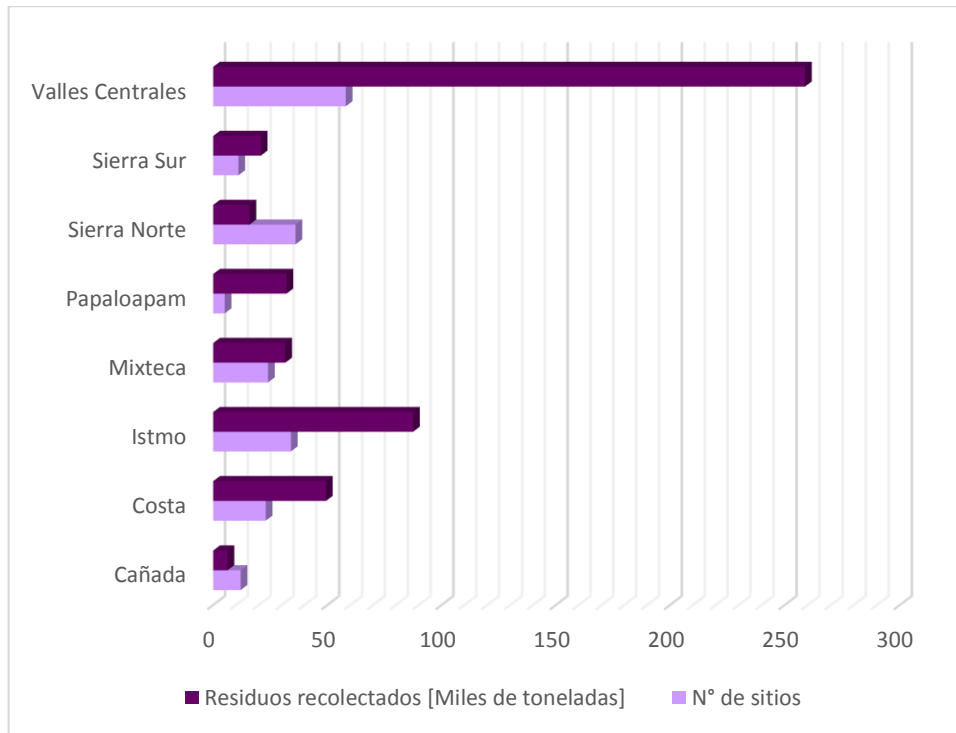


Figura 6.1.7. Residuos recolectados y número de sitios

Fuente: Programa para la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de Oaxaca, 2010.

Uno de los puntos que hay que resaltar de la tabla 6.3, es las miles de toneladas recolectadas al año por región geográfica, porque en la tabla no se especifica el total producido, es decir, cuando se hace un análisis de cuánto es el porcentaje de residuos que están llegando al relleno con respecto al porcentaje que se está generando se puede saber qué tan eficiente está siendo el sistema de recolección y si los colonos están depositando el cien por ciento de los residuos en el sitio destinado a los residuos o si se están depositando en calles, avenidas, parques, etcétera. Para obtener este dato, primeramente se tendría que hacer un estudio de generación en algunas zonas para tomar las muestras más representativas que ayude a obtener los kilogramos que se generan por habitante al día. Este procedimiento se tendría que hacer para cada localidad o región, sin embargo es difícil especificar que una región define al total del estado. Es por eso que se tiene que evaluar por sectores evaluando fuentes generadoras, relacionado directamente con la dinámica poblacional y sus actividades.





De la figura 6.1.7 se observa que la zona norte y la cañada tienen más sitios en comparación a los residuos que recolecta, esto puede ser por dos cosas diferentes, la primera es porque tal vez importa residuos de municipios de otras regiones, mientras que en valles centrales la recolección es mucho mayor en comparación de los sitios, recordando de que casi todos los residuos llegan a un tiradero, por lo tanto la mayor generación se da por parte de la zona central del estado que depositan miles de toneladas al año en un solo sitio.

Para definir la generación de los residuos por región es importante conocer las fuentes generadoras, esto ayudará a saber si la información del total de residuos recolectados es igual al total generado.

En Oaxaca, así como en otros estados, las fuentes generadoras serán las siguientes:

- Casa habitación
- Sector primario: agrícola, ganadero, pesquero, silvicultura
- Industria
- Comercio
- Servicios: escuelas, hospitales, oficinas, bancos, etc.
- Turismo: Hoteles, restaurantes, centros comerciales y de entretenimiento

Los estudios para la determinación de la generación de residuos se enfoca principalmente a los residuos domésticos ya que las fuentes generadoras no domésticas (clasificadas como residuos de manejo especial) presentan un vacío en cuanto a su clasificación y a los procedimientos aplicables para obtener los parámetros o índices más representativos de la región o estado.

Para determinar la generación de residuos sólidos urbanos (RSU), de manera tradicional se emplean los estudios de campo a través de levantamiento de muestras de los diferentes sectores socioeconómicos del país. Dichas muestras se hacen a una parte de la población pero se debe cuidar que sean muestras representativas porque serán las que representen a todo el sector (ya sea a todo el sector del nivel socioeconómico, de toda una colonia, municipio o hasta todo el estado, dependiendo de los recursos proporcionados por el gobierno y la importancia que le dé al tema). Por lo regular se considera trabajar con un nivel de confiabilidad $\alpha=0.05$, el tamaño de la premuestra recomendada es 15 casas³.

En este caso como no se hicieron pruebas de campo, se tomará la generación calculada con los datos proporcionados por el IEEO de la tabla 1.2. Por lo tanto la generación per cápita del Estado será de 0.72 kg/hab/día (IEEO, 2010).

En el caso de los residuos de manejo especial no se tiene algún método para su determinación porque las fuentes generadoras principalmente son empresas. Uno de los problemas en el país es que a pesar de que se tenga normativa y procedimientos que deben cumplir las empresas en sus planes de manejo, no se tiene la información exacta de lo producido, porque también sectores como el ganadero, agrícola, pesquero, pecuario, entre otros, generan residuos como excretas de ganado que no son cuantificadas en la información federal.

³ Punto 5.1.2, NMX-AA-061-1985.





Para los RME se contempló la generación por empresa, considerando como si las empresas registradas por la SEMARNAT son el total de productoras, aunque se sabe que esto no es verdad, pero sólo es para tener un estimado. Las empresas a su vez se clasifican en tres tipos dependiendo su generación: microgeneradoras, que su total producido no excede de las 0.4 T/año, las pequeñas generadoras que su generación se encuentra entre 0.4 y 10 T/año y las grandes generadoras que son más de 10 T/año.

Tabla 6.4 Generación por tipo empresa

Tipo de empresas					
Microgenerador		Pequeño Generador		Gran Generador	
Número	Estimación de generación	Número	Estimación de generación	Número	Estimación de generación
1069	116.56	476	1,328.13	49	1,425.78

Fuente: (SEMARNAT, 2014).

La generación por tipo de empresa está presentada en toneladas al día. El total generado en un año es de 2870.48 toneladas considerando sólo los sectores que se muestran en la tabla 6.5.

Tabla 6.5 Generación por tipo de RME

Acuacultura	Agrícola	Alimenticio	Artículos y productos de dif materiales
0.00	0.06	80.96	0.60
Artículos y productos de plástico	Artículos y productos metálicos	Asbesto	Automotriz
0.00	0.00	0.00	0.00
Celulosa y papel	Cemento y Cal	Comunicaciones	Congelación, Hielo y Productos
0.00	10.19	0.00	14.29
Construcción	Equipos y Artículos electrónicos	Explotación de bancos de materiales	Exploraciones y explotaciones mineras
205.07	0.50	8.35	0.00
Forestal	Generación de energía eléctrica	Madera y productos	Marítimo
0.00	129.23	11.20	0.00





Metalúrgica	Minero	Petroleo y petroquímica	Pinturas y tintas
26.86	0.00	59.94	0.39
Prendas y artículos de vestir	Química	Servicios Mercantil GRP	Servicios MRP
0.92	0.00	499.07	14.60
Servicios PS GRP	Siderurgica	Textil	vida silvestre
1,808.25	0.00	0.00	0.00

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

En la tabla 6.5 se desglosa todas las fuentes de generación de RME, pero no todas contienen información, por ejemplo, en los sectores donde se tiene un cero no se sabe si en realidad no se está generando residuos en ese sector o si no se tiene el dato de generación. También como ya se había mencionado antes, no se sabe si en realidad se están contemplando todas las empresas y fuentes generadoras del estado de Oaxaca. Por ejemplo, en el caso de la industria textil la información que presenta la SEMARNAT es de cero, sin embargo Oaxaca si cuenta con industria textil. Lo mismo pasa con otras industrias como la automotriz, minas, marítimo, entre otras.

Otro de los problemas que suelen presentarse en todos los estados es que aún siguen considerando residuos sólidos urbanos a los que se generan en industrias. Esto se presenta porque se confunden con el hecho de que son de tipo orgánico o inorgánico y en realidad se consideran de manejo especial por la gran cantidad que se genera con respecto a las poblaciones.

En el país a pesar de que se presentan cifras por parte de las secretarías federales y estatales con respecto a lo generado tanto de RM, no se sabe cuál es la cantidad exacta. Los residuos de manejo especial se presentan no solo en el sector primario, secundario y terciario de las actividades productivas, también se presenta en residuos de construcción y demolición que no pueden ser contabilizados porque no se le ha dado la importancia para su tratamiento o disposición.

Hablar del tema de residuos se ha vuelto un problema que hay que mitigar no sólo en el estado de Oaxaca, sino que se deben buscar los medios de control de la generación y disposición para todos los estados del país.





6.2. Establecimiento de criterios de selección

Para establecer un sitio de disposición final autorizado, se utilizaron los criterios que especifica la NOM-083-SEMARNAT 2015, cabe mencionar que el relleno sanitario debe estar localizado en un sitio donde pueda ser utilizado por más de un municipio y así hacer convenios entre éstos para compartir costos de construcción y mantenimiento. Dichos criterios se enuncian en la tabla 6.6:

Tabla 6.6. Criterios de selección

Concepto	Descripción
Cuerpos de Agua y mantos acuíferos	<ul style="list-style-type: none"> → No debe ubicarse en zonas de marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, pluviales, recarga de acuíferos, etcétera. → Se debe ubicar en sitios de inundación mayores a 100 años como periodo de retorno. → La distancia mínima con respecto a cuerpos de agua superficiales o de caudal continuo, lagos y lagunas debe de ser de 500 m. → La distancia mínima de pozos de extracción en operación o abandonados debe ser de 100 m.
Centros poblacionales	<ul style="list-style-type: none"> → La distancia mínima de poblaciones mayores de 2500 habitantes a la que puede localizarse es de 500 m, a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.
Geológicos	<ul style="list-style-type: none"> → No se debe ubicar en zonas de cavernas, fallas geológicas o fracturas activas.
Preservación	<ul style="list-style-type: none"> → No debe de ubicarse dentro de áreas naturales protegidas. → No debe ubicarse en zonas arqueológicas ni sitios de valor cultural.
Aeropuertos y aeródromos	<ul style="list-style-type: none"> → Debe ubicarse a una distancia mayor a 15 km del centro de las pistas de aterrizaje.

