



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA REGIONAL**

**COMPONENTES PARA UN PROGRAMA DE GESTIÓN
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN SAN PEDRO
TLANIXCO, TENANGO DEL VALLE.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

FRIDA AIDEE ÁLVAREZ PÉREZ



DIRECTORES DE TESIS:

M. EN DM. ELIZABETH DÍAZ CUENCA

DR. EN C.A. ALEJANDRO RAFAEL ALVARADO GRANADOS

Toluca de lerdo, Estado de México; Marzo 2023

Contenido

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I. La gestión de residuos sólidos urbanos en el desarrollo sustentable	7
1. 1. Impactos de la disposición final de los residuos sólidos urbanos como parámetro de su gestión.	7
1.2. Contexto conceptual sobre los residuos sólidos urbanos	13
1.2.1. Definición de los residuos sólidos	13
1.2.2. Gestión de los residuos sólidos de forma sustentable.	16
1.2.3. Manejo de los residuos sólidos urbanos	17
Capítulo II. Metodología para la formulación de un programa de gestión de los residuos sólidos sustentable.	28
Capítulo III. Situación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en México.	33
3.1 Legislación sobre los residuos sólidos urbanos.	33
3.2 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos	44
Capítulo IV. Caracterización y diagnóstico del manejo de los residuos sólidos en San Pedro Tlanixco, Tenango del Valle, Estado de México.	64
4.1. Contexto biofísico	64
4.2 Dinámica demográfica de la zona de estudio	73
4.3 Manejo de los residuos sólidos en San Pedro Tlanixco	74
4.3.1 Generación	75

4.3.2 Recolección	80
4.3.3 Transferencia	86
4.3.4 Tratamiento	86
4.3.5. Disposición final	87
4.4 Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en San Pedro Tlanixco	95
 Capítulo V Componentes de un programa para la gestión de los residuos sólidos	
urbanos en San Pedro Tlanixco	101
5.1. Remediación de los sitios de disposición final	101
5.2. El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos	105
5.2.1 Generación	105
5.2.2. Recolección	108
5.2.3. Transporte	113
5.2.4. Disposición final	114
5.3. Educación ambiental para la acción	126
5.4. Organización social	128
5.5. Normatividad	131
5.6. Requerimientos materiales y fuentes de financiamiento	132
Conclusiones	134
Referencias	139
Anexos	146

Índice de tablas

Tabla 1 Especificaciones para la prevención y control de la contaminación en el suelo LGEEPA.....	34
Tabla 2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	35
Tabla 3 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	37
Tabla 4 Código para la biodiversidad.....	39
Tabla 5 Bando municipal de Tenango del Valle	41
Tabla 6 Proyección de la generación per cápita y total de RSU en México 2004-2020	45
Tabla 7 Porcentaje de municipios de cada entidad federativa que cuentan con sitios de disposición final.....	51
Tabla 8 Distribución de proyectos financiados con recursos del presupuesto federal, según tipo de proyecto.....	53
Tabla 9 Centros de disposición final en el estado de México	60
Tabla 10 Centros Integrales de Residuos en el estado de México.....	62
Tabla 11 Proyección de la población de San Pedro Tlanixco	73
Tabla 12 Composición diaria de RSU en San Pedro Tlanixco con base en el muestreo de subproductos	78
Tabla 13 Tendencia de generación de RSU diaria en San Pedro Tlanixco	95
Tabla 14 Remediación de los sitios actuales de disposición final.....	104

Índice de figuras

Figura 1 Flujograma de un sistema de manejo de residuos sólidos diferenciado	21
Figura 2 Generación de RSU estimada en cada edición del DBGIR	45
Figura 3 Composición de los residuos sólidos urbanos en México.....	47
Figura 4 Situación de los sitios de disposición final en México	56
Figura 5 Porcentaje de infraestructura básica de los SDF en Edo de México.....	59
Figura 6 Portal de consulta del sistema integral de residuos del Estado de México	60
Figura 7 Mapa de Localización San Pedro Tlanixco.....	65
Figura 8 Mapa Hidrológico San Pedro Tlanixco.....	67
Figura 9 Mapa geológico San Pedro Tlanixco	69
Figura 10 Mapa Edafológico San Pedro Tlanixco	70
Figura 11 Mapa de uso de suelo San Pedro Tlanixco	71
Figura 12 Mapa de las áreas naturales protegidas a las que pertenece San Pedro Tlanixco.....	72
Figura 13 Composición porcentual de RSU en San Pedro Tlanixco.....	79
Figura 14 Mapa de rutas de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco	83
Figura 15 Ubicación de los tiraderos a cielo abierto en San Pedro Tlanixco	88
Figura 16 Tiradero a cielo abierto "Clínica"	90
Figura 17 Tiradero a cielo abierto Barranca seca"	91
Figura 18 Tiradero a cielo abierto "San Isidro"	91
Figura 19 Tendencia de generación de RSU al día en San Pedro Tlanixco	96
Figura 20 Propuesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco lunes	109
Figura 21 puesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco martes...	110
Figura 22 Propuesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco miércoles.....	111
Figura 23 Propuesta de camioneta de recolección de tres toneladas de capacidad	113
Figura 24 Ejemplo de la reclasificación de la capa de pendientes para la EMC	116
Figura 25 Ejemplo de las capas realizadas para la EMC.....	116
Figura 26 Localización de sitios potenciales con base en la NOM 083 SEMARNAT	117

Figura 27 Imagen de localización de sitios potenciales para relleno sanitario manual, resultado del AMC con modificado.....	118
Figura 28 Localización de sitios óptimos para un relleno sanitario manual en San Pedro Tlanixco.....	119
Figura 29 Imagen satelital del sitio 11	123
Figura 30 Propuesta de organigrama para el comité de limpia de San Pedro Tlanixco	130

Resumen

El manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en México, ha traído costos naturales, financieros y sociales, mismos que siguen creciendo debido al modelo de desarrollo actual que privilegia al mercado con relación a la preservación de los recursos naturales y la ineficiente acción municipal al respecto. Un ejemplo de dichos costos es la contaminación de aire, suelo y agua por la forma de disposición final de los residuos.

Esta problemática se encuentra desde las grandes urbes hasta pequeñas localidades, siendo éstas últimas las más deshabilitadas para un manejo de residuos adecuado, pero también son un ámbito propicio para gestionarlos.

El propósito de la investigación fue tratar dicha situación mediante un caso de estudio, para observar de manera próxima el comportamiento de la gestión de los residuos, se eligió San Pedro Tlanixco por contar con áreas naturales protegidas como las zonas boscosas y cuerpos de agua, pero también por poseer una gran cantidad de vertederos a cielo abierto. Se abordó con investigación documental y de campo con base a la definición de gestión de residuos y las etapas del manejo; se entrevistó a cada uno de los actores participantes según el orden del proceso de planeación: caracterización, diagnóstico y prospectiva; y se llegó a la determinación de los componentes de un programa de gestión de RSU.

Los componentes del programa son: remediación de sitios de disposición final actuales, manejo de residuos, educación ambiental, organización social, normatividad, requerimiento de materiales y fuentes de financiamiento, cada una con las estrategias para su desarrollo. Se concluye la factibilidad de la gestión sustentable de los residuos en San Pedro Tlanixco, sin embargo, es necesario fortalecer algunos aspectos como: la personalidad de las Delegaciones para la gestión administrativa y financiera; definir instrumentos económicos locales para estimular o sancionar acciones; motivar la organización social; así como operar la legislación.

Palabras clave: Residuos sólidos urbanos, manejo de residuos, gestión de residuos.

Abstract

The management of urban solid waste (MSW) in Mexico has brought natural, financial and social costs, which continue to grow due to the current development model that favors the market in relation to the preservation of natural resources and inefficient municipal action. An example of such costs is air, soil and water pollution due to the final disposal of waste.

This problem is found from large cities to small towns, the latter being the most disabled for proper waste management, but they are also a favorable environment to manage them.

The purpose of the investigation was to deal with this situation through a case study, to closely observe the behavior of waste management, San Pedro Tlanixco was chosen, as it is part of protected natural areas; wooded areas and bodies of water, but in turn, for having a large number of open-air dumps.

It was approached with documentary and field research, based on the definition of waste management and the management stages, each of the participating actors was interviewed, according to the order of the planning process: characterization, diagnosis and prospective. the determination of the components of a MSW management program.

The components of the program are: remediation of current final disposal sites, waste management, environmental education, social organization, regulations, material requirements and sources of financing, each with strategies for its development.

The feasibility of sustainable waste management in San Pedro Tlanixco is concluded, however, it is necessary to strengthen some aspects such as: the personality of the Delegations for administrative and financial management; define local economic instruments to stimulate or sanction actions; motivate social organization; operate the law.

Words: Solid urban waste, waste management, waste management.

Introducción

El panorama actual de la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) en México es inadmisibles, por décadas ha existido un inadecuado manejo de éstos; los mecanismos adoptados por los gobiernos no han sido suficientes para solucionar los problemas que se presentan en la generación, recolección y disposición de los residuos, además de una educación ambiental pasiva entorno a su manejo. Un ejemplo de la inadecuada gestión es la forma de disponer los residuos a “cielo abierto”, ya sea en las urbes, en los cuerpos de agua o en laderas; lo que ha provocado daños al ambiente y a la salud.

Una oportuna gestión de residuos sólidos involucra acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de residuos desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (Diario Oficial de la Federación, 2003).

La importancia de los impactos negativos en la naturaleza y en la salud de las personas son tales, que es necesario involucrar a todos los niveles de gobierno, así como a los diferentes actores sociales, articulados desde sus propios quehaceres. La gestión local es la instancia más cercana a los generadores de residuos y, por ende, es quien tiene que contar con un diagnóstico más detallado para generar opciones para solucionar dicha situación, es el organismo que contará con las acciones inmediatas para una gestión de RSU a nivel nacional.

Para desarrollar lo anterior, se eligió a la comunidad indígena nahua de San Pedro Tlanixco, perteneciente al municipio Tenango del Valle, Estado de México. Dicha comunidad cuenta con un caudal principal llamado Río Grande, así como manantiales dispersos y escurrimientos intermitentes en su territorio, al inicio del polígono ejidal de la localidad comienza la subcuenca hidrológica del Alto Amacuzac que ocupa un área de 4,303 kilómetros cuadrados, así como áreas verdes que forman parte del área protegida del

municipio. Es de resaltar que forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, cuya demografía y relaciones económicas han incrementado considerablemente, y con ello el volumen de residuos. Éstos últimos provocados también por los altos niveles de patrones de consumo y una cultura que no toma en cuenta el cuidado de los recursos naturales; muestra de ello es la disposición de basura dispersa en laderas y áreas verdes, lo que ocasiona contaminación al ser arrastrados los residuos por las corrientes fluviales mientras a su paso van desintegrándose, y al llegar a las partes bajas polucionan tanto los cuerpos de agua, como el aire y el suelo, ya sea de manera superficial o por medio de su infiltración. De ahí la importancia de trabajar, desde lo local, el manejo de residuos sólidos urbanos.

Sin duda, la problemática de esta localidad es una de muchas que existen en el país, sin embargo, se busca generar estrategias particulares que permitan aportar positivamente a la comunidad específica, modificando así un poco de lo que se vive en el país.

Se propone una pregunta central inicial: *¿De qué forma es posible conformar un programa de gestión de residuos sólidos urbanos que permita dar solución al ineficiente manejo de residuos en la zona de estudio?* Para abordarla se desarrolla el objetivo general de determinar los componentes de un Programa de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en San Pedro Tlanixco, con base en un diagnóstico de su situación biofísica, sociocultural, político-administrativa, económica y tecnológica, sobre dicho tema.

Para su elaboración se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Identificar el marco conceptual entorno a los principales conceptos de residuos sólidos como: tipos de residuos, tiraderos a cielo abierto, manejo de los residuos y relleno sanitario.
- Describir la legislación sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en los tres niveles de gobierno.
- Caracterizar las condiciones biofísicas, socioculturales, político-administrativas, económicas y tecnológicas del manejo de los residuos sólidos en el caso de estudio.
- Localizar y examinar cartográficamente los sitios de disposición final existentes en la localidad.

- Diagnosticar la situación del manejo de los residuos sólido-urbanos, la legislación al respecto, la vinculación administrativa de la localidad de estudio con el gobierno municipal y la participación de los actores locales.
- Delinear los componentes de un programa de gestión integral de los residuos sólidos urbanos para el caso de estudio.

Para llevar a cabo los objetivos citados, se partió de una metodología deductiva, basada en términos generales en las fases del proceso de planeación -caracterización, diagnóstico y prospectiva- para diseñar un programa de gestión integral de los residuos sólidos urbanos. En esta etapa se acudió a una investigación primaria fundamentada en las normas técnicas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno de México.

De esa manera, la investigación se compone de cinco apartados: en el primero se presentan los impactos de la inadecuada disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el ambiente y en la salud humana, así como conceptos en torno a los mismos. También se integra el concepto de sustentable y la gestión integral de residuos, el manejo de residuos sólidos urbanos enfatizando en las formas de disposición final, los tipos de relleno sanitario y sus métodos de construcción.

Un segundo apartado se avoca a exponer la metodología para la formulación de un programa de gestión sustentable de RSU para el caso particular de estudio, se exponen las principales técnicas y herramientas para abordar el objeto de la investigación.

El apartado tres lo conforma la legislación mexicana vigente sobre los residuos sólidos urbanos. También, se describe la situación de los residuos en México mediante estadísticas que muestran el panorama general en el que se encuentra el país y los aspectos que son menos atendidos.

En el apartado cuatro se caracteriza el contexto biofísico y la dinámica demográfica de la zona de estudio, además del manejo de los residuos sólidos urbanos, el muestreo llevado a cabo para determinar la cantidad y composición generados, la localización de los tiraderos

a cielo abierto mediante GPS, así como el mapa respectivo. Posteriormente, construye el diagnóstico uniendo la caracterización de los diversos subsistemas, lo cual representa la información esencial para la posterior implementación de propuestas y toma de decisiones.