Fuente: NOM 083- SEMARNAT-2015

El sitio de disposición final debe garantizar una vida útil mayor a 15 años calculando con base en el promedio de la proyección de ingreso de residuos en ese periodo.

Una vez presentadas las restricciones y seleccionado un sitio, se debe proceder a hacer diversos tipos de estudios del lugar, esto con la finalidad de garantizar que en realidad sea apta su construcción y que no perjudicará propiedades fisiográficas.

Entre los estudios y análisis requeridos para la selección del sitio, se tienen los siguientes:

- 1) Estudio geológico; en donde se debe determinar el marco geológico regional para obtener su estratigrafía y saber si el tipo de suelo es viable para que se coloque el relleno sanitario o no es apto debido a sus características. También se realiza para identificar fallas geológicas o fracturas que perjudiquen la construcción y que obligue a cambiar de sitio.





- 2) Estudios geohidrológicos; principalmente esta característica hace referencia a todos los cuerpos de agua subterráneos que puedan haber en el lugar, identificando su gradiente hidráulico, uso o actividades para determinar su volumen de extracción entre otras características. Para este análisis es importante estudiar cuánto es el área que abarca el acuífero y si se estaría perjudicando al depositar los residuos aún teniendo protección prevista en el proyecto de ingeniería.
- 3) Estudio hidrológico. Hace referencia a todos los cuerpos de agua superficiales, por lo que es muy importante que se encuentren lo más lejos posible al sitio.
- 4) Estudios topográficos; Los componentes en cualquier estudio topográfico debe estar integrado por la planimetría, altimetría y configuraciones topográficas. A continuación se describe cada una:
 1. Planimetría. Se toma como referencia el entronque de acceso al relleno sanitario con la vía de comunicación principal más inmediata por donde transitarán los vehículos recolectores o de transferencia hacia el relleno sanitario.
 2. Altimetría. Se hacen las medidas por medio de poligonales para la determinación de la altura a la que estará colocado el relleno.
 3. Configuraciones topográficas. Este concepto se refiere a las curvas de nivel del sitio.
- 5) Estudio geotécnico. Este estudio sirve para determinar la mecánica de suelos y así como los estudios correspondientes sobre los posibles sismos que puedan presentarse y dañar los taludes de las celdas.

Todos estos estudios son indispensables para garantizar un espacio favorable para el depósito de los residuos, y será lo que definirá el tipo de relleno sanitario que se utilizará, tanto de los procesos constructivos como de su forma de operación. (NOM 083-SEMARNAT, 2015).





6.3. Ingreso de datos en el SIG

El modelamiento de los datos se implementó en el programa ArcGIS. Primeramente se tomaron como insumos cada una de las capas temáticas requeridas para el cumplimiento de la NOM083 SEMARNAT- 2015, procesándolas partiendo de una serie de limitantes que al unirlos se obtiene el resultado final de los sitios no aptos para ubicar el relleno sanitario.

En la tabla 6.7 se muestran las capas ocupadas para el análisis junto con la escala y la fuente de descarga del archivo en formato shape file (.shp).

Tabla 6.7. Mapas base

Tema	Escala	Fuente
Mapa base: División política de los Estados Unidos Mexicanos	1:50,000	Portal CONABIO SIG
Aeropuertos	1:50,000	Portal CONABIO SIG
Hidrografía: Corrientes, Cuerpos de Agua (lagos, lagunas, humedales y manglares), Acueductos y Pozos	1:50,000	Portal CONABIO SIG INEGI IMCA
Geográficos y demográficos: Centros poblacionales, división municipal, minas, cavernas y fallas geológicas.	1:50,000	Portal CONABIO SIG INEGI
Preservación: Áreas naturales protegidas.	1:50,000	Portal CONABIO SIG Google Earth

El procesamiento de la información se describe a continuación:

1) Mapa base

Capa: División Política

El mapa base es aquel que va a servir de guía para introducir las capas temáticas e ir haciendo los geoprocursos que se necesitan para el cumplimiento de la norma. Éste será aquel que contenga únicamente la superficie del estado de Oaxaca excluyendo los demás estados de la República Mexicana.

Para modificar dicha capa se operó desde la tabla de atributos, que es aquella que muestra todas las características de la capa, es decir, la información georreferenciada referente a cada capa temática (figura 6.3.1). Para seleccionar por atributos se puede realizar el siguiente proceso: “Table option” → “Select by Attributes” (figura 6.3.2).

Todo proceso de edición por tabla de atributos debe estar asociado al nombre de la columna para poder operarlos con símbolos matemáticos, si es el caso, o por condicionantes.



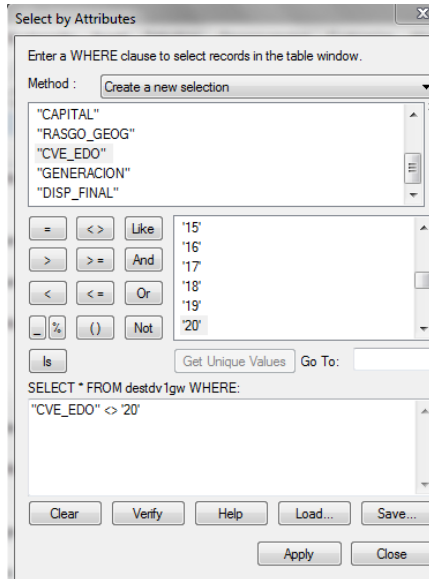


Figura 6.3.1. Selección por atributos

FID	Shape *	AREA	PERIMETER	ENTIDAD	CAPITAL	RASGO_GEOG	CVE_EDO	GEI
337	Polygon	7.83596	23.88773	OAXACA	Oaxaca de Juarez		20	501-
338	Polygon	2.08833	15.40411	TABASCO	Villahermosa		27	501-
339	Polygon	0.00043	0.18136	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
340	Polygon	0.00004	0.0414	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
341	Polygon	0.00034	0.14429	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
342	Polygon	0.00052	0.10731	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
343	Polygon	0.00008	0.03742	CAIPECHE		ISLA	04	150-
344	Polygon	0.00002	0.02171	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
345	Polygon	0.00001	0.01704	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
346	Polygon	0.00012	0.06089	CAIPECHE		ISLA	04	150-
347	Polygon	0.00098	0.43161	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
348	Polygon	0.00011	0.06012	CAIPECHE		ISLA	04	150-
349	Polygon	0.00015	0.1042	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
350	Polygon	0.00018	0.06305	CAIPECHE		ISLA	04	150-
351	Polygon	0.00018	0.08989	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
352	Polygon	0.00008	0.04374	TABASCO		ISLA	27	501-
353	Polygon	0.00005	0.02955	TABASCO		ISLA	27	501-
354	Polygon	0.00003	0.02534	TABASCO		ISLA	27	501-
355	Polygon	0.00001	0.0156	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
356	Polygon	0.00002	0.01706	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
357	Polygon	0.00001	0.0138	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
358	Polygon	0.00001	0.01568	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
359	Polygon	0.00001	0.01349	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
360	Polygon	0.0017	0.21443	COLIMA		ISLA	06	150-
361	Polygon	0.00002	0.01988	QUINTANA ROO		ISLA	23	150-
362	Polygon	6.21407	17.55246	CHIAPAS	Tuxtla Gutierrez		07	1001
363	Polygon	0.00006	0.03015	GUERRERO		ISLA	12	501-
364	Polygon	0.00001	0.0122	GUERRERO		ISLA	12	501-
365	Polygon	0.00001	0.0144	GUERRERO		ISLA	12	501-
366	Polygon	0.00002	0.01674	GUERRERO		ISLA	12	501-
367	Polygon	0.00007	0.0404	GUERRERO		ISLA	12	501-
368	Polygon	0.00002	0.05432	OAXACA		ISLA	20	501-
369	Polygon	0.00023	0.06349	OAXACA		ISLA	20	501-
370	Polygon	0.00044	0.08341	OAXACA		ISLA	20	501-
371	Polygon	0.00023	0.09919	OAXACA		ISLA	20	501-
372	Polygon	0.00001	0.0392	OAXACA		ISLA	20	501-
373	Polygon	0.00001	0.01186	OAXACA		ISLA	20	501-

Figura 6.3.2. Selección de los estados distintos a Oaxaca

Para poder eliminar alguna de las características de la capa, se debe permitir al programa la edición por capa (figura 6.3.3), es decir, si se selecciona la opción de "Start Editing" (iniciar edición), el programa automáticamente abrirá todas las capas cargadas en el programa y se deberá seleccionar únicamente la capa que se desea modificar desde la tabla de atributos (figura 6.3.4).

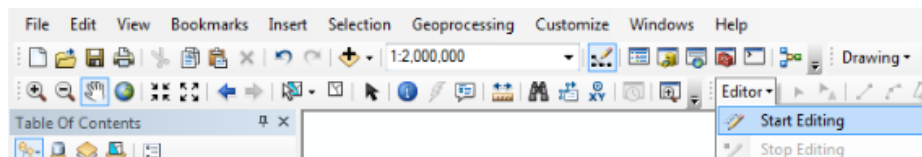


Figura 6.3.3. Editor para la tabla de atributos

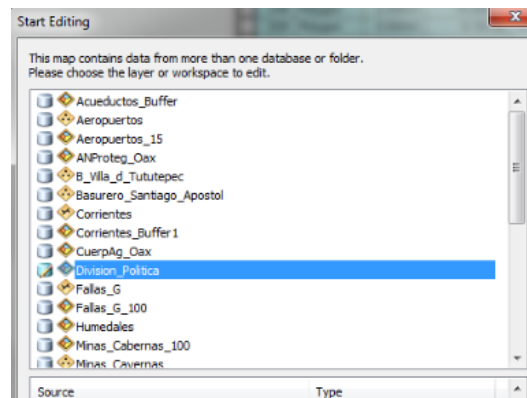


Figura 6.3.4. Selección de la capa temática





Después de ese procedimiento, ya se puede eliminar la selección y finalmente se obtiene únicamente el estado de Oaxaca que será la base para modificar las demás capas.

NOTA: Como todas las capas descargadas muestran la información de toda la República, se deberá cortar cada uno. Para realizar este proceso se aplicará el geoproceto “Intersección” entre la capa de interés con la capa del estado de Oaxaca que se modificó en este punto. Obtenido el resultado ya se podrá modificar cada una de las capas con la restricción que establece la norma.

2) Hidrografía

Capa: Corrientes

Esta capa muestra toda la información de las corrientes perenes e intermitentes que hay en el país, como se sabe, una de las características principales que establece la norma, es que un sitio de disposición final debe ubicarse a por lo menos 500 m de distancia. Esta precaución se considera por alguna fuga que pueda haber en la laguna de lixiviados o algún escurrimiento de éstos no llegue a contaminar la corriente. El mapa de las corrientes se muestra en la figura 6.3.5.

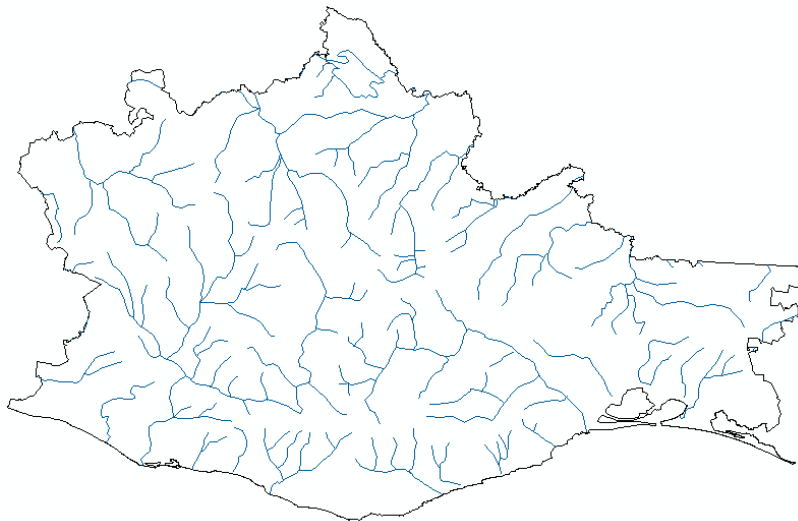


Figura 6.3.5 Corrientes

Capa: Acueductos

Los acueductos son los sistemas de irrigación que se diseñan para transportar el agua a las áreas agrícolas con la finalidad de riego. Se enuncian en la norma por precaución de alguna fuga de lixiviados que pueda haber en el relleno sanitario y perjudique la calidad del agua. La información de los acueductos que hay en el estado se muestra en la figura 6.3.6.



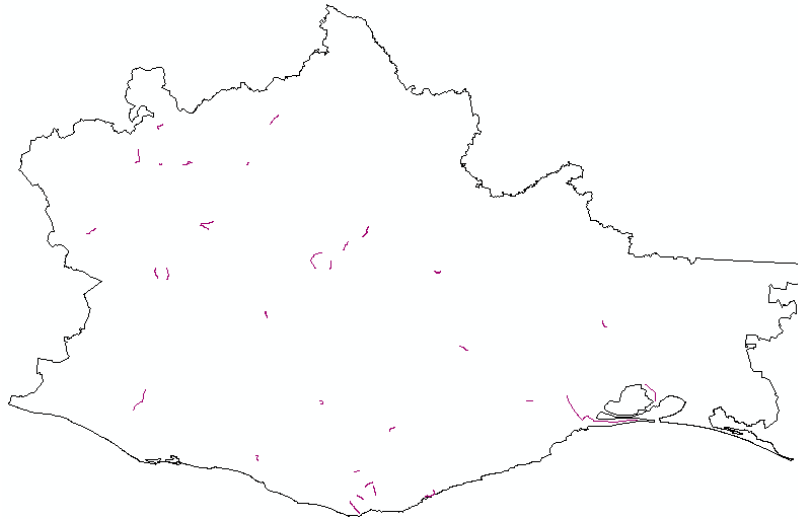


Figura 6.3.6. Acueductos

Capa: Cuerpos de Agua

En esta capa se tienen principalmente lagos y lagunas (figura 6.3.7), pero como Oaxaca es un estado que tiene una parte hacia el océano pacífico, éste se considerará en el geoproceso como cuerpo de agua para las restricciones que dicta la norma.

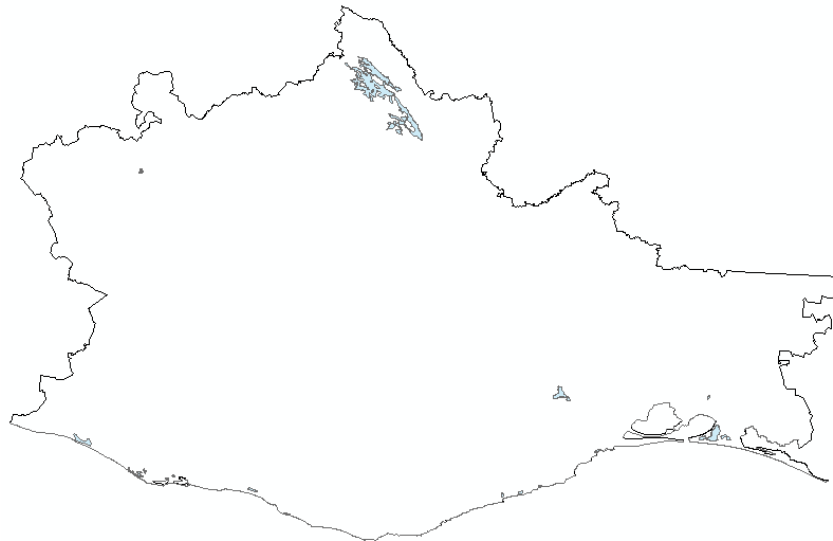


Figura 6.3.7. Cuerpos de agua superficiales



Capa: Pozos

La forma de abastecimiento principal de los municipios es por extracción de agua de pozos, es por eso que se tiene un gran número de éstos en el estado (figura 6.3.8). Como ya se mencionó, la norma establece que se debe ubicar el sitio de disposición a una distancia de por lo menos 100 metros de pozos de extracción.

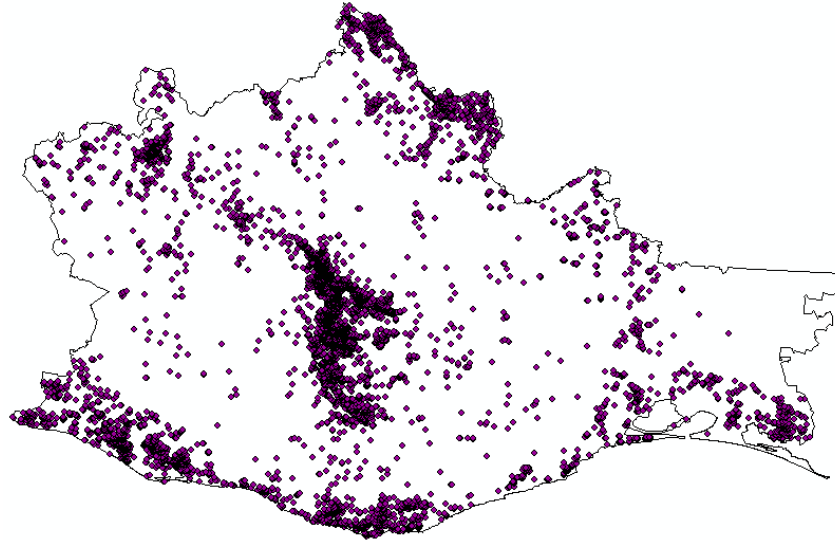


Figura 6.3.8. Pozos de extracción

Capa: Humedales y manglares.

Para esta capa, la norma no establece una distancia mínima de localización, sólo dicta que no se debe localizar en lugares que presenten estas características. Por lo tanto, no es necesario realizar un buffer. Los humedales y manglares se muestran en la figura 6.3.9.

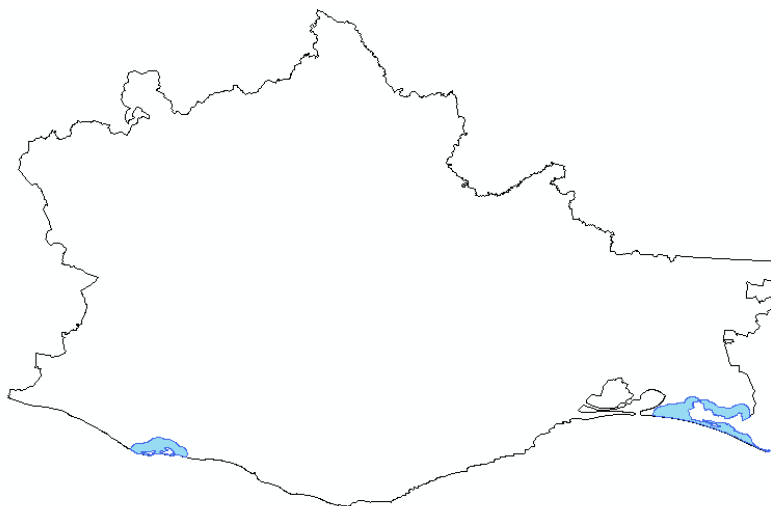


Figura 6.3.9. Humedales y Manglares





Procesamiento:

Para estas tres capas se aplicaron los siguientes geoprocursos en el mismo orden:

- i. Intersección. Que es la que se mencionó anteriormente para cortar la información y tener sólo la del estado. Se aplicó este proceso para cada capa.
- ii. Buffer. La norma establece que el sitio debe ubicarse a una distancia mínima de 500 m de cuerpos de agua (a excepción de los pozos que se deben encontrar a una distancia mínima de 100 metros). Se hace el proceso para cada capa con el buffer correspondiente según la norma.
- iii. Unión. Este geoprocuro puede unir más de una capa a la vez, por lo tanto se aplica una vez que se realice el proceso del punto anterior. El resultado final de la unión será el que contenga todos los aspectos hidrográficos del estado (figura 6.3.10).

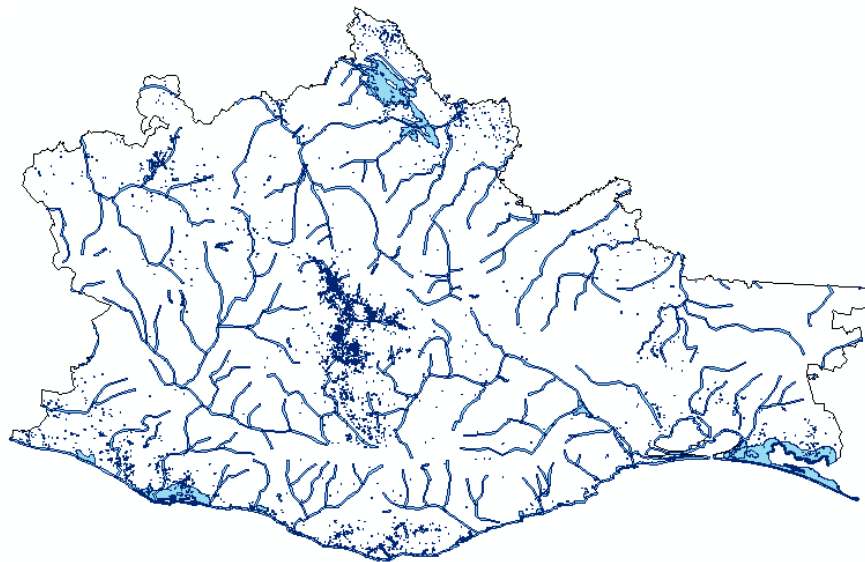


Figura 6.3.10. Hidrografía de Oaxaca

3) Geográficos y Demográficos

Capa: Población

La norma establece que el sitio debe estar a una distancia mínima de 500 metros de centros de población mayores a 2 500 habitantes. La capa descargada desde el portal de CONABIO, incluye todas las comunidades (figura 6.3.11). Es por eso que se debe primero trabajar con la tabla de atributos para eliminar todas las comunidades mayores a 2 500 habitantes. La operación que se introduce será "POB"> '2500', donde POB es la columna que muestra la información poblacional de cada municipio. El resultado se puede visualizar en la figura 6.3.12.