En el apartado cinco se establecen los elementos que conforman el programa para la gestión integral de residuos en la localidad, integrándose el plan de remediación de los sitios de disposición final ya existentes, el manejo de los residuos sólidos con la adecuación de cada fase al proceso social y económico de la comunidad, así como los lineamientos de educación ambiental, la organización social, la normatividad, los materiales requeridos y las fuentes de financiamiento necesarias para llevarse a cabo.

Es así, como se definieron los componentes esenciales de un programa de gestión de residuos sólidos de forma sustentable y participativo a nivel local, preparado para su ejecución de quien le corresponda tomar las decisiones al respecto. Asimismo, se fundamentó la importancia de apoyar desde lo administrativo, legislativo y económico, a los gobiernos de las localidades pequeñas y unirse para contribuir a la problemática de los residuos sólidos urbanos de la región.

Capítulo I. La gestión de residuos sólidos urbanos en el desarrollo sustentable

1. 1. Impactos de la disposición final de los residuos sólidos urbanos como parámetro de su gestión.

La disyuntiva de qué hacer con los residuos sólidos urbanos ha existido siempre, sin embargo, en las últimas décadas ha empeorado, dado el crecimiento demográfico y el modelo de desarrollo que ha inducido a un consumismo desorbitante, generando una gran cantidad de residuos y teniendo un inadecuado manejo de estos, lo que ha provocado una problemática significativa en la sociedad. La disposición final de los residuos es la etapa en donde se manifiesta su inadecuada gestión y es la que permite tener un parámetro de la gravedad de la situación.

La disposición final se refiere al depósito último de toda clase de residuos en un sitio, cuyas características puedan prevenir la liberación de estos al entorno y así evitar afectaciones a la salud de las personas y el ambiente. Algo que los tiraderos a cielo abierto no garantizan, dado que son sitios sin ningún control ni prevención de liberación de sustancias al ambiente.

Con la deficiente existencia de sitios adecuados para la disposición final, el aumento descontrolado de tiraderos a cielo abierto representa una problemática a gran escala afectado principalmente a la salud de la población, los daños ocasionados a la salud debido a los residuos sólidos, se da principalmente por tres formas: por los agentes patógenos que estos transmiten ya sea por contacto con vectores como son moscas, ratas, mosquitos, cucarachas, perros que se alimentan y reproducen en estos sitios o por contacto directo; por los objetos punzocortantes que estos desechos tienen y de los que son más frecuentes de daño a los pepenadores teniendo riesgo de infecciones y lesiones; y la quema de residuos que genera gases contaminantes causantes de afectaciones respiratorias (Contreras, 2008, p.115).

La degradación es otro de los problemas que desencadena el mal manejo de los residuos y que están directamente relacionados con el ambiente, al ser desechos están en constante cambio y afectan el suelo, el agua y el aire, además de crear contaminación visual a paisajes naturales. El daño mayor lo ocasiona su degradación química, pues los lixiviados que los residuos generan se filtran al suelo, ocasionando contaminación de mantos freáticos y si estos no son retenidos generan escorrentías que trasladan los contaminantes a áreas más lejanas; además de los gases que la descomposición de los residuos genera, llevando malos olores a la población aledaña y contaminando la atmósfera por los gases de efecto invernadero desprendidos.

Si bien hasta finales del siglo pasado se pensaba que la contaminación del suelo era el principal problema ocasionado por el confinamiento masivo de desechos en tiraderos municipales, la experiencia ha constatado que son los recursos agua y aire los más afectados por los sitios de disposición final que dan servicio a zonas urbanas en México.

Se puede establecer que tres de cada cuatro sitios de disposición no cumplen cabalmente con el estándar de relleno sanitario lo que significa que tienen problemas para contener los vectores de contaminación: lixiviados peligrosos, emisiones de gases de efecto invernadero (metano, principalmente) y afectación de los suelos (Bernache 2010, 2011, 2011b como se citó en Bernache, 2012, p. 38).

El principal vector de contaminación son los lixiviados que se escapan de los depósitos y que se han filtrado a las fuentes de agua en sus alrededores, en particular los mantos freáticos de donde se abastecían de agua por medio de pozos y los arroyos. El segundo vector de contaminación son las emanaciones de olores, gases y polvos que se esparcen desde los sitios hacia zonas habitacionales, causando un malestar continuo entre los pobladores de colonias vecinas.

Un ejemplo claro es el de los estudios realizados por Bernache (2012) sobre la contaminación de cuerpos de agua en México donde resalta el caso de la comunidad de Huaxtla en Zapopan, Jalisco que ha resentido el impacto de las operaciones de dos depósitos de residuos aledaños. Durante la temporada de lluvias, el problema de la acumulación de

lixiviados en las fosas de captación llega a un nivel crítico ya que rebasa la capacidad de las fosas y se sale de control. En la temporada de lluvias de 2009 los derrames de lixiviados al Arroyo Grande de Milpillás fueron constantes, millones de litros de lixiviados se escaparon y afectaron a unas quinientas familias que residen en la comunidad mencionada. El impacto de la contaminación se resiente en las actividades productivas porque el agua del Arroyo Grande de Milpillás es usada para regar huertas frutales que se han empezado a secar y a disminuir su producción. También han padecido la pérdida de animales, principalmente caballos y vacas que han abrevado de las aguas contaminadas del arroyo. Además, dos balnearios, en las localidades de Milpillás y Huaxtla, se ven amenazados por la contaminación y la pérdida de ingresos por la ausencia de paseantes que antes los visitaban.

“Además de que los niveles de cianuros que rebasan los parámetros de las normas oficiales, así como la presencia de cromo en niveles altos que también superan la normatividad” (Reza, 2010 como se citó en Bernache, 2012, p. 48); “asimismo otros parámetros de análisis: la demanda química y bioquímica de oxígeno, nitratos, pH, sólidos suspendidos y otros más que también rebasaban los niveles que marcan las normas de descargas de aguas en México” (Bernache, 2012, p.48)

De todos estos efectos causados en la sociedad y el ambiente la mayor preocupación es en la afectación a la salud humana de la cual Paternó (2010, párr 9) afirma que la población en mayor riesgo son los niños, ancianos, mujeres embarazadas, debido a su sensibilidad de exposición química, principalmente en las embarazadas pues estas afectaciones pueden darse en la concepción y durante la gestación, también tienen riesgo las personas con problemas respiratorios, los pepenadores o buscadores de basuras y los trabajadores de recolección de basura. Estos problemas de salud pueden ser inmediatos o a largo plazo, en el caso de las embarazadas pueden presentar malformaciones en el feto, etc., sin embargo, otro de los daños a la salud que ha sido silencioso por mucho tiempo son los micro plásticos, pues esta generación de desechos y su mala disposición ha dispersado estos a lo largo y ancho del mundo.

La generación de micro plásticos ha aumentado exponencialmente desde la década de 1950 hasta alcanzar más de 320 millones de toneladas en 2015. Habida

cuenta de que la demanda de productos plásticos sigue aumentando, se estima que la producción superará los 1.000 millones de toneladas en 2050.

Inicialmente, los micro plásticos provenían de la abrasión, degradación y la fragmentación física de fuentes de origen terrestre. Más recientemente, la fabricación de micro plásticos y nano plásticos ha exacerbado aún más su presencia en el medio ambiente y sus riesgos potenciales. Pues los micro plásticos se han encontrado en diversos alimentos consumidos por seres humanos (como cerveza, miel y sal de mesa). Sin embargo, la mayoría de los estudios científicos existentes tratan su presencia en mariscos, convirtiéndolos en la fuente mejor conocida de micro plásticos a los cuales se expone el ser humano. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019, pp. 4-8).

La sociedad del plástico está tomando terreno en nuestra vida diaria, ya no solo vemos residuos y plásticos tirados por la calle o en tiraderos a cielo abierto, si no también dentro del cuerpo humano, o en el mar con las llamadas islas de basura. Según un reportaje de Victoria Gill, corresponsal de Ciencia de la BBC:

El mundo tiene al menos cinco giros oceánicos infestados de plástico. Se cree que la isla de basura del Pacífico contiene la mayor cantidad de plástico flotante: un estimado de 79.000 toneladas en una región de más de 1,6 millones de kilómetros cuadrados. Todo tipo de cosas terminan ahí, no es una isla de plástico, pero definitivamente hay una gran cantidad de plástico ahí (Haram, 2021 citado por BBC News Mundo, 2021, párr 8-9).

El daño ya está dado a escala planetaria, el impacto a la salud humana no solo se da por fuentes directas, también por fuentes indirectas, contaminando al planeta, dañando a la flora y fauna de los ecosistemas de donde obtenemos alimentos y recursos para subsistir, se considera que todo este impacto negativo tendrá consecuencias irreversibles hacia nuestras sociedades.

Ante esto, Mosler (1993 como se citó en Brito & Pasquali, 2006, párr 4) señala que “los problemas ambientales de la actualidad no son problemas entre la gente y el ambiente,

sino producto de los problemas entre los miembros de un sistema social”. Esto es, el problema ambiental les compete a los actores sociales, los sectores productivos, así como los niveles de gobierno de un territorio.

El modelo económico actual ha disparado esta problemática, pues la industrialización va de la mano con la mejora tecnológica la cual permite la creación de nuevos productos sintéticos de diversa índole, que en temas ambientales al demandarse más servicios y productos para la satisfacción de necesidades básicas de la población, se necesita materia prima, lo que propicia la sobre explotación de recursos que posteriormente regresaran al ambiente pero ya modificados, puesto que al transformarlos necesitan de otros componentes para mejorarlos y modificar sus características, esos elementos posteriormente vuelven a la naturaleza y son de lenta degradación, lo que causa acumulación de residuos y una contaminación importante al ambiente.

Ciertamente estamos ante una nueva cultura del desecho, la mayoría de los productos plásticos son de un solo uso, los embalajes se han apropiado de todos los productos del mercado, actualmente hay en el mercado más de cinco tipos de plástico diferente que se utilizan en todos los productos de consumo diario, llevando a la producción de residuos a una actividad diaria inconsciente.

El fenómeno del consumo es global;

El fenómeno que entendemos por globalización ha disuelto y expandido los límites territoriales de los modos de producción, distribución y consumo. Aunque la sociedad de consumo no se reduzca ni a la necesidad de expansión ni al espectáculo de la acumulación, sino que además despliega toda una estrategia de seducción ante la múltiple elección que la abundancia permite (Castillejo et. Al. 2011, p. 37).

Este consumo desorbitado provocará un desarrollo no sostenible, teniendo graves afectaciones a las generaciones venideras

No se puede negar que el consumo es una actividad necesaria sin la cual no hay desarrollo posible, pero exige responsabilidad y educación ambiental, tanto por parte de las

industrias como de los usuarios de los productos y servicios, actualmente lo que está formando a las nuevas generaciones llenas de objetos de toda índole con funciones innecesarias y creando de la comodidad una forma de vida con satisfacción inmediata, pero sin mostrar el daño que esta implica. Ante todo, este panorama dentro de la visión del agotamiento de recursos y la pérdida de biodiversidad, la contaminación y el cambio climático ha surgido un mercado alternativo con un menor impacto ambiental *ECO friendly*, el problema es que no todos los productos son lo que dicen ser, amigables con la naturaleza.

En realidad, lo que está sucediendo es que se ha reciclado la cultura ecológica haciéndola compatible con los deseos individuales del bienestar y el crecimiento de la tendencia consumista. Dicho de otro modo, seguimos inmersos en la espiral del consumo, si bien ahora está orientada a las minindustrias, los eco-productos y la oferta de mejores tecnologías, ligeras y limpias.

De hecho, se trata solamente de una nueva modalidad de consumo: el eco consumismo. Con todo, la ecología del consumo no ha conseguido restar importancia a la necesidad de autolimitar el consumo general de forma responsable.

Esta vertiente de productos amigables se ofrece como una buena alternativa de seguir consumiendo, pero no se ataca el verdadero problema, dejar de consumir en exceso, dejar las necesidades creadas y utilizar solo lo necesario para vivir. El hombre como ser pensante y razonable, al modificar su entorno a su antojo para satisfacer sus necesidades dejó de verse como parte de la naturaleza, olvidando como opera esta. “En el nuevo milenio, el recurso instrumental del territorio se radicaliza con la mercantilización” (Vega et. Al. 2018, p. 33).

El ser humano necesita hacer un alto en el tipo y ritmo de vida que lleva para regresar al *centro*, a uno mismo, a su raíz que es propiamente la naturaleza, en la diversidad de sus manifestaciones. Se requiere retornar al origen que somos: un elemento más de un todo, en un planeta llamado Tierra, el cual a su vez se encuentra dentro de un universo complejo y mucho más amplio (Rodríguez & Quintanilla, 2019, p. 10).

Cada micro organismo que existe en el planeta tiene una función, el impacto humano en la naturaleza ha impedido que se cumplan los ciclos biológicos que mantienen saludable al ecosistema, este tiene la capacidad de autorregularse pero los daños que le ha causado la actividad ha hecho casi imposible cambiar los hábitos de consumo y formas de vida para reducir el impacto negativo, así como en el ecosistema todo va de la mano, los problemas ambientales existentes no son casos aislados, cada uno perjudica de diversas maneras al entorno y hace de su solución un problema interdisciplinario.

Los impactos descritos anteriormente, sobre la forma en que se disponen los residuos sólidos, muestran la urgencia de atender la gestión de estos de manera sustentable, que se adecue a la naturaleza y no en contra de ella, cuya tarea corresponde a todos los actores sociales y a los diversos niveles de gobierno.