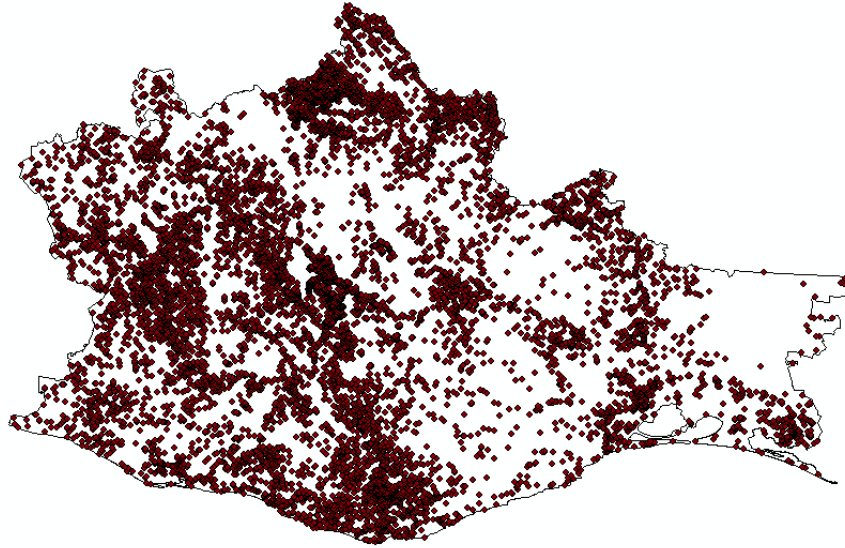


Figura 6.3.11. Población total de Oaxaca

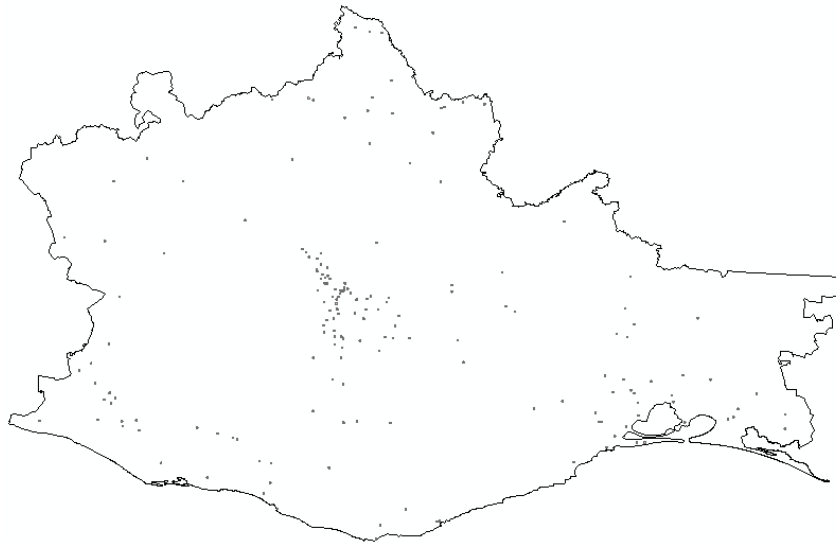


Figura 6.3.12. Centros poblacionales mayores a 2 500 habitantes.

El siguiente proceso que se aplicó fue el buffer de 500 metros y con eso se obtuvo la capa final que contiene la información que establece la norma.

Capas: Minas, cavernas y fallas geológicas

No se debe ubicar en sitios de minas, cavernas o fallas geológicas. Aunque la norma no da una distancia mínima de estas condicionantes, para realizar la unión entre capas fue necesario hacer un buffer de 100 metros, esto porque el programa no permite unir capas de diferente tipo, es decir de tipo punto, línea y/o polígono. Al asignarle un buffer de 100 metros estamos convirtiendo las capas de minas y fallas geológicas a tipo polígono, esto facilitará al unir las con las demás capas.



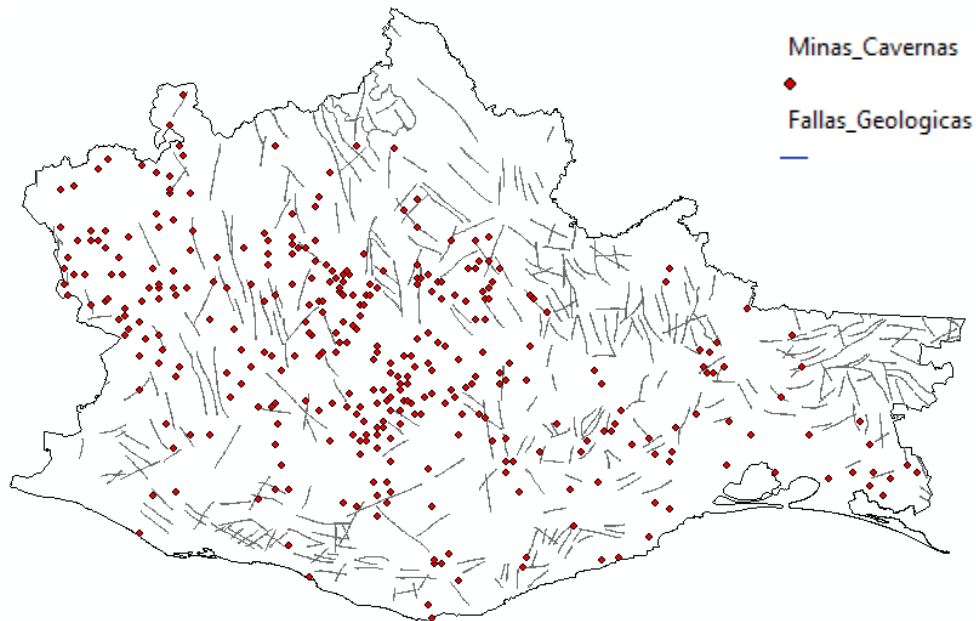


Figura 6.3.13. Fallas geológicas, minas y cavernas

4) Aeropuertos

Para este punto se consideraron únicamente los aeropuertos dado a que sólo hay información disponible de éstos, sin embargo la norma dice que no se debe ubicar el sitio de disposición final a por lo menos 15 km de pistas de aterrizaje, aeródromos, helipuertos, etc.

El geoproceso que se aplicó a esta capa fue un buffer. El resultado se muestra en la figura 6.3.14.

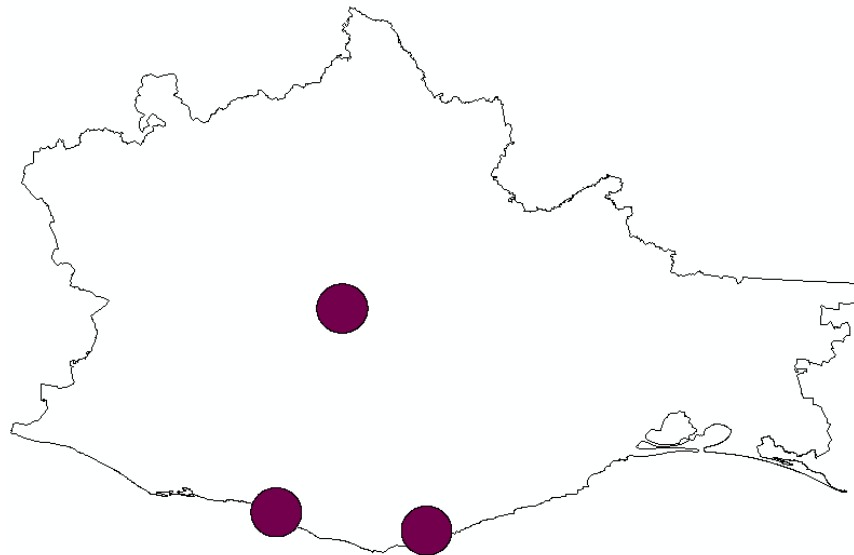


Figura 6.3.14. Buffer de aeropuertos





5) Preservación Cultural

Capa: Áreas naturales protegidas

En la figura 6.3.15 se presentan las áreas de preservación natural que establece el estado. A esta capa no se le aplicó ningún otro proceso aparte de la intersección entre la capa base y la de áreas naturales protegidas.

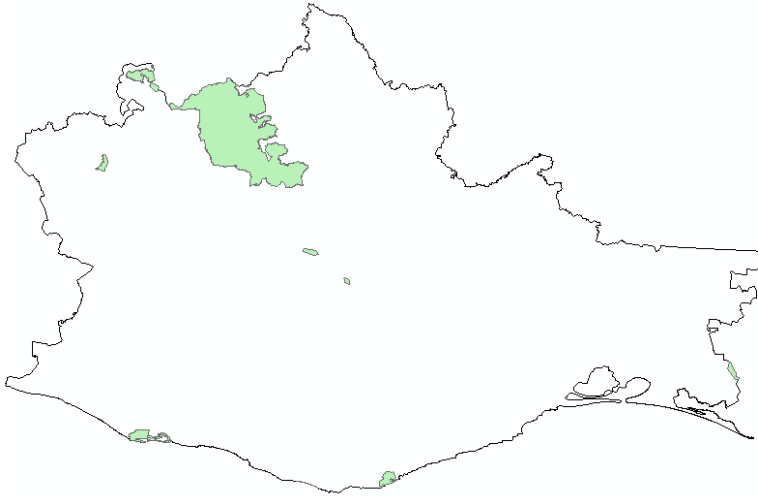


Figura 6.3.15. Áreas naturales protegidas

Capa: Zonas arqueológicas

Para este proceso no se encontró ningún archivo SHAPE que mostrara las zonas arqueológicas y culturales del estado, es por eso que se creó una capa con estas características. Primero se seleccionaron los puntos arqueológicos por medio de sus coordenadas geográficas, esto fue con ayuda de Google Earth. Después cada ubicación se guardó en KML, para poder cargarlas al programa Arc Map. Como el programa no acepta esa extensión, se procedió a usar la opción Arc Toolbox, deslizando la tabla de opciones se eligió “Conversion Tools”, seleccionando “From KML”. Con esto se selecciona el archivo guardado de Google Earth pero lo transforma a tipo layer, por tanto, al terminar el proceso se abrirá de lado derecho entre las opciones que hay de las capas y hay que darle clic derecho y elegir la opción “Data”, seguido de “Export Data”, escribimos el nombre y la carpeta donde se guardará y una vez terminado el proceso se abrirá automáticamente en archivo con extensión KML.

Esto se hizo para cada uno de los sitios arqueológicos y se unieron todos los puntos para formar una capa final que mostrara todas las zonas arqueológicas que se encuentran en el estado de Oaxaca (Figura 6.3.16).



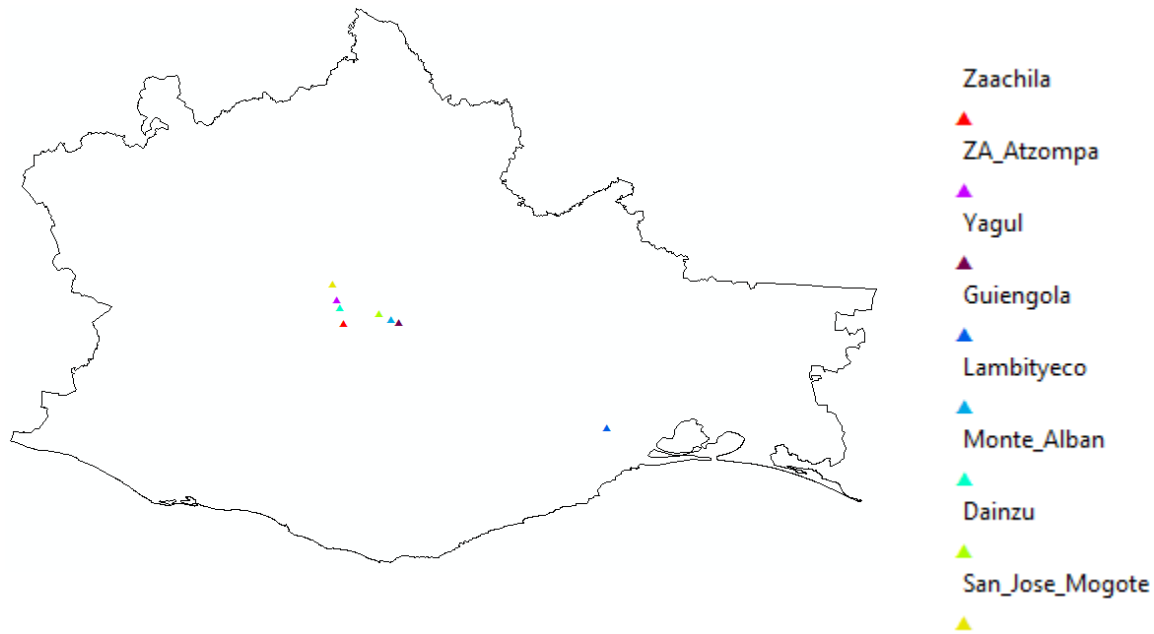


Figura 6.3.16. Zonas arqueológicas

6) Capa final: Sitios no aptos

Los sitios no aptos para la selección del relleno sanitario son aquellos que no cumplen las condiciones geológicas, hidrológicas, de aguas subterráneas, riesgos de inundaciones, fallas geológicas, características poblacionales, entre otras, y que constituyen las limitantes de seguridad respecto al medio ambiente.

Como último paso de las restricciones antes mencionadas, se realizó el geoproceso unión, como ya se mencionó, el programa puede unir más de dos capas a la vez, por lo tanto el resultado final es el que se muestra en la siguiente figura:

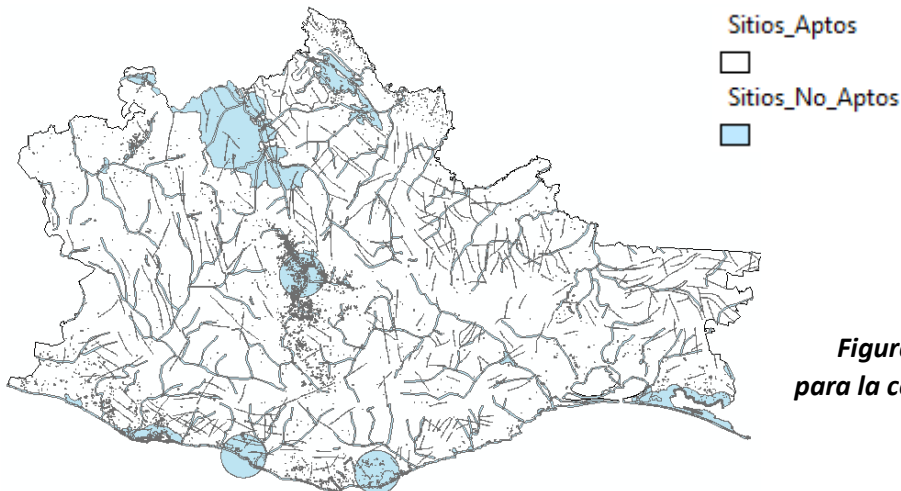


Figura 6.3.17. Sitios aptos para la construcción del relleno sanitario





Para definir un poco mejor el resultado de la unión de todas las capas, se realizó el geoproceso intersección entre la capa base y la de la figura 6.3.17, con eso cortamos los buffer que se salen del estado. Después se aplicó el geoproceso disolver para que se homogeneizara todo.

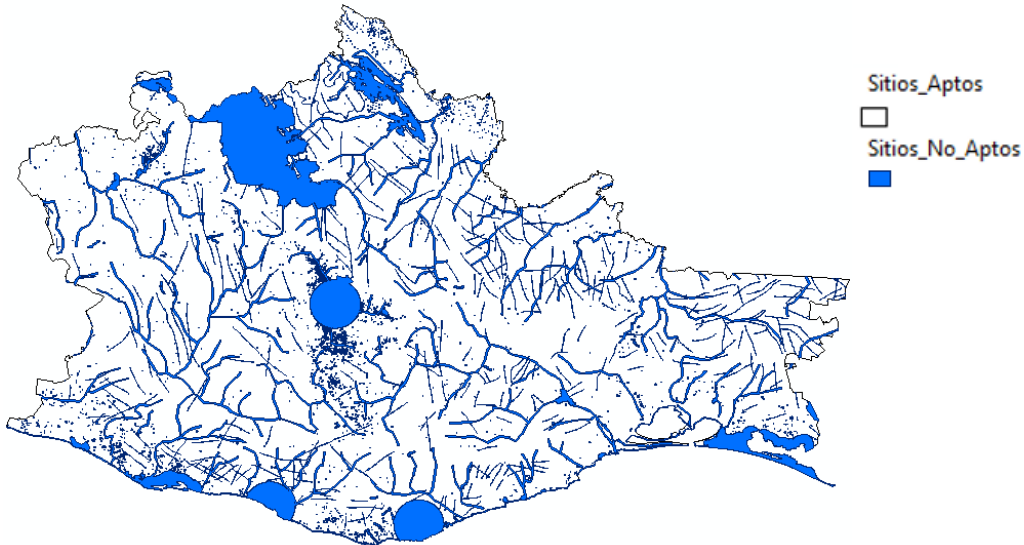


Figura 6.3.18. Sitios aptos

Como lo muestra la figura 6.3.18, los sitios de color azul serán en donde no se puede establecer un sitio de disposición final. Por otra parte, las zonas en color blanco es donde sí se puede llevar a cabo la obra de ingeniería, el problema ante esto es que la mayoría de las zonas en blanco es donde se encuentran sierras y sitios que su estratigrafía no es apta para la construcción de cualquier obra pública.

En general la figura anterior muestra el resultado final de los sitios en los que no se debe construir un relleno sanitario por ninguna circunstancia.



Para proponer un nuevo sitio de disposición final primero se seleccionaron tres de los basureros municipales que más residuos ingresan al día dadas las características poblacionales, y que en la actualidad aún se tiene la problemática de disposición (figura 6.3.19).



Figura 6.3.19 Tiraderos seleccionados para el análisis.

Para revisar las condiciones en las que se encuentra ubicado cada uno de los tiraderos, se marcó cada uno de los puntos en el programa Google Earth y después se procesaron los puntos a formato shape desde el programa ArcGIS. Dichos puntos se sobrepusieron en el análisis de los sitios no aptos para la disposición para determinar los nuevos sitios en donde se recomienda la construcción de la infraestructura del relleno sanitario. En la figura 6.3.20, se tienen los tres tiraderos en donde la estrella de color verde representa el tiradero del municipio de Santiago Apóstol, la de color rojo es donde está ubicado el de Villa de Tututepec y finalmente de color amarillo se tiene el tiradero municipal de Villa de Zaachila que alberga el volumen de la capital del estado junto con otros municipios.

Analizando los sitios actuales, suponiendo que fueran sitios de disposición que cumplieran con la normativa, se puede observar que ninguno de ellos cumpliría, dado que todos se encuentran dentro de zonas que restringe la ley. Por ejemplo, el basurero de Villa de Zaachila (el de color amarillo) se encuentra dentro de la zona urbana del municipio y dentro del buffer del aeropuerto municipal. El Basurero del municipio de Santiago apóstol se encuentra en zona de los pozos de extracción y el de Villa de Tututepec se encuentra cercano a una corriente de agua. Es por eso que la emergencia de encontrar un sitio donde disponer los residuos es de suma importancia para el estado de Oaxaca.

Los tres tiraderos elegidos albergan residuos de mínimo dos municipios, pero al que le llegan más residuos es el de Villa de Zaachila, pues se estima que son 20 municipios los que disponen ahí, pero el estado sólo afirma que son 17; Santa María Atzompa, San Jacinto Amilpas, Oaxaca de Juárez, Santa Lucía del Camino, Santa Cruz Amilpas, San Agustín Yatarení, Santa María del Tule, San Antonio de la Cal, Zimatlán de Álvarez, Santa Cruz Xoxocotlán, San Agustín de las Juntas, Ánimas Trujano, San Bartolo Coyotepec, Villa de





Zaachila, Trinidad Zaachila, Ciénega Zimatlán, Santa Catarina Quijoquitani y San Martín Tilcajate.