1.2. Contexto conceptual sobre los residuos sólidos urbanos

1.2.1. Definición de los residuos sólidos

Siguiendo con la premisa de que para resolver un problema primero habría que identificarlo, analizarlo, de dónde viene, a dónde va, y proponer alternativas de solución, primero se expondrá lo que se entiende por cada concepto que se tratará en esta investigación. Se parte de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) para definir el concepto de residuos, se refiere a los materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados, o requieren sujetarse a un tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma ley (DOF, 2003). Estos desechos son mejor conocidos como “basura”, prácticamente así se le conoce a todo producto desechado por el hombre, pero recientemente a ese término se le ha dado otro significado, y que tiene que ver con la parte de los residuos que ya no pueden ser valorizados, ni reusados.

Los residuos sólidos en función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos que son: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

Los Residuos Sólidos Urbanos son generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole (DOF, 2003). El residuo sólido resulta de la descomposición o destrucción de algo material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

En algunas ocasiones los residuos sólidos no tienen el manejo adecuado desde el generador, ni de la autoridad municipal, como consecuencia la población crea un hábito consumista perjudicial para la salud y el medio ambiente, que además del crecimiento poblacional, el desarrollo tecnológico, la falta de cultura sobre el reciclaje conduce a una generación incontrolada de residuos, los cuales necesitan programas de manejo y una adecuada disposición final.

Los Residuos de Manejo Especial son aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos y que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. En el Artículo 19 de la LGPGIR (DOF, 2003), se clasifican en nueve tipos de residuos de manejo especial como son:

- Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas.
- Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales; y centros de investigación, con excepción de los biológico infecciosos.

- Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades.
- Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas.
- Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.
- Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes.
- Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.
- Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil requieren de un manejo específico por sus características.
- Otros que determine la Secretaría, de común acuerdo con las entidades federativas y municipios que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

La responsabilidad de estos residuos recae en las autoridades estatales, pues a ellas les corresponde autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial, e identificar los que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo.

Por otro lado, los Residuos peligrosos son aquellos que poseen algunas características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que confieran peligrosidad; así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio (DOF, 2003).

Algunos ejemplos de residuos peligrosos son: colorantes utilizados en tinciones microbiológicas, envases de vidrio y plástico que contuvieron sustancias peligrosas, solventes orgánicos o diluyentes de pintura, removedores de pintura, acumuladores de automóviles, aceites gastados (lubricantes, dieléctricos, hidráulicos, etc.), lámparas fluorescentes, tintas, barnices y cartuchos de tóner, refrigerantes de aires acondicionados, medicamentos caducos, pinturas o natas de pintura (base agua o aceite), balastros y capacitores, reactivos químicos utilizados en prácticas o investigaciones, sangre y líquidos

corporales, residuos patológicos, objetos punzocortantes utilizados en áreas clínicas o que han estado en contacto con humanos, animales o muestras biológicas, entre otros.

Dadas las características y composiciones de cada residuo estos requieren un destino final diferente, mientras algunos pueden depositarse en sitios poco tratados y no existir riesgo de contaminación, otros con el simple hecho de entrar en contacto con algunas superficies podrían causar graves afectaciones, por lo que cada uno necesita un trato diferente, todos ellos deben tener un manejo especial.

1.2.2. Gestión de los residuos sólidos de forma sustentable.

El concepto de “sustentable” surgió en los años ochenta, en 1987 se plasmó en el documento *Nuestro futuro común*, explicando que el “desarrollo sustentable” es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esto surgió debido a la creciente problemática ambiental que empezaba a tomarse en cuenta en los países desarrollados, para que posteriormente de adoptará más que como un concepto, como una forma de vida.

El desarrollo sustentable emerge como una propuesta conceptual holística que articula al menos cinco dimensiones: la económica, la ambiental, la social, la política y la cultural. En el presente proyecto se parte de este concepto, ya que se considera que una gestión de los residuos sólidos depende de estas dimensiones. El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. El punto clave es que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia (Instituto Nacional de Energía y Cambio climático, 2007).

Para el diseño de una propuesta de gestión de residuos sólidos sustentable se deben considerar los aspectos económicos para saber si se cuentan con los recursos necesarios para

implementarlo y mantenerlo; aspectos ambientales para conocer las características del sitio y asegurar la mínima o nula afectación a la naturaleza; lo social para reconocer las necesidades de la población y satisfacerlas adecuadamente; lo político para evaluar los requerimientos necesarios y gestionar apoyo para su implementación y requerimientos; y lo cultural para conocer la aceptación que tiene o no de la población, así como su eficiencia. Al contemplar estos elementos se puede anticipar la rentabilidad y funcionalidad de la propuesta de una forma de disponer.

En este contexto se entiende por gestión integral de residuos sólidos, al conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (DOF, 2003).

1.2.3. Manejo de los residuos sólidos urbanos

El manejo de los residuos sólidos urbanos es un concepto esencial dentro de la gestión de residuos sólidos urbanos, se refiere a las diversas etapas que sigue el residuo desde su generación hasta su disposición final, en cada una de éstas se llevan a cabo actividades, normatividad y relaciones sociales particulares. Las etapas son las siguientes:

- Etapa 1: Los consumidores o la población son los generadores de residuos, y son la parte más importante de este sistema, pues lo que producen definirá mucho de las etapas siguientes del proceso, si consumen mucho generará mucho, si consumen poco generará pocos residuos, y dependiendo del material predominante de consumo (que en este tiempo es el plástico) se tomarán medidas especiales con él. En esta etapa se habla de la reducción y el reúso. Es por ello importante atender la racionalidad de consumir para desde origen evitar acrecentar el volumen y tipo de residuos tóxicos para la naturaleza, ya que no solo reduce los impactos negativos de la producción, sino también reduce la inversión para el tratamiento de los residuos.

- Etapa 2: Almacenamiento temporal, se refiere a la disposición inmediata de los residuos después de ser generados, se lleva a cabo en el hogar en el caso de los RSU, o en sitios especiales para el caso de los RME o RP. En esta etapa se pueden implementar estrategias de separación para hacer más eficiente la recolección de residuos, pues al clasificarlos según el material se puede: saber qué es lo que más se consume en casa y crear conciencia de esto, visualizar el posible aprovechamiento y reúso de estos residuos, facilitar a los recolectores la clasificación del producto, y tener beneficios personales económicos o para el hogar.
- Etapa 3: Recolección, consiste en recoger los residuos en los sitios indicados por parte del servicio de recolección municipal, este puede ser de manera directa (recolección en los lugares generadores) o en parajes o avenidas definidos para una recolección más amplia. Esta etapa es importante, ya que en ella se representa un impacto económico para el ayuntamiento y muchas veces esa dificultad desencadena problemas sociales y ambientales, puesto que, si no se cuenta con el recurso para brindar el servicio, la comunidad desecha sus residuos donde puede. Esta recolección puede ser mezclada cuando recogen todos los residuos sin separación alguna o recolección selectiva, para la cual implica una adaptación en los camiones recolectores para hacer bien el trabajo o un día específico para recoger cada material. Para que el manejo de los residuos sea bueno, esta etapa debe ser eficiente pues si no se cubre con la totalidad de la población, las personas que no tienen el servicio pueden causar daños al ambiente, si existe una adecuada participación los residuos clasificados pueden tener una remuneración económica, ya sea para el generador o para los recolectores.
- Etapa 4: Transferencia, se refiere a transportar los residuos que están en una estación de transferencia ya que la distancia de la fuente generadora al sitio de disposición final es larga y los camiones recolectores son poco eficientes, por lo que se crea la estación donde se vacían los camiones recolectores en un transporte más grande tipo tráiler que les permite llevar más en menos tiempo. Algunos lugares no cuentan con estos sitios debido a que se encuentran cerca del sitio de disposición final.

Los tipos de sitios de transferencia de acuerdo con García (2007) son: sin compactación o con compactación. Dentro de los sitios sin compactación existen estaciones con carga directa o con almacenamiento, la primera consiste en descargar los residuos directamente del camión recolector a los vehículos de mayor capacidad que se encargarán de llevarlos al relleno sanitario. La segunda opción consiste en vaciar los residuos directamente al suelo previamente tratado, para evitar la infiltración de lixiviados, del cual posteriormente se cargará mediante una pala al vehículo que transportará los residuos al sitio de disposición final; esto también puede ser mediante foso que tiene mayores dimensiones y el proceso de extracción es mediante cadena transportadora o con un pulpo.

Los sitios de transferencia con compactación son con carga directa en tolva o con almacenamiento en tolva ampliada, en ambos casos los residuos pasan a una tolva, posteriormente a un compactador estático una vez comprimidos pasan a un contenedor donde serán extraídos para su transporte, el de tolva ampliada es el mismo procedimiento, pero con una mayor capacidad.

- Etapa 5: Tratamiento, consiste en actividades de aprovechamiento de los RSU antes de ser dispuestos de forma definitiva. Este tratamiento se da generalmente en el sitio de disposición final y es previo a la disposición de los residuos, comúnmente se realiza con la pepena que se refiere a la búsqueda y extracción de materiales reaprovecharles para su posterior venta, en México es una fuente de ingresos para muchas personas, esto se realiza en el sector informal.

Por otro lado, están las plantas de tratamiento que más que la separación y clasificación de residuos, permiten el ahorro de recursos naturales renovables y no renovables, prolongan la vida útil de los sitios de disposición final, además de la creación de empleos y la preservación del ambiente. Existen diversos tipos de tratamiento como son:

-Tratamientos térmicos, estos pueden llegar a reducir el volumen de los residuos hasta en un 90%. Dentro de este tratamiento existen principalmente tres tipos: incineración, pirólisis y gasificación.

-Tratamientos mecánicos, permiten reducir el volumen de los residuos que han de evacuarse; ya sea por enfardamiento –compactación- o trituración.

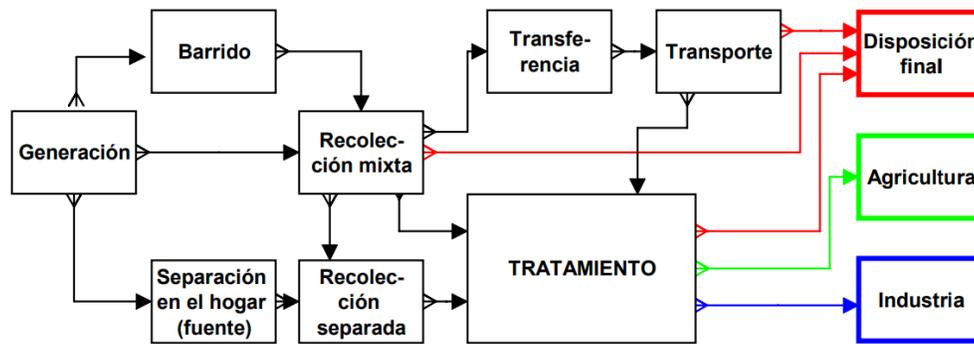
-Tratamientos químicos, existen diferentes clases, entre ellas: la precipitación o floculación de sustancias disueltas y la neutralización que usa la cal como agente neutralizante de materiales ácidos.

Para los residuos orgánicos existe la transformación bioquímica que se da en la elaboración de composta, este proceso transforma los residuos orgánicos en composta, la cual puede utilizarse como mejorador de suelos y puede ser utilizado en la agricultura. Se trata de una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para las que a partir de residuos orgánicos, los organismos descomponedores fabriquen un abono de elevada calidad.

- Etapa 6: Disposición final es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (Diario Oficial de la Federación, 2004). Esta es la última etapa del ciclo de vida de los RSU, aunque es la final, arrastra las consecuencias de todas las anteriores, si la previa separación y clasificación de los productos valorizables se dio adecuadamente, en este punto la reducción del volumen de los residuos debe ser considerable y solo se depositarían aquí aquellos que ya no tienen ninguna función.

Un sistema de manejo de residuos diferenciado involucra todas las etapas anteriores con cierta relación y un flujo no lineal.

Figura 1 Flujograma de un sistema de manejo de residuos sólidos diferenciado



Fuente: SEMARNAT, 2006

Desde el punto de vista económico, un menor volumen de residuos que requieren de disposición final reduce los costos de operación. Según estimaciones de la OCDE, el monto destinado al manejo y tratamiento de residuos en los países miembros asciende a un tercio de los recursos financieros que destina el sector público para el abatimiento y control de la contaminación (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2014). Así que todos los esfuerzos que los gobiernos ponen en las primeras etapas de los RSU son claves para que al llegar a la disposición final los costos de esta no sean tan elevados, inclusive si se saben manejar bien las etapas anteriores estas mismas podrían costear la disposición final, si no es que toda, parte de ella.

Existen diferentes opciones para la disposición de los residuos sólidos, durante mucho tiempo lo más usado ha sido el almacenamiento de estos y que se puede llevar a cabo de manera regulada mediante los rellenos sanitarios, donde los residuos orgánicos e inorgánicos pueden ser almacenados; también están los tiraderos a cielo abierto, que es una forma no regulada de depositar estos residuos en lugares no aptos o no adecuados para su correcta disposición. También “existen diferentes métodos de acuerdo con la composición de residuos, como la mecanización a la producción de composta a partir de la fracción orgánica y el uso de lo inorgánico como combustible en un proceso térmico” (Bagchi, 2004, p 81, 101). Si bien el autor comenta que el compostaje y el tratamiento térmico son formas de disposición final, estas se han tratado aquí como parte de la fase de tratamiento, ya que se

desprenden de una deposición como tal, los residuos orgánicos al convertirse en composta vuelven al ciclo de vida útil y no se quedan en un solo lugar, y en el caso del tratamiento térmico, quedan ahí residuos después del uso de generación de energía, el residuo si pudiese llevarse a un sitio de disposición final.