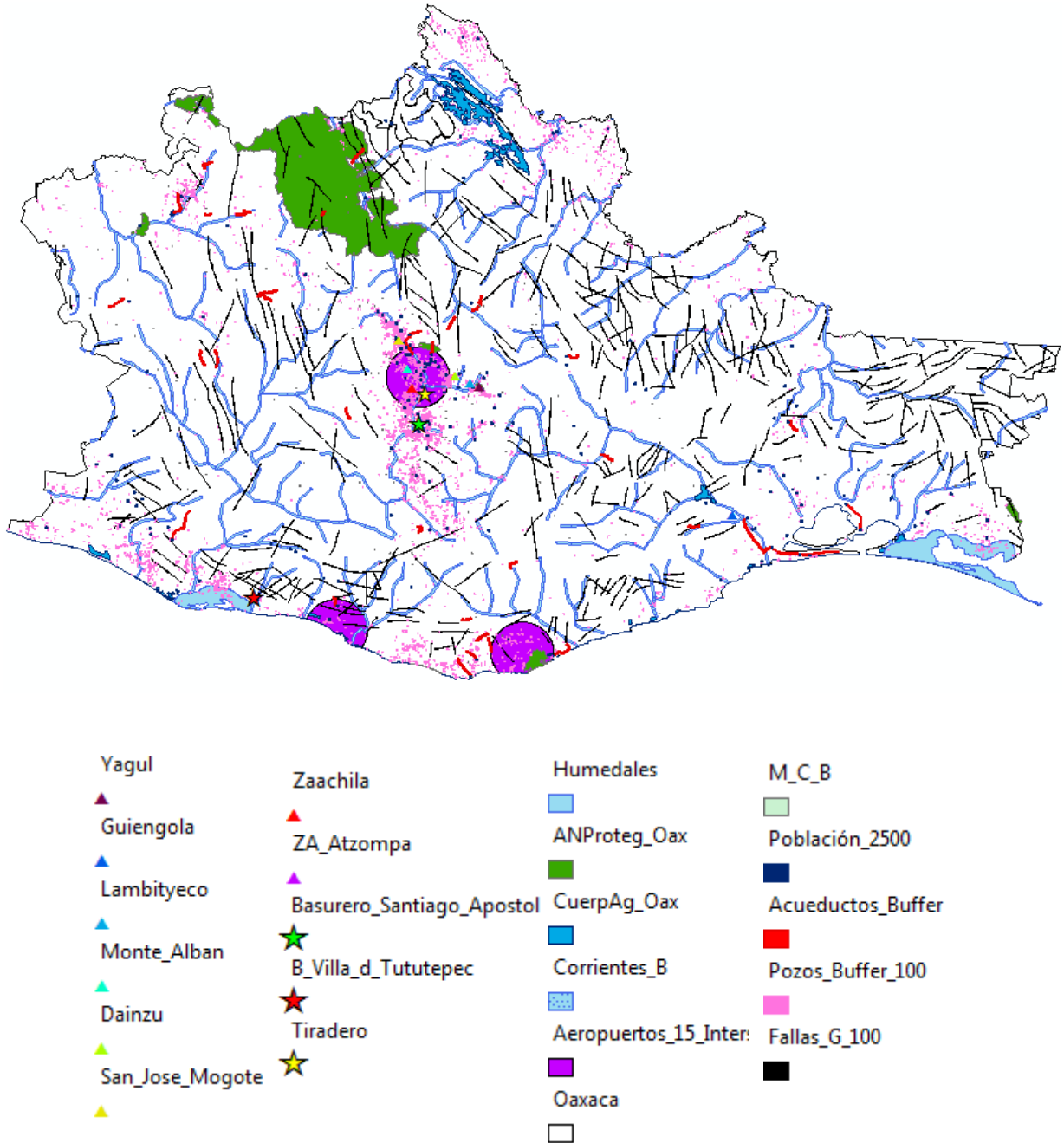


Figura 6.3.20. Restricciones y tiraderos actuales de residuos

Por otro lado, el tiradero de Santiago Apóstol alberga a 7 municipios que son: Santiago Apóstol, San Sebastián, San Antonio Castillo Velasco, Ocotlán de Morelos, San Cristóbal Ixcatlán, San Juan Chilateca y santo Tomas Jalieza. Finalmente el tiradero de Tututepec recibe residuos del municipio de Villa de Tututepec y Río Grande.

De los tres sitios, como ya se mencionó, el de Zaachila es el más desfavorable, teniendo dos puntos en contra; el primero es que 17 municipios depositan en dicho sitio y el segundo





es que la mayoría de los municipios son zonas urbanas y colindancias con más de dos mil habitantes, sólo hay pocos municipios con bajo número de habitantes.

Como parte del proyecto se propuso encontrar algún sitio que cumpliera con la normativa y que ayudara a minimizar el impacto producido, es decir, al proponer un nuevo sitio se contempla la debida clausura del tiradero actual, así como su debido mantenimiento y tratamiento de biogás y lixiviados, también se propone cubrir los residuos y dependiendo la cantidad que haya, se recomienda proyectar el tiempo y costo para la cobertura y colocación de geomembrana para que las infiltraciones no lleguen a los acuíferos. Esto sólo quedará como propuesta, no se agregará el documento de clausura, sólo queda como comentario para contemplar que es lo que se debe hacer al proponer un nuevo sitio.

En la figura 6.3.21 se muestra en color morado tres propuestas para la disposición de los residuos.

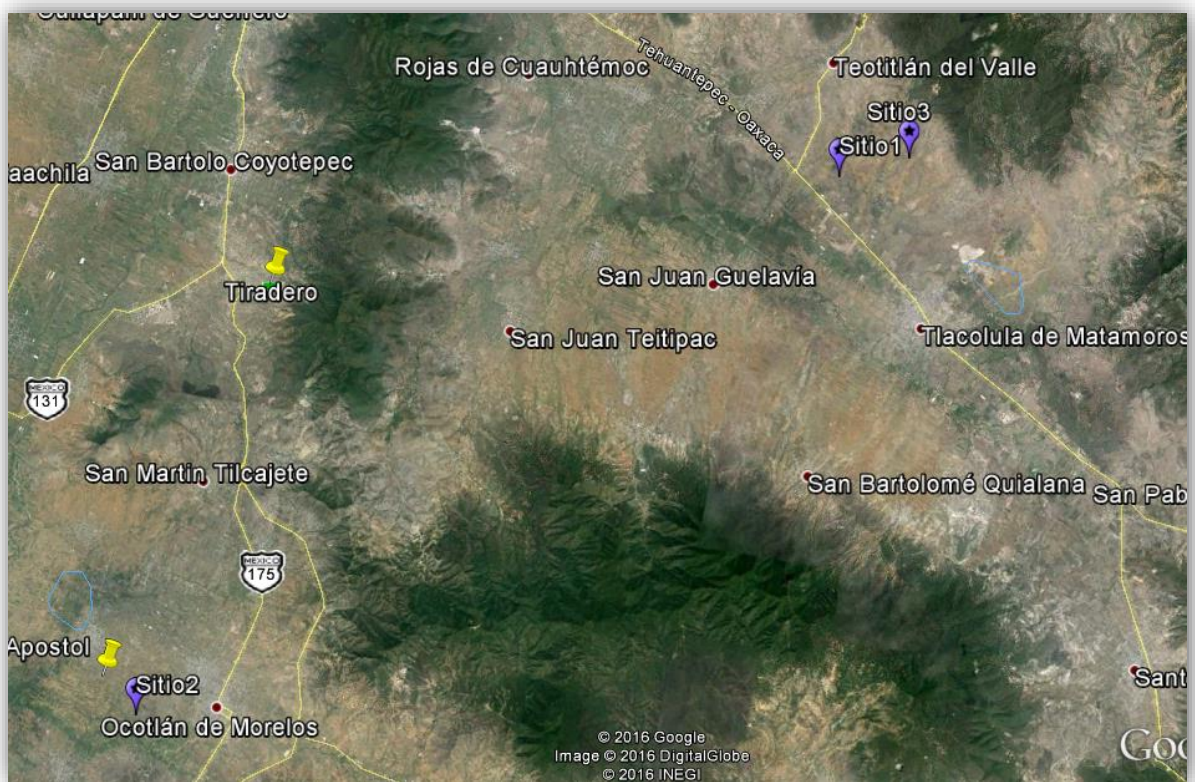


Figura 6.3.21. Sitios propuestos

Para la elección de los puntos se tomaron los siguientes criterios:

- El nuevo sitio de disposición no debe estar dentro de alguna de las restricciones analizadas anteriormente.
- El tipo de suelo debe ser preferentemente arenosos, porque son suelos que no retienen agua, teniendo muy poca materia orgánica por lo que no son aptos para la agricultura.





- No debe ubicarse en zonas de cultivo ni dentro de localidades menores a 2500 habitantes aunque la norma considere a estos sitios como aptos. El uso de suelo debe ser preferentemente terrenos que no tengan poblaciones cercanas ni que sean zonas perjudiciales para la población.
- El tipo de clima no debe presentar alta precipitación anual, esto para evitar problemas en el tratamiento de lixiviados.
- La humedad no se recomienda de tipo údico, preferentemente que sea arídico o xérico para evitar problemas de altos niveles freáticos.

Dichos puntos se toman sólo por recomendación, ya que se considera que por ejemplo, en el caso del sitio encontrado esté dentro de alguna población menor a 2500 habitantes, no se podrá poner ahí o cercano a esta debido a los problemas sociales y problemas de salud pública. Tampoco se podrá poner en la zona de la sierra, porque en primer lugar sería complicado para el camión recolector llegar hasta dicho punto y por otra parte no resulta viable construir debido a los altos costos de transporte y excavación, entre otros problemas y desventajas de esta característica. También se recomienda que la precipitación y grado de humedad sea bajo debido a que podría haber inundaciones o altas infiltraciones que provoquen una alta generación de lixiviados.

Para verificar que cada uno de los sitios elegidos cumpliera con los puntos propuestos y que no estuviera dentro de alguna de las restricciones, primero se trabajó en el con el archivo shape eligiendo unas coordenadas que no estuvieran dentro de las restricciones establecidas y esas coordenadas se pasaron a Google Earth. Una vez elegidas las coordenadas y verificado que no hubiera algún problema, se tomaron las características de cada sitio.

En el siguiente capítulo se detallará más sobre el proceso que se siguió para la selección del sitio así como las características de cada uno de estos.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la metodología se analizaron y estudiaron todos los puntos indispensables requeridos para la selección de un sitio con apoyo del programa ArcGIS, el siguiente paso es analizar si los sitios propuestos son los adecuados y qué tan confiable es el análisis desarrollado.

Al final del capítulo pasado se tomaron cinco puntos que, como se mencionó, quedaban como recomendación, sin embargo hay que tomarlos en cuenta para que no hayan conflictos de tipo político, social o económico.

Para cada criterio se le asignó una calificación que va en la escala del 0 al 1.0, donde 0 es el caso más desfavorable y el 1.0 es la mejor calificación considerando que es el caso más óptimo. A continuación se explica cada uno de los criterios:

- 1) Criterios analizados con la norma; como la metodología se basó en este punto, todos los sitios elegidos deben cumplir con la calificación más alta en este punto, por lo tanto en este caso sólo se considerará el 1.0 sin permitir otra calificación distinta.
- 2) Para el caso de tipos de suelos se tienen las siguientes calificaciones que dependen de sus características físicas.





Tabla 6.8 Calificación de tipos de suelo.

Tipo de suelo	Descripción	Apto para el cultivo	Tipos	Calificación
<i>Arenoso</i>	No retienen agua y contienen poca materia orgánica	No	Arenisca, Arenisca conglomerado, Limolita- arenisca	1.0
<i>Arcillosos</i>	Retienen mucha agua y mezclada con el humus es excelente para el cultivo	Sí	Lutita, metasedimentaria	0.4
<i>Calizos</i>	Contiene muchas sales, por lo que son secos y áridos	No	Caliza, Cataclástica, esquistos, Gneis	0.6
<i>Pedregosos</i>	Formado por rocas	No	Ígnea, Volcanoclástico, Gneis	0

Como se puede observar, se recomienda suelos de tipo arenoso, a excepción de suelos cercanos a playas aunque sean arenosos. Esos no están contemplados ni se recomienda ese tipo de arena.

3) Para el uso de suelo se consideraron las siguientes calificaciones:

Tabla 6.9. Calificación de usos de suelo

Uso de suelo	Recomendable para construcción	Calificación
<i>Agricultura</i>	No	0.5
<i>Asentamientos humanos</i>	No	0
<i>Bosque</i>	No	0.7
<i>Selva</i>	No	0
<i>Pastizal</i>	Sí	0.8
<i>Vegetación secundaria arbustiva</i>	Sí	1.0
<i>Vegetación secundaria arbórea</i>	No	0.7
<i>Zona urbana</i>	No	0





En donde las tres condiciones que tienen calificación cero, son los asentamientos humanos, zonas urbanas y selva. Esta última se considera porque son lugares altamente húmedos y precipitaciones altas.

- 4) Hablando del tipo de clima, se hizo un cuadro resumen de los principales climas que hay en el estado y describiéndolos de forma general. Las calificaciones asignadas por clima son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.10. Calificación de los tipos de clima

Tipo de clima	Descripción	Calificación
<i>Af</i>	Tropical-lluvioso	0
<i>Aw</i>	Sabana- tropical	0.5
<i>Am</i>	Monzónico	0.5
<i>BS</i>	Semiárido- Templado	1.0
<i>BW</i>	Semiárido	1.0
<i>Cf</i>	Templado- húmedo	0.7
<i>Cw</i>	Templado-Seco	1.0

- 5) Finalmente el grado de humedad se clasificó por 5 tipos que se definen por sus días de humedad.

Tabla 6.11. Calificación del tipo de humedad

Tipo de humedad	Días de humedad	Calificación
<i>Arídico</i>	<90	1.0
<i>Xérico</i>	90-180	1.0
<i>Ústico</i>	180-270	0.8
<i>Údico</i>	270-330	0.4
<i>Údico</i>	330-365	0

Una vez clasificados cada uno de los criterios, se procede a evaluar los sitios elegidos. Al final del capítulo pasado.





Tabla 6.12. Selección del sitio

N° de Sitio	Cumplimiento con la NOM 083-SEMARNAT-2015	Calificación	Humedad	Calificación	Tipo de suelo	Calificación
1	Cumple	1.0	Xérico con 90 a 180 días de humedad	1.0	Ígnea Intrusiva básica	0
2	Cumple	1.0	Xérico con 90 a 180 días de humedad	1.0	Arenisca	1.0
3	Cumple	1.0	Xérico con 90 a 180 días de humedad	1.0	Arenisca	1.0

Tabla 6.12. Selección del sitio

N° de Sitio	Tipo de roca	Cal	Clima (Tipo)	Clima (descripción)	Cal	Uso de suelo	Cal	Apto para su construcción
1	Lítica-Pedregosa	0.6	BS1(h' _w)	Semiárido, templado	1.0	Agricultura de temporal anual	0.5	4.1
2	Sin roca	1.0	(A)C(w _o)	Semicálido subhúmedo del grupo C,	0.5	Agricultura de temporal anual	0.5	5.0
3	Lítica-Pedregosa	0.6	BS1(h' _w)	Semiárido, templado	1.0	Agricultura de temporal anual	0.5	5.1

La calificación máxima es de 6 puntos, en donde el intervalo de calificación es: de 0-2 malo, de 2-4 regular y de 4-6 excelente, por lo que se está permitiendo una desviación de 2 puntos para que el sitio cumpla con todas las características recomendadas. Por tanto, cualquiera de los tres sitios propuestos se encuentran dentro del rango permisible.

Como se mencionó antes, la necesidad mayor de disposición es para la zona conurbana y la capital del estado, entonces para proyectar el área que se necesita se tomará en cuenta los municipios que depositan en el tiradero actual. Por lo tanto los municipios que se seleccionaron para el cálculo de la proyección de la generación son Santa María Atzompa, San Jacinto Amilpas, Oaxaca de Juárez, Santa Lucía del Camino, Santa Cruz Amilpas, San Agustín Yatareni, Santa María del Tule, San Antonio de la Cal, Zimatlán de Álvarez, Santa Cruz Xoxocotlán, San Agustín de las juntas, San Bartolo Coyotepec, Villa de Zaachila, Trinidad de Zaachila, Ciénega de Zimatlán, Santa Catarina Quiane y San Martín Tilcajate. Algunos de los municipios se seleccionaron porque son zonas urbanas con alta generación y necesitan una solución inmediata, y otros municipios que son más pequeños se seleccionaron debido a que son cercanos a las zonas de disposición propuestas y que son cercanos a la zona conurbana.

Una de las características para la selección del sitio, es la distancia que hay entre éste y el municipio, en dado caso de que el sitio quede lejos, se debe realizar un estudio de factibilidad entre la distancia que recorre el camión recolector (en cuanto a tiempo y costos)





contra el costo de construcción de una estación de transferencia. Generalmente cuando la distancia es muy grande se recomienda la construcción de una estación de transferencia, sin embargo esto sólo se puede definir haciendo un análisis más minuciosamente.

Para definir el sitio se va a contemplar otro punto, aparte de los analizados anteriormente, que será la distancia que hay entre los municipios con el sitio que se va a elegir. Los resultados de las distancias se muestran en la tabla 6.13.

Tabla 6.13. Distancias entre municipios y sitios seleccionados

Municipio	Distancia [km]			Tiradero actual	
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Distancia [km]	Nombre
Santa María Atzompa	31	42.6	34.8	23.7	T.M.Oaxaca
San Jacinto Amilpas	30.2	40.4	34	21.71	T.M.Oaxaca
Oaxaca de Juárez	24.5	34	28.3	16.71	T.M.Oaxaca
Sta Lucía del Camino	22.8	37.9	26.6	19.71	T.M.Oaxaca
Santa Cruz Amilpas	30.2	37	34	19.41	T.M.Oaxaca
San Agustín Yatareni	23.7	40.7	27.5	21.91	T.M.Oaxaca
Sta María del Tule	17.4	44.1	21.2	25.14	T.M.Oaxaca
San Antonio de la Cal	26.4	31.8	30.2	13.7	T.M.Oaxaca
Zimatlán de Álvarez	48.49	20.2	52.29	13.5	T.M.Oaxaca
Sta Cruz Xoxocotlán	30.5	38.74	34.3	13.48	T.M.Oaxaca
San Agustín de las Juntas	37.7	27.7	41.5	9.57	T.M.Oaxaca
San Bartolo Coyotepec	42.58	22.9	46.38	4.71	T.M.Oaxaca
Villa de Zaachila	50.93	30.5	54.73	7.1	T.M.Oaxaca
Trinidad de Zaachila	47.2	26.8	51	12	T.M.Oaxaca
Ciénega de Zimatlán	44.6	24.5	48.4	17.7	Santiago A
Santa Catarina Quiane	53.08	25.4	56.88	19.6	Santiago A
San Martín Tilcajate	55.18	12.3	58.98	9.66	Santiago A

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida de Google Earth.

De la tabla 6.13, los tiraderos actuales se encuentran cercanos a los municipios, pero de los sitios proyectados se tienen distancias mayores a 50 km, casi alcanzando los 60 km. Ante esta problemática se recomienda el análisis de factibilidad para contemplar una estación de transferencia. En el caso de los municipios que su generación sea muy baja y la distancia muy grande, se recomienda aliarse con otros municipios aledaños para proyectar la estación de transferencia que sirva a dos o más municipios dependiendo la generación. En el presente trabajo no se analizará cada una de las estaciones de transferencia, pero se hace la recomendación que se proyecten las estaciones por municipio.

Por otro lado, para el diseño de un relleno sanitario y según la NOM 083-SEMARNAT-2015, el periodo de proyección mínimo debe ser a 15 años. El análisis que se procedió a





hacer fue buscar los datos históricos de población de los 17 municipios elegidos y, por el método geométrico de proyección, se obtuvo el índice de crecimiento poblacional para cada uno. Una vez teniendo ese dato se proyectó la población al 2031. Este análisis nos servirá para dos cosas: la primera es conocer el volumen que va a ingresar al relleno sanitario y la segunda es conocer el tamaño total que se necesitará para los 15 años de vida útil (tabla 6.14).

Tabla 6.14 Proyección de población

Municipio	Año	Datos históricos de población [Hab]				Proyección
		1995	2000	2005	2010	2031
Santa María Atzompa		11293	15749	19876	27465	95310
San Jacinto Amilpas		3834	8343	10100	13860	83776
Oaxaca de Juárez		244827	256130	265006	263357	291679
Sta Lucía del Camino		35631	44364	45752	47356	70525
Santa Cruz Amilpas		5737	6457	8804	10120	22401
San Agustín Yatareni		2910	3400	3176	4076	6533
Sta María del Tule		7182	7272	8258	8165	9771
San Antonio de la Cal		11214	15261	15071	21456	53217
Zimatlán de Álvarez		16311	16801	18370	19215	24169
Sta Cruz Xoxocotlán		40815	52806	65873	77833	192152
San Agustín de las Juntas		3898	4970	5645	8089	22479
San Bartolo Coyotepec		4083	4740	8015	8684	24978
Villa de Zaachila		15512	19247	28003	34101	102732
Trinidad de Zaachila		2833	2813	2809	2653	2420
Ciénega de Zimatlán		3075	2492	2562	2785	2424
Santa Catarina Quoquitani		355	424	439	505	827
San Martín Tilcajate		1649	1776	1631	1742	1881
		411159	463045	509390	551462	1007275

Fuente: INEGI, 2015.

Como ya se definió la población y se eligió el lugar, el siguiente paso es elegir el método de disposición en el relleno sanitario.

Existen dos métodos utilizados en el país, el de área y el de trinchera. El primero se puede utilizar prácticamente en cualquier terreno disponible, de tal manera que se pueda operar en exladrilleras y canteras, bancos de préstamo abandonados, principios de cañadas, terrenos planos, lomeríos, depresiones, etc. Un punto muy importante de este método es que como se están depositando los residuos sobre el terreno natural no se tiene material de cobertura, entonces cuando se elige este método se debe también buscar un banco de materiales disponible para que proporcione la cantidad requerida de las celdas diarias.

Por otra parte el método de trinchera o zanja es utilizado en lugares en donde los niveles de aguas freáticas no son tan alto, las pendientes del sitio deben ser suaves y las características del suelo deben permitir que sea excavado fácilmente.