Los sitios de disposición final de residuos sólidos que no fueron planeados técnicamente se conocen comúnmente como “tiraderos a cielo abierto”. Estos sitios son terrenos donde se depositan y acumulan los residuos sólidos urbanos sin ningún control técnico sanitario y operativo, así como la ausencia de obras de infraestructura para minimizar los impactos negativos al ambiente. En muchos casos estos sitios se localizan cerca de los asentamientos humanos; en la ribera de los ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua; a un lado de las carreteras, caminos vecinales y/o en terrenos con características inadecuadas, debido a que únicamente se considera la cercanía y la disponibilidad de espacio libre para el depósito de los residuos.

Los tiraderos a cielo abierto se encuentran en rancherías, poblaciones rurales, ciudades pequeñas y medias, donde los ayuntamientos tienen escasos recursos para el manejo de la basura. Los vertederos municipales son más comunes en ciudades con población mayor a los 250 mil habitantes, donde los gobiernos locales tienen cierto nivel de ingresos y presupuesto estable exclusivo para el manejo de residuos.

Otra manera de disposición final es el reciclado que según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2015) se refiere a:

Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno (p. 3)

Según la Real Academia Española, el reciclado es someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar. En cuanto al nivel real de reciclaje en México,

las cifras son poco alentadoras. La gran cantidad de residuos que se generan aún no se refleja de manera significativa en la reutilización de estos.

A pesar de que desde 1992 las toneladas de residuos reciclados han aumentado a un promedio anual de 7.3 por ciento, y que, en comparación con ese mismo año, en 2012 se reciclaron cuatro veces más toneladas de residuos, la realidad es que el porcentaje de residuos reciclados es todavía ínfimo (Góngora, 2014, p 5).

El volumen de materiales reciclados en México es reducido, en 2012 alcanzó alrededor del 9.6 por ciento del volumen de los residuos generados (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012). Esta cifra resulta baja cuando se compara con lo reportado para los países que forman parte de la OCDE, que en promedio reciclaron en ese mismo año alrededor del 24 por ciento de sus residuos. Según el CNGMD (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018), del volumen total reciclado en el país en 2014, el mayor porcentaje correspondió a PET (33.79 por ciento), seguido por el papel, cartón y productos de papel (22.76 por ciento) y plásticos (12.95 por ciento), fierro, lamina y acero 10 por ciento, vidrio 18 por ciento otros 4.3 por ciento, aluminio 2.5 por ciento, electrónicos y electrodomésticos 2.3 por ciento y cobre, plomo y bronce 1.8 por ciento.

Aun dado de estos métodos de disposición final la del relleno sanitario es la más adecuada por sus características y la elevada reducción de contaminación ya que protege el sitio donde está instalado, los residuos y los lugares cercanos. De este tipo de disposición existen diferentes rellenos sanitarios como son:

Relleno sanitario mecanizado: Históricamente los residuos sólidos han sido depositados en una superficie del suelo y desde finales del siglo pasado se han utilizado obras de construcción e ingeniería conocidas como rellenos sanitarios, que son diseñadas y operadas con el objetivo de reducir el impacto al ambiente y a la salud pública. Los rellenos sanitarios deben diseñarse para proteger el ambiente de las sustancias contaminantes contenidas en los residuos sólidos. Para su mejor operación un relleno sanitario debe contar con un sistema de monitoreo para prevenir la contaminación de agua o emisiones de gases contaminantes y debe restringirse el ingreso a ciertos materiales como las baterías, aceite de motor o pinturas.

Un relleno sanitario opera en un área determinada, sobre la cual son colocadas celdas de material de disposición, el término celda es utilizado para describir el volumen de material colocado en el relleno durante un período de operación, generalmente un día. Una celda incluye residuo depositado y el material usado para cubrirlo. Generalmente el material de recubrimiento lo construyen con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 metros de espesor (Fernández, 2010, p. 29).

El material de recubrimiento es usado para prevenir olores y la dispersión de los materiales causada por el viento, además de prever la entrada de agua, asimismo ayuda al control epidemiológico ratas moscas y cucarachas entre otras plagas.

Una vez que toda el área activa del relleno es cubierta con celdas, se procede a colocar una nueva capa en la parte superior. Generalmente un relleno sanitario está diseñado para almacenar varias capas. Cuando la altura del relleno excede los 50 a 75 pies se coloca una cama, banca o terraza, de material de recubrimiento. Finalmente, cuando el relleno llega a su capacidad máxima, la capa final de residuos requiere otra capa de material de cobertura. Una cobertura final es colocada sobre toda la superficie del relleno después de que han acabado todas las operaciones.

Para controlar los gases generados por los desechos y los líquidos acumulados en la parte inferior, llamados lixiviados, se utilizan materiales delineadores que añaden resistencia química al terreno. Los delineadores son colocados al fondo y en los límites del terreno que se encuentran debajo del suelo. Consisten en capas sucesivas de arcilla compacta y/o materiales geos sintéticos colocado para prevenir la migración de lixiviados y gases. Los delineadores geo sintéticos, mejor conocidos como geomembranas, están constituidos por polímeros, entre los cuales se encuentra el polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, cloruro de polivinilo y el polietileno clorosulfonado.

Los lixiviados en general son resultado de la percolación, precipitación e irrigación del agua sobre el terreno además de contener el agua que contenían inicialmente los

residuos, tienen diversos componentes químicos provenientes de la solubilización de los residuos y de las reacciones químicas y bioquímicas que se desarrollan en los mismos (Bagchi, 2004, p. 63).

La estructura de un relleno sanitario está bien equipada, considera todos los aspectos para prevención de contaminación, de agua, aire y suelo, así como la minimización de los vectores de contaminación, esas características y elementos forman parte del relleno sanitario mecanizado, ya que estos son los rellenos con más instrumentos, están diseñado para las grandes ciudades por el volumen de la generación de residuos, operan con maquinaria pesada y generalmente utilizan personal capacitado para las diferentes áreas.

Relleno sanitario semi mecanizado: Tiene todas las características básicas de un relleno, diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería civil y sanitaria para poblaciones hasta de 100,000 habitantes, para ciudades que generan entre veinte y cuarenta toneladas diarias de basura. Se requiere de equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas y excavación de zanjas o material de cobertura, de acuerdo con el avance y método de relleno. En cuanto a los demás trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos, se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible también el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos de confinamiento de residuos (Fernández, 2010, p. 16).

Relleno sanitario manual: Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones, que por la cantidad y el tipo de residuos que producen (menos de 15 t/día), además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas (Jaramillo, 2002, p. 45).

Para el caso de la adecuación del terreno y la creación de los accesos principales, además del tipo de método a utilizar, pudiera ser que se necesite de maquinaria pesada, solo en esos casos, pues en la operación diaria del mismo, con la cuadrilla de hombres basta.

Existe la posibilidad de que los trabajos en este tipo de relleno se vean limitados por la falta de maquinaria, ya que de la compactación manual a de maquina sí presenta diferencias, pero sin duda es un mejor tratamiento que se le daría a los residuos en comparación al del tiradero a cielo abierto.

Según Jaramillo (2002, p. 45) los rellenos sanitarios tienen tres métodos de construcción, este se elegirá de acuerdo con las características del terreno:

-Método de trinchera o zanja: Se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSU se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Para la implementación de este método el suelo debe ser apto, ya que la excavación no debe tocar los mantos freáticos y la estabilidad del suelo determinara operación.

Se deben construir canales perimétricos para captar las aguas de lluvia y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

-Método de área: Se utiliza cuando el terreno no es apto, por sus componentes (tipo de suelo, permeabilidad, etc.), para excavaciones, la deposición se puede hacer sobre el suelo original previamente impermeabilizado ya sea con geomembrana o con materiales arcillosos, los residuos se irán apilando procurando que tengan una pendiente suave para evitar el deslizamiento de los residuos, para su recubrimiento será necesario acarrear el material de cobertura de otro lado, lo que implica un costo por lo que hay que buscar material lo más cercano posible al sitio.

Otra forma de realizar este método es rellenando depresiones naturales, el material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba. Es importante implementar un sistema de lixiviados mediante la construcción de pretiles o muros de contención ya que los lixiviados pueden depositarse en los pies de la celda por la acción de la gravedad (p.46).

Ambos métodos pueden combinarse para un mejor aprovechamiento del terreno y el material de cobertura, sin embargo, esto depende de las especificaciones de cada sitio

Capítulo II. Metodología para la formulación de un programa de gestión de los residuos sólidos sustentable.

En términos generales, la investigación se basó en el método deductivo; se parte de la premisa de que un manejo de los residuos sólidos armónico con la naturaleza atenúa la contaminación de éstos en el medio ambiente, dado el problema que ha provocado la forma de disposición de los residuos en el caso de estudio. Mediante una justificación teórica, conceptual y empírica se llega a ciertos resultados y propuesta a dicha situación. Para ello, siguen las fases del proceso de planeación de proyectos que consiste en la caracterización, diagnóstico sobre la manera que se manejan los residuos sólidos, así como sus disposiciones legislativas y administrativas para ello, y en específico y finamente, una fase prospectiva, se plantea una propuesta.

En este sentido, la metodología de manera particular consta de dos fases principales: la primera, la caracterización y diagnóstico de la disposición final de RSU; y la segunda, la formulación de un programa de disposición final sustentable.

En la primera fase se abordó el contexto conceptual, normativo y administrativo que se presentan en torno a la gestión de los residuos sólidos en México, así como algunas experiencias de la disposición de residuos sólidos, que es la fase en la que se muestra la eficiencia de la gestión.

Asimismo, en esta etapa se caracterizó la zona del caso de estudio, la cual consistió en la delimitación y estructura territorial, medio físico (tipo de suelo, pendiente del terreno, hidrología, cuerpos de agua cercanos), dinámica demográfica y manejo de los residuos sólidos en el caso de estudio; se contó con la información recabada de investigación documental y de campo, como también se recurrió a autoridades municipales y comunitarias. Posteriormente se abordó la caracterización del manejo de los residuos sólidos urbanos mediante la descripción de la generación, recolección, transporte y disposición final. Esta fase se realizó con investigación documental y de campo, además se tomó en cuenta el

Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial del estado de México (Gobierno del Estado de México, 2009), la cual se puede sintetizar en tres actividades:

- 1) Análisis de información documental: se recurrió a datos de estadística nacional, estatal y municipal, a Planes Municipales de Desarrollo vigentes y de administraciones pasadas, así como a estudios previos de pequeñas localidades. Asimismo, a información legislativa al respecto.
- 2) Entrevistas a los principales actores sociales involucrados en el manejo de los residuos sólidos urbanos: operadores, funcionarios municipales, población en general, comisariados ejidales mediante la identificación de informantes claves.
- 3) Muestreo para determinar la generación y composición de los residuos sólidos urbanos, con base en las normas mexicanas NMX-AA-61-1985 y NMX-AA-22-1985 pero con ajustes y con método aleatorio. También para la definición del sitio de disposición final se basó en la norma 083 de la SEMARNAT.

La identificación de los actores clave permite tener en mente los sectores con los que se desarrollará el proyecto, pues al identificar la problemática y sus posibles soluciones, los actores que aprobarán, negarán, desarrollarán y mantendrán el proyecto son estos. En la comunidad se identificaron cinco actores principales: delegados locales, comisariado ejidal, instituciones educativas, organizaciones locales (sociales y asociaciones de la religión predominante) y la población en general. La información recolectada con ellos se llevó a cabo mediante una entrevista en la mayoría de los casos de dos sesiones, pues al intervenir en los mismos asuntos fue necesario corroborar y ampliar la información dada.

La población se consideró el agente principal para recabar la información sobre volumen y composición de residuos de esta fuente, se diseñó y ejecuto una encuesta, la cual se llevó a cabo con muestras aleatorias simples.

Una vez obtenidos los datos de muestreo y entrevistas se procede a la localización de los sitios de disposición final actuales y su impacto ambiental, mediante estudio de campo,

localización por GPS y la generación de un mapa de los tiraderos a cielo abierto, así como los impactos ambientales. En este sentido, se propuso el sitio adecuado para un relleno sanitario manual, los pasos fueron los siguientes:

- Revisión de la Norma 083 de la SEMARNAT que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Identificación de especificaciones de la Norma.
- Obtención de cartografía de la zona de estudio para su manejo y procesamiento.
- Ponderación de restricciones
- Generación de mapa de restricciones
- Identificación de las adecuaciones pertinentes a sitio.
- Consideraciones sociales para una buena implementación y desarrollo de la obra.

Con base a la Norma 083 de la SEMARNAT, que establece los factores y restricciones que se deben seguir para la localización de un relleno sanitario, estos se identifican mediante estudios y análisis previos que muestran la situación real de sitio, para posteriormente identificar diseño de construcción adecuado para el relleno sanitario.

La metodología para implementar es la siguiente:

-Recopilación y análisis de información: Se basa en la adquisición de información de campo y documental sobre el estudio de la generación de los residuos, ya que es componente clave para saber de qué magnitud debe ser el sitio de disposición final. Esta indica la cantidad de residuos a depositar, con ello se identifica la categoría del sitio, los requerimientos normativos que debe cumplir y los métodos con los que se puede trabajar en ello. En el caso de estudio se determinó el sitio de disposición de tipo D, ya que la generación de residuos no es de más de 10 toneladas al día. Para el tipo D se requiere tomar en cuenta:

Ordenación territorial: distancia a núcleos de población, distancia a núcleos de generación de residuos, zonas naturales protegidas, comunicaciones, infraestructuras y accesos, usos del suelo.

Rasgos socioeconómicos: centros de población y rutas de acceso. Además de rasgos físico-geográficos en su mayoría identificados mediante mapas temáticos.

Topografía: pendientes.

Geología: tipo de suelo, distribución y localización de fallas geológicas.

Hidrología: corrientes, cuerpos de agua, causas naturales.

Área urbana: la norma indica que no debe ubicarse en localidades mayores de 2,500 habitantes, en donde el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 metros contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano, factor que se modificó, ya que el relieve de la comunidad a la distancia de 500 metros a partir de la traza urbana, solo presenta sitios con altas pendientes, la literatura indica que este facto se da para reducir al máximo las molestias que estos sitios representan para la sociedad, además de evitar contratiempos y accidentes, pero con una adecuada ejecución estos se pueden reducir al mínimo estos riesgos.