Para ambos casos se debe contemplar una altura final del proyecto, esta altura no se recomienda que sea muy elevada porque aunque se cuente con caminos de acceso, será difícil para la maquinaria subir y por otro lado se podría tener problemas constructivos.

Otra de las características que se contemplan para el cálculo del relleno sanitario es el espacio que se ocupará debida a las obras complementarias. A éstas se le conoce a todas las obras referentes a la gestión, control, operación y supervisión del lugar, es decir, los caminos de acceso interiores (dentro de la celda) y exteriores (que van desde la entrada al relleno hasta las celdas), la cerca perimetral (que es la que delimita al terreno del exterior), la caseta de vigilancia y control de acceso (que es donde se lleva el control de las toneladas de residuos que llegan por día), la báscula (que es donde se pesan los camiones a la entrada y a la salida para determinar cuánto entra por camión), vestidores y servicios sanitarios (para los trabajadores del lugar), la franja de amortiguamiento (mejor conocida como cortina arbórea, que consiste en un perímetro seguido de la cerca perimetral que amortigua los olores que salen del relleno), las oficinas (que es la parte administrativa del relleno) y los servicios médicos y de personal (que debe haber por cualquier accidente que pueda haber dentro de las instalaciones).

Con esto se tendrían dos aspectos para la determinación del área total del relleno sanitario, la primera parte se describe a continuación:

- 1) La generación se había determinado de 0.72 kg/ hab/día, sin embargo esa generación fue obtenida del porcentaje de residuos que llegan a disposición final pero no incluye el porcentaje que no llega a éste. Como dato a nivel nacional se estima que la generación promedio es de 1 kg/hab/día, es por eso que se recomienda usar éste valor por seguridad.
- 2) De los dos métodos antes mencionados, para este caso se usará el método por trinchera porque las características del suelo son aptas para la excavación. La altura que se usará en el relleno será de 6 metros.
- 3) El grado de compactación depende de la cantidad de residuos diaria que llegará al sitio. Según la normativa el grado de compactación se define por la clase de relleno sanitario. En la tabla siguiente se muestra la información de cada clase:

Tabla 6.15. Pesos volumétricos de compactación

Tipo	Compactación	Recepción de residuos T/día
A	>700	>500
B	>600	100-500
C	>500	50-100
D	>400	<50

Fuente: NOM 083-SEMARNAT,2015.

Para definir el grado de compactación se necesita hacer la proyección del sitio dependiendo el volumen de almacenaje para 15 años. De la tabla 6.14 se tomaron los criterios antes mencionados y con relación a lo obtenido se determinó que el relleno deberá





ser de tipo A, por lo tanto el grado de compactación tendrá que ser mayor a 700 kg/m³. Para el proyecto se propone una compactación de 750 kg/m³.

Todos estos factores mencionados son indispensables para la determinación del área de las celdas donde se depositarán los residuos, aparte se tiene que agregar el área en la que estarán las obras complementarias. El área extra será del 20% adicional a lo obtenido en el cálculo de la tabla 6.16.

Tabla 6.16. Área total del terreno

	N° Años	Población [N° Hab]	Generación		Volumen		Área		Área Total	
			Diaria	Anual	Diario	Anual	[m3]	[Ha]	[Ha]	[Ha]
			[T]	[T]	[m3]	[m3]				
2017	1	655581	655.58	239287.05	874.11	319049.40	53174.90	5.32	5.85	6
2018	2	673422	673.42	245799.08	897.90	327732.10	54622.02	5.46	6.01	7
2019	3	692137	692.14	252629.93	922.85	336839.90	56139.98	5.61	6.18	7
2020	4	711776	711.78	259798.24	949.03	346397.65	57732.94	5.77	6.35	7
2021	5	732394	732.39	267323.86	976.53	356431.82	59405.30	5.94	6.53	7
2022	6	754049	754.05	275227.95	1005.40	366970.60	61161.77	6.12	6.73	7
2023	7	776803	776.80	283533.01	1035.74	378044.02	63007.34	6.30	6.93	7
2024	8	800721	800.72	292263.07	1067.63	389684.10	64947.35	6.49	7.14	8
2025	9	825873	825.87	301443.73	1101.16	401924.98	66987.50	6.70	7.37	8
2026	10	852335	852.34	311102.30	1136.45	414803.07	69133.84	6.91	7.60	8
2027	11	880186	880.19	321267.91	1173.58	428357.22	71392.87	7.14	7.85	8
2028	12	909511	909.51	331971.66	1212.68	442628.88	73771.48	7.38	8.11	9
2029	13	940402	940.40	343246.75	1253.87	457662.34	76277.06	7.63	8.39	9
2030	14	972955	972.96	355128.65	1297.27	473504.87	78917.48	7.89	8.68	9
2031	15	1007275	1007.27	367655.23	1343.03	490206.97	81701.16	8.17	8.99	9

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida de INEGI.

Analizando la tabla 6.16, se puede observar que el área necesaria para el proyecto es de 9 Ha, pero eso sólo es para la disposición de los residuos, también se debe contemplar el área que se necesita para las obras complementarias. Por tanto, agregando el 20% adicional para las obras complementarias se obtendrá un total de 10.8 Ha, pero por seguridad se redondeará este valor a 11 Ha.





CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió realizar un análisis para la selección de un sitio intermunicipal óptimo de disposición final de residuos sólidos en el estado de Oaxaca.

La primera etapa del estudio fue determinar el estado más desfavorable en cuanto a la disposición de sus residuos en sitios controlados, es decir, sitios que cumplieran con la normativa vigente, dicho estado sería el caso de estudio del trabajo.

Después se evaluó con ayuda de un Sistema de Información Geográfica, las restricciones establecidas en la norma NOM 083- SEMARNAT-2015, para poder proponer un sitio de disposición final. En esta parte se introdujeron las capas temáticas en el programa ArcGIS para obtener una capa final que mostrara los sitios aptos y no aptos para la ubicación del sitio final.

Por otro lado se seleccionaron tres sitios actuales en donde se disponen los residuos sólidos por parte de los municipios más poblados en el estado, y se compararon con la capa final que mostraba los sitios no aptos. En este caso ninguno de los sitios cumplía con la normativa aparte de que no tienen ninguna obra de ingeniería que minimice el impacto ambiental, por lo que se recomienda su debida clausura y rehabilitación. Por ello se valoraron nuevos sitios que sí cumplieran con la normativa y se evaluaron con las características propias del lugar para ver cuál era el más favorable para beneficiar a un mayor número de municipios. A dichos sitios se les asignó el nombre de sitio 1, 2 y 3. Cabe mencionar que todos cumplen con todos los parámetros especificados, por lo tanto en cualquiera de los tres se recomienda realizar las obras correspondientes para la disposición, siempre y cuando se realicen los respectivos estudios que dicta la norma.

Finalmente se realizó una proyección de generación para un periodo de 15 años, que como ya se mencionó, es el periodo mínimo que se recomienda para la proyección del sitio de disposición. Dicho sitio albergará los residuos de 17 municipios, y tendrá un área de 11 Ha. Como el estado de Oaxaca enfrenta la problemática social de rechazo a este tipo de obras, se deberá incluir en el estudio un análisis social para que la población acepte las políticas a las que se va a someter cada municipio.





REFERENCIAS

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Constitución Política del estado libre y soberano de Oaxaca. México, 2015.

Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca. 2008.

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 2015.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México, 2003.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, 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. México, 2004.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2015, 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. México, 2015.

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México, 2006.

Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos y de Manejo Especial del estado de Oaxaca, 2010.

SEMARNAT. *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos.* México, 2012.

SEMARNAT. *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.* México, 2009-2012.

BOSQUE, J. Sendra. *Un nuevo modelo para localizar instalaciones no deseables: ventajas derivadas de la integración de modelos de localización- asignación y SIG.* España, 2007.

MORATO Blas, PARRA Corbacho. *Localización óptima de un depósito de seguridad para la legislación de residuos peligrosos en Extremadura.* España, 2001.

SAKURAI, Kunitoshi. *Recolección de residuos sólidos.* División de Protección de la Salud Ambiental. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1980.

LÓPEZ, Pedro A., SÁNCHEZ Jorge. *Saneamiento del tiradero de la Ciudad de Oaxaca de Juárez.* México, 2005.

BUENROSTRO, Otoniel, MENDOZA Manuel. *Análisis comparativo de tres modelos de soporte de decisiones espaciales en la selección de sitios para rellenos sanitarios en la cuenca del lago de Cuitzeo, México.* Instituto de Geografía, UNAM, México, 2005.





GÓMEZ Montserrat, **ROMERO** Raúl. *Ensayo metodológico para la localización de instalaciones de tratamiento de residuos sólidos urbanos en la Unidad Territorial de gestión 2B de la Comunidad de Madrid*. España, 2002.

CASTILLEJOS, Alfredo. *Desarrollo de un plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el municipio de El Espinal, Oaxaca*. IPN, México. 2010.

NAVARRO Susana Margarita, **ARAGÓN** Manuel Dino. *Ensayo: Tiradero del municipio de Oaxaca de Juárez y su impacto en el medio subterráneo*. México, 2006.

BOSQUE Sendra, **GÓMEZ** Montserrat, **RODRÍGUEZ** Victor. *Localización de centros de tratamiento de residuos: una propuesta metodológica basada en un SIG*. España, 1999.

HERNÁNDEZ Claudia, **KATSURADA** Metzli, **ÁLVAREZ** Libertad. *Programa para la Prevención y Gestión integral de Residuos Sólidos urbanos y de Manejo Especial del estado de Oaxaca*. México, 2008.

CHÁVEZ, Alfonso. *El manejo de residuos en México*. UNAM, México.

ARAGÓN Manuel D., **BELMONTE** Salvador I. *Vulnerabilidad del acuífero en un tiradero a cielo abierto, caso Oaxaca*. IPN, México.

JUÁREZ, E. Rico. *Mecánica de Suelos*. Tomo I. Editorial Noriega. México. 1998.

FAO. *Planificación y ordenación de cuencas hidrográficas con ayuda de computadora*. 1996.

TABOADA José, **COTOS** José M. *Sistemas de Información Medioambiental*. España, 2005.

Manual QGis

Manual ArcGIS.

MESOGRAFÍA

- (1) <http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/sites/www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/misc/banners/obra2015.pdf>
- (2) <http://www.sim.oaxaca.gob.mx/>
- (3) <http://www.infopublica.oaxaca.gob.mx/>
- (4) <http://www.oaxaca.gob.mx/construye-sinfra-importantes-obras-de-relleno-sanitario-en-la-entidad/>
- (5) <http://www.capitaloaxaca.com.mx/oaxaca/construiran-nuevo-tiradero-de-basura-con-alta-tecnologia>
- (6) <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/traninv.aspx>
- (7) <https://sites.google.com/site/sigarcgis/home>
- (8) Portal CONABIO