Cuerpos de agua y ríos: La distancia de ubicación del sitio de disposición final con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe de ser de 500 metros como mínimo.

Pozos: La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia será menor de 500 metros.

-Procesamiento e interpretación de la información: Esta información debe recopilarse, describirse, procesarse e integrarse en busca de resultado cuyas características comprometan en menor medida al ambiente, de este análisis se basa la definición de la ubicación óptima del sitio de disposición final. Para la integración de los mapas temáticos se necesitó la implementación de los Sistemas de Información Geográfica, los cuales capturan, almacenan, manipulan, analizan y organizan información geográfica que puede utilizarse para la toma de decisiones de planificación y gestión de todo tipo, estos sistemas son tan diversos que no solo se utilizan con carácter político o de administración, también permiten

tomar decisiones respecto al uso del territorio, establecimiento de sitios de riesgo o como es el caso en la localización de sitios aptos para rellenos sanitarios.

Para el caso de estudio se utilizó la Evaluación multicriterio que según Barredo (1996, como se citó en Flores, 2013, p.36):

Son técnicas de las cual el objeto de estudio va a ser definido por una serie de factores o variables dichos factores van a influir de manera positiva (Aptitud) o negativa (Impacto) sobre la actividad objeto de decisión y deben ser inventariados y clasificados previamente. Dicha metodología es utilizada en la selección y toma de decisiones en múltiples campos para dar solución a diversos problemas, los cuales se caracterizan porque la toma de decisiones viene condicionada por un conjunto de varios factores a la vez.

Para esto se requiere la identificación de los factores y restricciones que retomando de los requerimientos de la Norma, están hechos para municipios, estos requerimientos se adecuaron a escala local tomando las medidas pertinentes a la comunidad de estudio.

-Elección del sitio de disposición final, capacidad y especificaciones.

Una vez localizados los sitios óptimos se elige el de mayor eficiencia social, ecológica y económica, así mismo se determina que método de disposición se necesita (método trincherero/ método área / método combinado), dependiendo de esto se establecen los procedimientos a seguir para la adecuación del terreno. Lo siguiente es el cálculo de la vida para lo cual los parámetros básicos para tener en cuenta son: la población atendida, generación de residuos por habitante y día, volumen del sitio disponible, altura de relleno de cada capa / celda, capas de recubrimiento intermedias, altura máxima de residuo en el relleno, densidad de compactación de los residuos.

-Establecer los mecanismos de operación del sitio de disposición final

La propuesta del relleno sanitario manual ante una comunidad, se da en la medida en que esta pueda llevarlo a cabo de manera sencilla y que pueda mantener su operación y cierre con la mejor calidad posible, con base en las formas de organización social y la identificación de actores clave se plantean una comisión encargada.

Capítulo III. Situación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en México.

3.1 Legislación sobre los residuos sólidos urbanos.

En México se tiene un marco normativo en materia de residuos sólidos que se desprende desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y a través de diferentes leyes en las cuales se establece que organismos serán responsables de la gestión de residuos. En el presente apartado se retoman algunos artículos y fracciones de leyes federales, estatales y municipales en materia de residuos sólidos urbanos que competen con el tema de disposición final.

Constitución Mexicana

Como máxima legislación en México, la constitución da protección a la salud de las personas y el medio ambiente. En el **artículo 4°** se establece el derecho que toda persona tiene a proteger su salud y a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar, además de aclarar que el daño y deterioro ambiental genera responsabilidad para quien lo provoque.

En cuanto a residuos sólidos, en el **artículo 115°**, delega la responsabilidad a los Municipios de la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.

Después de la constitución se tiene a la **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**, que es la máxima ley en materia ambiental, fue promulgada el 28 de enero de 1988 y tiene competencia en todo el territorio mexicano, sus disposiciones son de orden público e interés social, cuyo objetivo es propiciar el desarrollo sustentable.

La LGEEPA en su capítulo V: Prevención y control de la contaminación en el suelo, contiene disposiciones en materia de residuos sólidos, en los artículos siguientes:

*Tabla 1 Especificaciones para la prevención y control de la contaminación en el suelo
LGEEPA*

LGEEPA	
Artículo 7	Corresponden a los Estados, la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos.
Artículo 41	Los tres niveles de gobierno fomentarán la investigación científica, promoverán programas que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación. Para ello, se podrán celebrar convenios con instituciones de educación superior, centros de investigación, instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia.
Artículo 134	Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo, controlar los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
Artículo 135	La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios como criterio para prevenir y controlar la contaminación del suelo.
Artículo 137	Queda sujeto a la autorización de los Municipios, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.
Artículo 138	La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para: La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final, así como la identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales.

Fuente: Elaboración propia con base en LGEEPA, 2022.

Por otro lado, existe la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**, la cual tiene el objetivo de garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Tabla 2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

LGPGIR	
Artículo 6.	El gobierno en sus tres niveles ejercerá sus atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la contaminación de sitios y su remediación.
Artículo 10	<p>Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos.</p> <p>Verificar el cumplimiento de las disposiciones de la ley e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables.</p> <p>Participar y aplicar instrumentos económicos que incentiven el desarrollo del manejo integral de residuos sólidos urbanos.</p>
Artículo 35	Los tres niveles de gobierno promoverán la participación de todos los sectores de la sociedad en la prevención de la generación, la valorización y gestión integral de residuos.
Artículo 96	<p>Las entidades federativas y los municipios deberán:</p> <p>Elaborar, actualizar y difundir el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.</p> <p>Desarrollar guías y lineamientos para la segregación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos.</p>

	<p>Organizar y promover actividades de comunicación, educación, capacitación, investigación, para prevenir la generación, valorizar y lograr el manejo integral de los residuos.</p> <p>Identificar los requerimientos y promover la inversión para el desarrollo de infraestructura y equipamiento, a fin de garantizar el manejo integral de los residuos.</p>
Artículo 97	<p>Los municipios regularán los usos del suelo de conformidad con los programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano, en los cuales se considerarán las áreas en las que se establecerán los sitios de disposición final.</p>
Artículo 100	<p>La legislación que expidan las entidades federativas podrá contener las siguientes prohibiciones:</p> <p>Verter residuos en la vía pública, predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado; en cuerpos de agua; cavidades subterráneas; áreas naturales protegidas y zonas de conservación ecológica; zonas rurales y lugares no autorizados por la legislación aplicable.</p> <p>Incinerar residuos a cielo abierto.</p> <p>Abrir nuevos tiraderos a cielo abierto.</p> <p>Así mismo prohibir la disposición final de neumáticos en predios baldíos y sitios no adecuados.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en LGPGIR

Así mismo esta Ley cuenta con un **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** el cual tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tabla 3 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Artículo 8	La Secretaría publicará en su portal electrónico los criterios y metodología para la elaboración y actualización de los inventarios de tiraderos de residuos o sitios en donde se han abandonado clandestinamente residuos de diferente índole en cada entidad federativa.
Artículo 14	El principio de responsabilidad compartida, establecido en la Ley, se aplicará igualmente al manejo integral de los residuos de manejo especial y sólidos urbanos que no se encuentren sujetos a plan de manejo conforme a la Ley, este Reglamento y las normas oficiales mexicanas.
Artículo 18	Las autoridades municipales, en coordinación con la Secretaría, instrumentarán planes de manejo que incorporen el manejo integral de los residuos peligrosos que se generen en los hogares en cantidades iguales o menores a las que generan los micro generadores, así como en unidades habitacionales o en oficinas, instituciones, dependencias y entidades y que serán implementados por éstas.

Fuente: Elaboración propia con base en Reglamento de la LGPGIR

Además de las leyes existen regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, llamadas **Normas Oficiales Mexicanas**, estas tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana.

Para el tema de residuos sólidos urbanos están las siguientes:

- 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 (DOF, 2004).

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Por otro lado, existen las Normas mexicanas que se señalan en Ley Federal sobre Metrología y Normalización, como un instrumento de referencia para determinar la calidad de los productos y servicios. Son elaboradas para uso público por un organismo nacional de normalización o la secretaría de economía, su objetivo es proteger y orientar a los consumidores. No tienen un carácter obligatorio su cumplimiento es voluntario y su campo de aplicación es determinado por la propia Norma; ésta puede ser nacional, regional o local.

Es importante aclarar que si una NOM hace referencia a una NMX, ésta adquirirá el carácter de obligatoria.

NORMA MEXICANA NMX-AA-15-1985.

Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales Muestreo-Método de Cuarteo.

Esta Norma Mexicana establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

NORMA MEXICANA NMX-AA-19-1985

Protección al ambiente -contaminación del suelo – residuos Sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".

Esta Norma Mexicana establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".

NMX-AA-022-1985

Protección al ambiente-contaminación del suelo residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos.

Esta Norma Mexicana establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

NMX-AA-61-1985

Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos Sólidos municipales-determinación de la generación.

Esta Norma Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación).

En el Estado de México existe el **Código para la biodiversidad** sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto regular las materias siguientes:

I. Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y el Fomento al Desarrollo Sostenible; II. Fomento para el Desarrollo Forestal Sostenible; III. Prevención y Gestión Integral de Residuos; IV. Preservación, Fomento y Aprovechamiento Sostenible de la Vida Silvestre; V. Protección y Bienestar Animal.

Tabla 4 Código para la biodiversidad

Artículo 1.2.	Son objetivos del Código: Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; Promover y regular el uso y aprovechamiento sostenible, la conservación, la remediación, la rehabilitación y la restauración de elementos naturales, recursos naturales y de los bienes ambientales, la protección y promoción de los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas relacionados con el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales.
Artículo 2.164	Para la prevención y control de la contaminación del suelo se deben incorporar técnicas y métodos para el reúso y reciclaje, así como para el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Artículo 2.165	En el establecimiento, operación de sistemas de limpia, disposición final de residuos sólidos municipales o domésticos en sistemas o tecnologías comprobadas, rellenos sanitarios se deberán cumplir estrictamente con las normas oficiales mexicanas y normas técnicas estatales.
Artículo 2.168.	Para la prevención, restauración y control de la contaminación del suelo las autoridades deberán regular y vigilar la racionalización de la generación de residuos sólidos, separación de los residuos sólidos para facilitar su reusó y reciclaje, los sistemas de manejo y disposición final de residuos sólidos en los centros de población, el uso de agroquímicos, las descargas de aguas residuales y su reusó, la captación o utilización de aguas pluviales. En el diseño, construcción y operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de residuos sólidos municipales, se observarán las disposiciones del Libro Cuarto, las normas oficiales mexicanas, los criterios y normas técnicas estatales
Artículo 2.169	La Secretaría promoverá medidas para evitar el depósito, la quema de residuos sólidos en bienes de uso común, la implementación, mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento, disposición final de residuos sólidos municipales y domésticos: y la identificación de alternativas de reutilización, reciclaje, disposición final de residuos sólidos municipales, domésticos.

Fuente: Elaboración propia con base en Código para la biodiversidad

Así mismo en el reglamento del libro segundo del Código para la biodiversidad del Estado de México establece a la **norma técnica estatal ambiental** como la regla, método o parámetro científico o tecnológico emitida por la Secretaría, que establezca los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de las actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan

causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente, y además que permitan uniformar los principios, criterios y políticas en la materia. Para el caso de los residuos sólidos urbanos encontramos las siguientes normas:

NTEA-010-SMA-RS-2008

Establece los requisitos y especificaciones para la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México.

NTEA-013-SMA-RS-2011

Establece las especificaciones para la separación en la fuente de origen, almacenamiento y entrega separados al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México.

Descendiendo desde la federación, estado y municipio, de este último es el **Bando Municipal de Tenango del Valle** al que se constituye como la norma jurídica rectora del quehacer administrativo de la autoridad y sustento legal de los particulares en la protección de sus derechos y exigencias sociales. Es de orden público, interés social y observancia obligatoria para las autoridades administrativas, vecinos, visitantes y transeúntes del municipio. Tiene por objeto regular la organización política y administrativa del municipio y establecer los derechos y obligaciones de sus habitantes.

Tabla 5 Bando municipal de Tenango del Valle

Artículo 109	<p>El Ayuntamiento, por conducto de la Dirección de Servicios Públicos, será el responsable de velar y preservar el servicio de limpia y disposición de desechos a efecto de propiciar condiciones salubres a los habitantes del municipio, así como para procurar la prevención de plagas y enfermedades.</p> <p>-Se pague el servicio especial de recolección de residuos sólidos, cuando el volumen alcance cantidades superiores a los 25 kilogramos.</p>
---------------------	---

-Los usuarios del servicio de recolección tienen la obligación de hacer entrega de sus desperdicios al frente de su domicilio o al lugar más próximo, siempre al llamado del camión recolector en los días y horarios que señale el órgano operador.

-Los habitantes del municipio no podrán abandonar sus residuos sólidos afuera de su domicilio, en la calle o en las esquinas en ninguna circunstancia, sino hasta que este próximo el camión recolector.

-Los habitantes y vecinos del municipio tienen la obligación de contribuir con el cuidado al medio ambiente, por lo que deberán realizar la separación de residuos sólidos urbanos en orgánicos e inorgánicos, a fin de que al realizar la entrega al camión recolector los residuos ya se entreguen separados. De la misma manera, queda estrictamente prohibido desechar residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en prados, barrancas, ríos, zanjas, áreas verdes, terrenos baldíos o cualquier otro lugar que afecte al ecosistema.

Artículo 147

Es atribución del Ayuntamiento, a través de la Dirección de Medio Ambiente, establecer las medidas necesarias en materia de planeación, educación y gestión ambiental, protección al ambiente, equilibrio ecológico, residuos domiciliarios e industriales no peligrosos, el manejo de la vegetación urbana y la preservación, restauración y protección de las áreas protegidas de la flora y la fauna silvestres con el fin de mejorar la calidad de vida de la población del Municipio.

Artículo 148.

El Ayuntamiento implementará las acciones que tengan por objeto la protección, la conservación y la restauración del medio ambiente, estableciendo las medidas necesarias para la protección del medio ambiente; y la administración de los residuos domiciliarios e industriales, en coordinación con los sectores público, privado y social, prohibiendo de manera general, los siguientes usos:

Bolsas plásticas desechables elaboradas de la derivación del petróleo, popotes plásticos y recipientes de unicel de un solo uso, en

	restaurantes, establecimientos de comida y demás comercios que proporcionen con dicho fin.
--	--

Fuente: Elaboración propia con base en Bando Municipal de Tenango del Valle
2022

El Ayuntamiento promoverá campañas de concientización para incentivar el uso de materiales biodegradables, reciclables o aquellos que sean amigables con el medio ambiente en empaques y envolturas; así mismo, verificará y, en su caso, sancionará el incumplimiento de estas medidas.

Bajo este contexto legislativo se destacan varios aspectos: primero, se cuenta con una diversidad de leyes y normas que atienden el manejo de los residuos sólidos, sobre todo en las fases de recolección y disposición final, pero en la fase de generación falta que se vigile sobre el contenido de los bienes y servicios y su presentación, se debe promover un consumo racional entorno al curso de la naturaleza, pues aquí se inicia la generación de residuos.

Otro aspecto, aunque se cuenta con una legislación para normar la gestión de los residuos urbanos, faltan instrumentos financieros o sociales que sancionen en caso de evadir la legislación, por ejemplo, la Ley para la prevención y gestión de los residuos sólidos urbanos, dispone que los municipios tienen que formular su Programa para los mismos, pero no se lleva a cabo. También se observa un aspecto relevante, el municipio es el ámbito gubernamental a quien desde la Constitución se le encomienda la tarea de la limpieza, por ser el nivel más próximo a los generadores, sin embargo, no todos cuentan con los recursos financieros, materiales y de conocimiento para ello.

Finalmente, las iniciativas locales, es decir las localidades que conforman al territorio municipal, quedan supeditadas a lo que el gobierno municipal disponga.

3.2 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos

El gobierno mexicano en su actuar como responsable de salvaguardar la integridad y salud de los mexicanos tiene el mandato de realizar informes de la situación ambiental en el país en todos los rubros agua, aire, suelo, biodiversidad, además de factores que influyan en la calidad del ambiente y en la salud de los humanos.

El tema de los residuos sólidos urbanos se incluye en este rubro, el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ha cumplido este mandato de ley. En el año 2006 realizó el primer Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, que identifica la situación que presenta nuestro país en la generación y el manejo de los residuos a nivel nacional donde se consideran temas como: la cantidad y su composición, infraestructura instalada, así como la capacidad y efectividad para manejarlos integralmente (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020). Este diagnóstico es elaborado con base en programas estatales y municipales para la prevención y gestión integral de los residuos, además de otros instrumentos como son el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones y diversos estudios e informes.

Los datos reportados en el DBGIR 2020 sobre la generación per cápita calculada fue de 0.944 kg/hab/día y la generación total de residuos en el país se estima en 120,128 t/día, es decir 43.8 millones de toneladas al año. Estos datos no son aislados, la generación de residuos responde a las condiciones sociales en las que se desarrolla el país y el mundo, los mercados internacionales influyen en la generación de estos, el consumo de productos aumenta y los embalajes y empaques que estos utilizan también.

En el Diagnóstico básico de 2006 se planteó una proyección de generación de residuos para vislumbrar un panorama de la situación futura que les permitiera tomar acciones para afrontar los desafíos venideros.

Tabla 6 Proyección de la generación per cápita y total de RSU en México 2004-2020

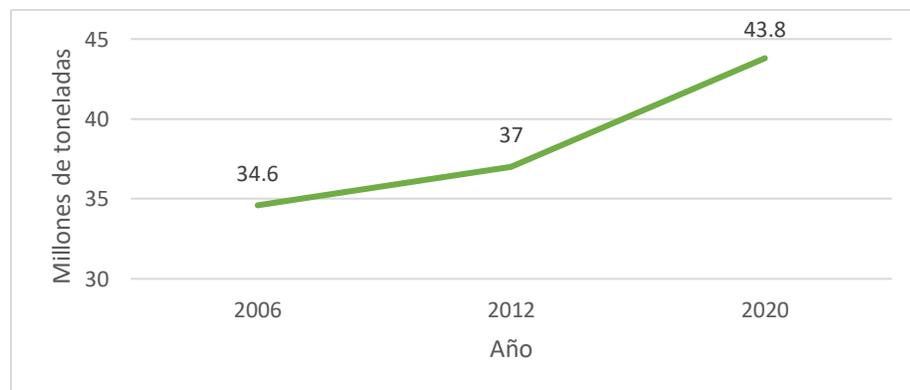
Año	No. De habitantes (miles)	Generación Kg/hab/día	Toneladas diarias	Toneladas anuales (millones)
2004	105,350	0.90	94,800	34.600
2005	106,452	0.91	96,900	35.370
2010	111,614	0.96	107,100	39.100
2015	116,345	1.01	117,500	42.890
2020	120,639	1.06	128,000	46.700

Fuente: Diagnostico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2006.

Los datos representados muestran un crecimiento proporcional de la generación de residuos, pues al incrementar el número de habitantes, aumenta la producción per cápita y las toneladas anuales, en ningún punto hay disminución de la generación por lo que se puede decir que es un incremento lineal.

Por otro lado, es importante visualizar como se comportó la generación de residuos respecto a la tendencia propuesta, se realizó una gráfica con los datos de cada edición del DBGIR donde se muestra la tendencia de crecimiento en la generación de residuos.

Figura 2 Generación de RSU estimada en cada edición del DBGIR



Fuente: elaboración propia con base en información del DBGIR 2006, 2012 Y 2020.

Cabe destacar que la tendencia sí es creciente, aunque no responde con exactitud a la proyección estimada.

El crecimiento en la generación de RSU marcha a la par del gasto del consumo final privado y el Producto Interno Bruto nacional. Esta misma relación puede encontrarse a nivel de entidad federativa: aquellas que contribuyeron mayormente al PIB nacional, lo hicieron también al volumen nacional de RSU (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018 a, p 452).

En el Estado de México la contribución a la producción total nacional de RSU se desvía notablemente de la tendencia general, pues produce más residuos que la contribución que hace al PIB nacional, ya que esta es menor. Esto se puede justificar porque que el estado cuenta con la mayor población del país y se considera comparativamente que tiene un buen nivel de desarrollo.

En un estudio realizado por Díaz, et, al (2018) en cuatro municipios del Estado de México. se encontró que en los municipios con una diversidad de bienes y servicios más amplia se genera una cantidad mayor de residuos y estos en su mayoría son inorgánicos, predominando la generación de plásticos. Además de que un municipio estudiado es pueblo mágico lo que involucra a más generadores, independientemente de la población que reside en ese lugar, pues el turismo implica el consumo de más recursos y servicios por ende mayor generación de residuos.

En el caso de los otros dos municipios rurales cuentan con menor población, menores servicios y menor generación de RSU, además que el mayor porcentaje de estos es orgánico, porque las localidades aún mantienen el consumo local y en mayor medida de frutos y verduras de la región, hierbas, etc. Lo que permite el ahorro de los empaques que estos traen en caso de los supermercados.

Se observa que hay una relación directa entre tamaño de población y producción per cápita de residuos, esto es en las zonas metropolitanas se genera más que en las zonas

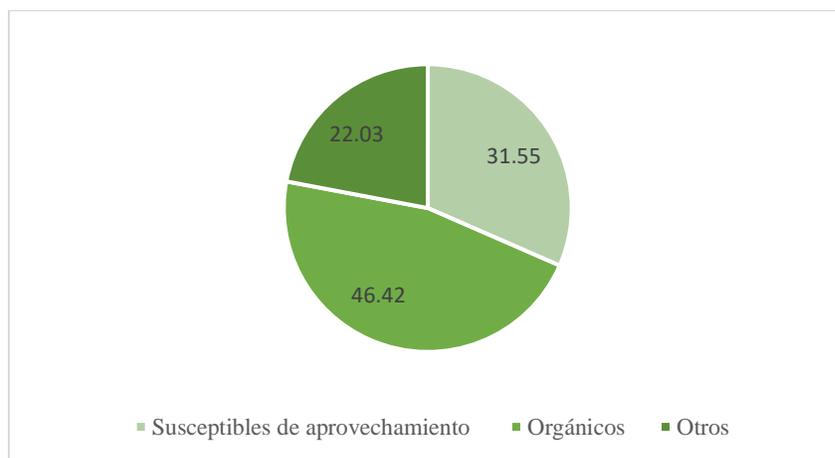
rurales, Toluca genera tres veces más que San Miguel Almaya, incluso Toluca genera arriba de la media del Estado de México (Díaz et. Al. 2018, p. 114).

Aunque las características demográficas, de recursos y servicios sean diferentes, todos los municipios estudiados presentaron deficiencias en la información respecto a residuos, lo que indica que el tema de los residuos sólidos urbanos sin importar nivel de desarrollo del municipio, no se está atendiendo.

Las entidades federativas que más RSU estarían generando en 2017 serían el Estado de México (6.98 millones de t; 15.7 por ciento del total nacional), la Ciudad de México (3.98 millones de t; 9 por ciento), Jalisco (3.2 millones de t; 7.1 por ciento) y Veracruz (2.4 millones de t; 5.3 por ciento); mientras que las que generarían los menores volúmenes serían Colima (241 955 t; 0.5 por ciento), Baja California Sur (301 640 mil t; 0.7 por ciento), Tlaxcala (301 759 t; 0.7 por ciento) y Campeche (313 317 t; 0.7 por ciento) (SEMARNAT, 2018 a, p 453).

De esta generación la composición de los residuos nacional es la siguiente:

Figura 3 Composición de los residuos sólidos urbanos en México



Fuente: Elaboración propia con base en DBGIR, 2022

En la composición de RSU encabezan los residuos orgánicos aspecto que beneficia la última etapa, debido a que estos pueden ser utilizados para composta o la utilización para

alguna industria, así como los susceptibles de aprovechamiento, lo que reduce el volumen de disposición final en rellenos sanitarios. A pesar de que el país está cada vez más industrializado sigue predominando la generación de residuos orgánicos, siendo esto un área de oportunidad.

Los estados más poblados son los que encabezan la lista de mayores generadores, mientras que los estados con menos densidad poblacional son los que generan residuos en menor cantidad, la población es un factor importante más no limitante, pues lo ideal sería que todos los estados trataran de reducir la generación de residuos sin importar su población. La conciencia ambiental no va de la mano con el poder adquisitivo, ni la cantidad de habitantes, pero puede impactar de la misma manera.

En la fase de la recolección, se tiene que “este servicio difiere entre regiones y países, pues los países de ingresos altos recolectan un porcentaje mayor de los residuos generados (alrededor de 98 por ciento) que las economías de bajos ingresos (41 por ciento)”, (Hoornweg y BhadaTata, 2012 citado en SEMARNAT, 2018 a, p. 451).

En el caso de Latinoamérica y el Caribe, la recolección se encuentra alrededor del 78 por ciento. En México entre 2010 y 2016 la recolección fue entre 78 por ciento y 87 por ciento de los residuos generados. Dejando suelto un 22 por ciento y 13 por ciento de residuos dispersos, sin recolección, millones de toneladas a la deriva que son desechadas al entorno natural sin protección alguna, los cuales no solo afectan los recursos naturales, también son un foco de infección, generan plagas, malos olores, etcétera. En 2016, los cuatro estados con el mayor volumen de recolección de RSU fueron la Ciudad de México (5.1 millones de t), el estado de México (4.5 millones), Jalisco (2.7 millones) y Veracruz (2.2 millones), que si analizamos con la cantidad de generación se estaría rezagando más de cien mil toneladas de residuos en al menos un estado. Probablemente los gobiernos municipales no tomen en relevancia este servicio, pero si se hacen cuentas a nivel estado estos porcentajes de RSU a la deriva representan un problema ambiental serio. La estadística de generación de residuos y a la recolección son factores determinantes para la planeación de una disposición final adecuada, al conocer porcentajes de esos rubros se conoce la magnitud de la situación a tratar.

El Instituto Nacional de Geografía y Estadística tiene a cargo el programa Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, institucionalizado en 2011. El cual tiene como objetivo generar información estadística y geográfica sobre la gestión y desempeño de las instituciones que integran a la Administración Pública de cada municipio y demarcación territorial de la Ciudad de México, específicamente en las funciones de gobierno, seguridad pública, justicia cívica, agua potable, saneamiento, residuos sólidos urbanos y medio ambiente, con la finalidad de que ésta se vincule con el quehacer gubernamental dentro del proceso de diseño, implementación, monitoreo y evaluación de las políticas públicas de alcance nacional en los referidos temas (INEGI, 2021).

Esta información le permite a la ciudadanía tener datos oficiales de referidos temas, en el apartado de residuos sólidos podemos encontrar información acerca del servicio de recolección, prácticas de desechos de residuos, promedio diario de residuos, prestadores de servicios de recolección, información del personal ocupado del servicio de recolección, información de los vehículos utilizados para el servicio de recolección como son: tipo de vehículo, combustible usado y antigüedad; centros de acopio y estudios sobre composición y generación de residuos. Esta información referente a cada municipio de los treinta y dos estados y la Ciudad de México.

En el Censo de 2021, el primer apartado se informa qué municipios de la república cuentan con servicio de recolección, los cuales son 2231 y los restantes 156 no cuentan con servicio, teniendo a 2 municipios sin especificar. De los municipios sin servicio de recolección, las formas para desechar los residuos la más común es la de quemarlos con unas 130 prácticas, 74 depositan sus residuos en un tiradero a cielo abierto o basurero, 62 depositan los residuos orgánicos en terrenos o tierras de cultivo, 51 separan materiales orgánicos para venderlos, 49 entierran, 21 tiran en la barranca, 2 tiran a un río y 4 hacen otra práctica.

En el caso del Estado de México se tiene que todos los municipios cuentan con servicio de recolección, por lo que no hay información en cuanto a otro medio de disposición final. En cuanto a la recolección de residuos, según el método de obtención de datos se tiene

que, a nivel nacional, se recolectan una cantidad promedio diaria de 106,523,139 kg de residuos, para el Estado de México se tiene una suma de 11,961,660 kg y para el caso del municipio de Tenango del Valle se tiene una recolección promedio diaria de 92,000 kg. La obtención del dato de acuerdo con la capacidad del vehículo de recolección y el número de viajes, lo que representa un 0.7 por ciento respecto a la recolección estatal. De los 92,000 kg recolectados 78,200 kg se obtienen mediante la recolección casa por casa, 9,200 se obtienen de un punto de recolección establecido y 4,600 del sistema de contenedores. Todo esto se realiza con la gestión del sector público.

También se tienen datos de estudios sobre la generación de RSU, estos permiten proporcionar información para una mejor toma de decisiones, a nivel nacional. Se tienen 128 municipios con estudios sobre la generación de RSU esto representa un 5.2 por ciento nacional, lo que es una cifra alarmante, pues sin estudios previos se camina a ciegas en este rubro, situación que empeora este panorama de gran crecimiento en la generación y poca atención en la solución del problema. La composición de los residuos y el subproducto de estos también es un factor importante en el estudio de los RSU, a nivel municipal existen 12 estudios de este tipo en el Estado de México y ninguno en Tenango del Valle.

Para el caso de la disposición final el Informe de la Situación Ambiental en México dice que en 2017 todas las entidades cuentan en su territorio con rellenos sanitarios para disponer sus residuos, excepto la Ciudad de México. Los residuos de esta última se disponen en cuatro rellenos sanitarios en el Estado de México: La Cañada, Cuautitlán, El Milagro, Chicoloapan y uno más en el estado de Morelos, en Cuautla (Secretaría del Medio Ambiente, 2018). Y no aporta más información al respecto, lo que deja en duda cuantos rellenos existen en cada entidad, en que condición se encuentran, si todos ellos son adecuados de acuerdo con la NOM 083. Por lo cual, al recurrir a otras fuentes de información, en este caso el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, nos dice que diariamente se generan 120,128 t/día de las cuales 86,352.7 t ingresan diariamente en los 2,203 sitios de disposición final lo que nos da un restante de 33,776 toneladas de residuos que no llegan a algún sitio de disposición final, dichos sitios están ubicados en 1,722 municipios, de todas las entidades federativas, a excepción de la Ciudad de México.

Por otra parte, 736 municipios de 27 entidades federativas no tienen en su territorio sitios de disposición final. Las entidades federativas en las cuales la totalidad de sus municipios tienen al menos un sitio de disposición final de residuos son: Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora.

De la totalidad de sitios de disposición final que existen en nuestro país, considerando la cantidad de residuos que reciben diariamente, se identifica que 162 son de Tipo A, porque reciben una cantidad de residuos igual o mayor a 100 t/día; 109 son de Tipo B, porque reciben entre 50 a 100 t/día; 457 son de Tipo C, porque reciben entre 10 y 50 t/día; y 1,475 son sitios Tipo D ya que reciben menos de 10 t/día¹⁹.

A continuación, se presenta un muestreo los municipios de cada entidad federativa que cuentan con SDF, los que no cuentan con ello y el total de sitios de disposición final por estado.

Tabla 7 Porcentaje de municipios de cada entidad federativa que cuentan con sitios de disposición final

Entidad federativa	Municipios con SDF	Municipios Sin SDF	Total, SDF
	%	%	
Sonora	100	0	123
Sinaloa	100	0	49
Baja California Sur	100	0	33
Baja California	100	0	28
Morelos	100	0	14
Yucatán	98	2	116
Guerrero	97	3	116
Guanajuato	96	4	44

Durango	95	5	50
Tabasco	94	6	17
Zacatecas	91	9	76
Campeche	91	9	28
San Luis Potosí	90	10	57
Nayarit	90	10	27
Chihuahua	85	15	137
Chiapas	83	17	113
Querétaro	83	17	15
Quintana Roo	82	18	44
Tamaulipas	79	21	46
Jalisco	78.4	21.6	122
Coahuila	76	24	35
Michoacán	73	27	99
Hidalgo	70	30	6
Veracruz	66	34	150
Oaxaca	65.3	34.7	385
Nuevo León	63	37	40
Estado de México	53.6	46.4	71
Puebla	42	58	94
Colima	30	70	3
Aguascalientes	9	91	1
Tlaxcala	7	93	5
Ciudad De México	0	100	0
Total	70	30	2203

Fuente: Elaboración propia con base en el DBGIR, 2020.

Se puede observar que los estados en los que todos sus municipios cuentan con SDF son: Baja California, Baja California Sur, Morelos, Sinaloa y Sonora. Por otro lado, Oaxaca cuenta con un gran número de SDF en sus municipios, pero no cubre la totalidad de estos, es decir solo el 65.3 por ciento de sus municipios cuenta con sitios de disposición final, otros estados que presentan similitud, es decir que cuentan con menos del 70 por ciento de municipios con SDF son: Veracruz, Estado de México y Nuevo León. Los estados que menos tienen cubiertos los municipios con SDF son: Aguascalientes y Tlaxcala con menos del 10 por ciento. Se tiene que solo cinco de los treinta y dos estados de la república tienen en la totalidad de sus municipios al menos un sitio de disposición final, quedando el 30 por ciento (736) de los municipios del país sin un lugar propio de depósito de residuos urbanos, lo que muestra que no es una prioridad para los gobiernos municipales tener un SDF propio, pues existen sitios de disposición intermunicipales, estos son compartidos por municipios, implican menos costos de inversión y concentran el lugar de disposición, por lo que el sitio debe tener una extensión mayor para asegurarse de resguardar los residuos de los municipios involucrados, el mal manejo de estos sitios hace que la vida útil sea menor y se “llenen” aceleradamente, por lo que en los sitios con tiraderos intermunicipales tendrían un refuerzo si implementaran además programas de reducción de residuos.

La implementación de rellenos sanitarios en los municipios también es una cuestión económica, si la federación y los estados no cuentan con recursos para poder implementar rellenos sanitarios difícilmente los municipios buscan un sustento propio. En cuanto a la inversión económica nacional respecto a RSU, los recursos destinados a el equipamiento y estudios de los sitios de disposición final fueron los siguientes:

Tabla 8 Distribución de proyectos financiados con recursos del presupuesto federal, según tipo de proyecto

Tipo de proyectos	Monto (pesos)	% respecto al monto
Vehículos de recolección	\$530,764,668.43	22.37
Contenedores	\$52,369,010.68	2.21
Maquinaria para relleno	\$252,842,791.31	10.65
Maquinaria	\$169,870,201.35	7.16

Relleno sanitario	\$391,953,579.20	16.52
Rehabilitación	\$89,285,193.22	3.76
Ampliación de relleno	\$163,516,688.26	6.89
Clausura y saneamiento	\$160,741,869.91	6.77
Estación de transferencia	\$66,365,369.55	2.80
Planta de tratamiento de orgánicos	\$95,050,915.73	4.00
Planta de tratamiento de inorgánicos	\$44,000,000.00	1.85
Centro de acopio	\$13,313,419.00	0.56
Planta de selección	\$229,254,460.15	9.66
Estudios	\$49,297,967.12	2.08
PEPGIR	\$15,650,000.00	0.66
PIPGIR	\$34,388,400.00	1.45
PMPGIR	\$34,388,400.00	0.61
Total	\$2,373,100,783.91	100

Fuente: Extraído de Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos, 2020

De la tabla se puede rescatar que sí se cuenta con apoyo monetario al manejo de RSU, los mayores porcentajes de inversión se concentran en vehículos recolectores, relleno sanitario y en maquinaria para el relleno, aunque para los programas para la prevención y gestión integral no se les asigna mucho recurso, dejando en último lugar a los centros de acopio.

Es importante destacar que van de la mano los vehículos recolectores y los rellenos sanitarios, pues no tendría caso contar con un buen servicio de recolección que cubra a la mayoría de la población, si no existe un lugar apto para la disposición final de los mismos, sin embargo, todos los recursos se concentran en las etapas finales del manejo de residuos dejando sin apoyo monetario al tema de generación, que como se ha observado es el elemento clave en este sistema. Considerando que los estudios y elaboración de planes y programas de gestión de residuos, en comparación con maquinaria e infraestructura, no necesitan una gran

cantidad de recursos, estos son los que menos aportaciones reciben, sin embargo, es importante destacar que veinticinco de los treinta y dos estados cuentan con su PEPGIR.

Es necesaria más información sobre los SDF, ya que los datos que contiene el CNGMD 2017 sobre las características de infraestructura y de los procesos que se realizan en los sitios de disposición final de residuos no permite clasificarlos como “Rellenos Sanitarios”, “Sitios Controlados” o “Sitios no Controlados”.

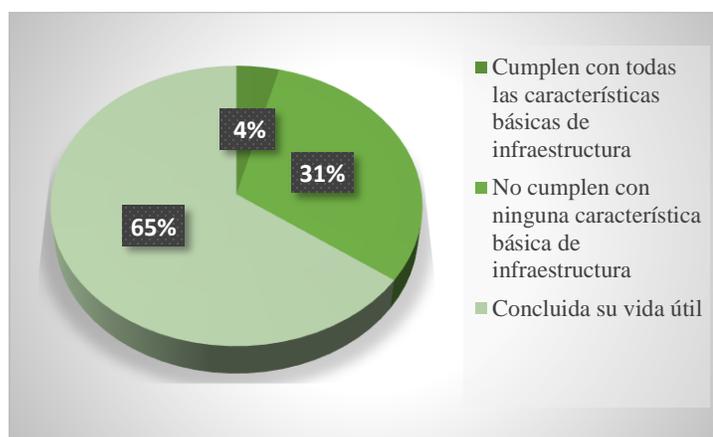
En relación a la infraestructura con la que cuentan los SDF, sólo 190 sitios (8.62 por ciento), cuentan con báscula para el pesaje de los residuos; 359 sitios (16.30 por ciento), cuentan con infraestructura para la captura de lixiviados y, como se indicó previamente, de estos solo 91 cuentan con infraestructura para su tratamiento; 213 sitios (9.67 por ciento) cuenta con infraestructura para la captura de biogás, y no se cuenta con información sobre si esta infraestructura incluye instalaciones para la quema del biogás, lo que permitiría reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera o si esta instalación solo es para concentrar el biogás y ventearlo; 326 sitios (14.80 por ciento) cuentan con geomembrana para aislar a los residuos del suelo y; 955 sitios (43.35 por ciento) cuentan con cerca perimetral para delimitar el sitio del entorno.

Los datos anteriores evidencian que la infraestructura con la que cuentan los SDF en nuestro país es insuficiente para suponer que sean instalaciones en las que se puedan depositar los residuos con garantía de protección al ambiente, sobre todo, cuando se observa que 1,053 SDF, el 47.80 por ciento del total, no cuentan con ninguna infraestructura básica para la protección del ambiente.

Algo similar se observa en lo relativo a los procesos operativos que se realizan en los SDF, ya que sólo en 753 SDF, el 34.18 por ciento se tiene control de acceso al sitio y en el 81 por ciento de los sitios no se tiene control sobre el tipo y la cantidad de residuos que ingresan. Esto implica que no se puede asegurar que no estén ingresando residuos peligrosos a los sitios de disposición final de RSU.

Con la información anterior es posible señalar que en el país se depositan 34,726 t/día de residuos (40.21 por ciento del total), en 82 sitios de disposición final de 28 entidades federativas que cumplen todas las características básicas de infraestructura y de operación. Asimismo, 3,695 t/día de residuos, el 4.28 por ciento del total, se depositan en 685 sitios de disposición final, ubicados en 509 municipios de 27 entidades federativas, que no cumplen con ninguna de las características básicas de infraestructura y de operación. Es importante destacar que lo señalado por los municipios, 1,440 SDF (65 por ciento del total) han concluido su vida útil y prácticamente no tienen vida remanente.

Figura 4 Situación de los sitios de disposición final en México



Fuente: Elaboración propia con base en el DBGIR, 2020.

Para el caso del Estado de México según el DBGIR se generan 16,739 toneladas de residuos al día, de las cuales se recolectan 12,409 toneladas, es decir un promedio 74.13 por ciento de cobertura de recolección, de esta cantidad de residuos recolectados los que ingresan a algún sitio de disposición final son 10,873.7 toneladas al día en 71 sitios de disposición final de los cuales 14 son de tipo A (mayor de 100/t/día), 6 de tipo B (50 a 100/t/día), 33 de tipo C (10 a 50/t/día) y 18 de tipo D (menor a 10 /t/día).

De los 71 sitios de disposición final en el estado:

- Diecisiete cuentan con báscula, es decir solo el 24 por ciento conoce cuántas toneladas de residuos ingresan al sitio al día, lo que les permite llevar un control,

seguimiento y hacer estimaciones e informes de los residuos recibidos, esos datos también les permite establecer tarifas y costos, así como prever la vida útil del sitio.

- Treinta y dos cuentan con captura de lixiviados la cual es un elemento muy importante en la prevención de contaminación del suelo y de los mantos freáticos pues los lixiviados al entrar en contacto con el suelo pueden filtrarse y contaminarlo, teniendo un potencial mayor al encontrarse en zonas de elevación, pues por la pendiente estos pueden expandirse muchos metros más de su generación, por eso es importante que se tenga un sistema de captura de lixiviados para contenerlos y evitar su propagación.
- Veintidós con captura de biogás, hace que la vida útil del relleno sea más larga, pues al salir los gases que producen los residuos, estos tienen una mayor compactación que permite el ingreso de más residuos, además de que los gases producidos son peligrosos como es el gas metano que se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión.
- Veinticuatro con geomembrana que protege el suelo de la infiltración de lixiviados y previene la contaminación de este y de los mantos freáticos.
- Treinta y ocho con cerca perimetral, esta es importante para la delimitación del sitio, la prevención del ingreso de fauna nociva, así como el ingreso de residuos clandestinamente, hay un control de acceso a la población, evita el desplazamiento de residuos y da seguridad y disciplina al sitio.
- Veinticinco no cuentan con ningún elemento, lo que nos indica que la protección al ambiente es nula, lo que se consideraría como un tiradero a cielo abierto, pues no hay una cerca que delimite su extensión ni controle los accesos, lo que permite la extracción de residuos por los perros así como el ingreso de fauna nociva, no hay un recubrimiento del suelo que propicia la infiltración y escurrimiento de lixiviados, así como la propagación de gases, siendo un riesgo de explosiones e incendios para la población. Al no existir un control no se sabe ni quien ni cuando llevaron algún tipo de residuo peligroso o de manejo especial que crean condiciones insalubres para el

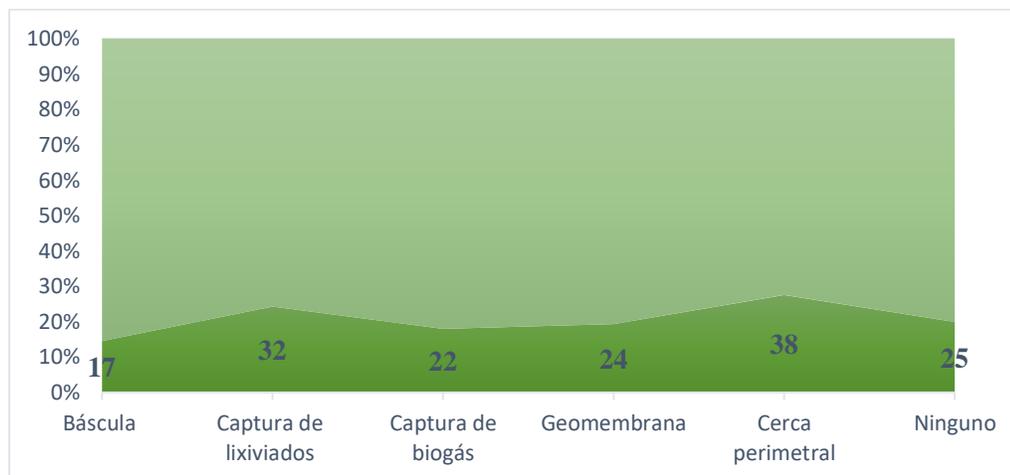
humano y el ambiente. Están existiendo 25 sitios de disposición final de esas características en la entidad, de los que se desconoce todo, los riesgos que genera a la población son inminentes y no se tiene un registro de localización, lo que representa un punto ciego que puede traer grandes repercusiones.

En cuanto a procesos de los 71 SDF:

- Cuarenta y ocho cuentan con control de acceso de residuos, controlando la cantidad y el tipo de estos que ingresan al sitio, además de localizar irregularidades en los vehículos.
- Treinta y dos con admisión de control de residuos, es decir, que verifican que los que son depositados sean adecuados al permiso referido y que no sean peligrosos.
- Cincuenta y seis con compactación y cubrimiento con tierra, este requerimiento es uno de los más importantes, ya que permite controlar la calidad del relleno pues al hacer una buena compactación y recubrimiento se asegura la vida útil del relleno, evita grietas e infiltración de agua en tiempo de lluvias que puede aumentar el volumen del lixiviado, el recubrimiento con tierra evita que los residuos queden al aire libre y puedan ser desplazados por el viento, saqueados por fauna nociva o ser un foco de proliferación de moscas, además de reducir malos olores, evitar incendios, darle una buena apariencia estética al sitio y permitir el crecimiento de la vegetación.
- Ningún sitio cuenta con monitoreo de higiene y seguridad, esto es fundamental para garantizar un buen desempeño de los trabajadores y de la maquinaria pues se necesitan tener planes que prevean accidentes y establezcan los pasos a seguir en ellos, al tener un monitoreo de las maquinarias, las celdas, el drenaje de lixiviados y las chimeneas se tiene un panorama general de la situación actual del sitio que ilustra como se desempeña y los focos rojos que puede llegar a tener.
- Nueve no cuentan con ningún registro de ningún tipo, lo que los hace parecer tiraderos a cielo abierto, pues solo depositan residuos sin saber qué son, de dónde vienen o

cuántos son. Esto con severas afectaciones al ambiente y a los trabajadores, que no saben con que están tratando que pueden causarles pequeñas o grandes lesiones.

Figura 5 Porcentaje de infraestructura básica de los SDF en Edo de México



Fuente: Elaboración propia con base en el DBGIR, 2020.

Se puede comentar que, en el Estado de México, teniendo un porcentaje de cobertura del 74 por ciento de SDF en sus municipios, estos no cuentan con más del 40 por ciento de la infraestructura necesaria para una adecuada protección al ambiente, además de no contar con un programa para la prevención y gestión de residuos sólidos urbanos vigente, lo que demuestra que los RSU no son un tema prioritario para la entidad a pesar de ser la que más genera residuos sólidos en el país. De ahí la importancia que el tema de los RSU se vuelva a poner en la mesa, ya que los costos generados en la remediación de la contaminación emergente serán más elevados que implementar un manejo integral de residuos en la entidad. Y a pesar de que se tiene la intención de realización de estudios, presupuesto, iniciativa de restauración de rellenos controlados, se necesitan más esfuerzos para lograr un cambio.

Existe un Portal de Consulta del Sistema Integral de Residuos del Estado de México donde se pueden encontrar los siguientes apartados.

Figura 6 Portal de consulta del sistema integral de residuos del Estado de México



En cada uno de ellos se encuentran los 125 municipios que conforman el Estado de México y los tipos de residuos que puedes encontrar (residuos sólidos orgánicos, RS reciclables, RS sanitarios, RS otros, RME de servicio de salud y RME de agro plásticos).

Para la opción de centro de disposición final se tienen dos rubros: relleno sanitario y centro integral de residuos. En el caso de rellenos sanitarios se tiene un registro de 15 rellenos, donde se muestra su nombre o razón social, teléfono, municipio y acciones.

Tabla 9 Centros de disposición final en el estado de México

Nombre o razón social	Teléfono	Municipio
La estación de San Antonio S.A DE C.V	7228412783	San Antonio la Isla
Constructora y operadora de rellenos sanitarios S.A de C.V.	7223508197	Tenango del Valle
Vigue relleno sanitario S.A. de C.V	7228412783	San Antonio la Isla
Relleno ecológico Calimaya S.A de C.V.	7228282722	Calimaya

Grupo contadero S.A de C.V.	5558133600	Xonacatlán
Tecnosilicatos de México S.A de C.V.	5538680940	Ixtapaluca
Concentradora de residuos mexicana S.A de C.V.	5552031304	Ixtapaluca
Tersa del golfo S de R. L. De C.V	5549895527	Cuautitlán Izcalli
Mantenimientos y servicios ambientales S.A DE C.V.	7222788744	Zinacantepec
ESMENRA, S.A. DE C.V	5253378663	Teoloyucán
Ayuntamiento de Jocotitlán	7221230991	Jocotitlán
Pro-Faj hidro limpieza	5552451014	Naucalpan de Juárez
RS Wast, S.A de C.V.	5548134409	Tecámac
Biocarsa S.A de C.V.	5568131514	Huehuetoca
Sistemas ecológicos de oriente S.A de C.V.	5535126695	Chicoloapan
H. Ayuntamiento de Tlanepantla de Baz	5576512602	Tlanepantla de Baz
H. Ayuntamiento de Atlacomulco	7121223033	Atlacomulco
Ma. Carolina Villalobos Hernández	5560707262	Zumpango

Fuente: Elaboración propia con base en Portal de Consulta del Sistema Integral de Residuos del Estado de México, marzo 2022

En la opción de Centro Integral de Residuos se muestran seis resultados, que son los mismos rellenos sanitarios que aparecen en el recuadro anterior, por lo que el Estado de México solo tiene registrados en su plataforma 15 de los 71 SDF que hay en el estado.

Tabla 10 Centros Integrales de Residuos en el estado de México

Nombre o razón social	Teléfono	Municipio
Constructora y operadora de rellenos sanitarios S.A de C.V.	7223508197	Tenango del Valle
Mantenimiento y servicios ambientales S.A de C.V.	722278744	Zinacantepec
Tecnosilicatos de México S.A de C.V.	5538680940	Ixtapaluca
RS Wast, S.A de C.V.	5548134409	Tecámac
La estación de San Antonio S.A DE C.V	7228412783	San Antonio la Isla
Grupo contadero S.A de C.V.	5558133600	Xonacatlán

Fuente: Elaboración propia con base en Portal de Consulta del Sistema Integral de Residuos del Estado de México, marzo 2022.

Existen diversas instituciones gubernamentales que indagan en la información estadística de los RSU en el país, la información no obtenida no es del año de su publicación debido a la magnitud de trabajo que los estudios requieren, los datos obtenidos dan un panorama general de cómo se va comportando la generación de residuos que sin duda alguna sigue creciendo en el transcurso del tiempo.

Las acciones gubernamentales en pro de la gestión de los residuos siempre le han apostado a cubrir las necesidades de la población en cuanto a recolección de residuos invirtiendo en material, vehículos recolectores y personal, sabiendo que esta es la etapa más cercana con la ciudadanía y que en muchas ocasiones de acuerdo a su eficiencia es reconocida o denunciada, sin embargo todas las fases del proceso necesitan atención, la prioritaria de mayor impacto en el sistema es la generación pues es ahí donde se determina el costo de inversión que se le darán a las demás fases.

Esta etapa muy pocas veces se trabaja pues la mayoría de los recursos asignados para el manejo de los RSU se da para la adquisición de vehículos recolectores, relleno sanitario y

maquinaria para el relleno, dejando dentro de los últimos lugares a la inversión para estudios o programas de prevención y gestión integral de RSU en todos los niveles y proyectos. Por lo que la solución al problema de residuos no será tan eficiente si solo se busca la adquisición de equipos y no con la población generadora.

Otro punto que es necesario tratar son los recursos destinados a los rellenos sanitarios, pues a nivel de jerarquía y como se observó en la legislación, los municipios son a los que se les delega la tarea del manejo de los residuos y son ellos quienes deciden como se distribuyen los recursos en sus localidades, las cuales pueden o no ser beneficiadas por estos proyectos.

Es importante que se incorporen estudios de contaminación de los sitios de disposición final vigentes y concluidos ya que con las condiciones en las que operan los actuales, no se subestima que ahora y los ya clausurados estén creando contaminación en el ambiente.

Capítulo IV. Caracterización y diagnóstico del manejo de los residuos sólidos en San Pedro Tlanixco, Tenango del Valle, Estado de México.

En este apartado se aborda el caso de estudio San Pedro Tlanixco, una localidad del municipio de Tenango del Valle, Estado de México. Se tratarán en los dos primeros incisos, algunos aspectos biofísicos, demográficos y sociales que se encuentran relacionados de manera cercana con el tema de la gestión de residuos sólidos de dicha localidad y municipio. Posteriormente, se expone un apartado del manejo de los residuos en el caso de estudio, describiendo cada una de las fases del manejo. Finalmente, con base a la información descrita se elabora el diagnóstico de la gestión.

4.1. Contexto biofísico

El municipio de Tenango del Valle, Estado de México, tienen una extensión de 21,107.71 hectáreas; colinda al norte con los municipios de Calimaya, Santa María Rayón y Texcalyacac, al sur con Tenancingo y Villa Guerrero, al este con Joquicingo y al oeste con Toluca. Desde 2009 forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2015) lo que implica una dinámica más cercana con los 22 municipios que integran a esta zona, misma que modifica procesos sociales, ambientales y económicos, ya que el municipio tiene la posibilidad de adquirir y brindar mayores servicios.

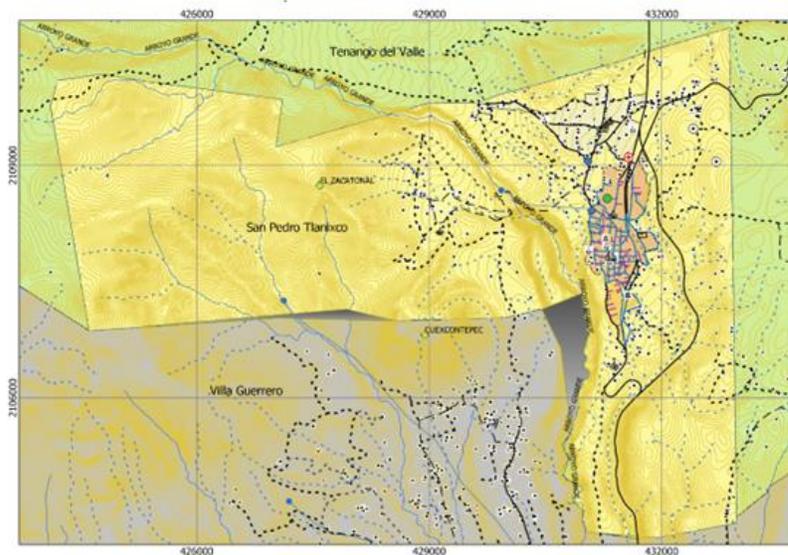
Según el Censo de Población y Vivienda de 2020, Tenango del Valle contaba con 90 514 habitantes, divididos en 49.2 por ciento de hombres y 50.8 por ciento de mujeres; en 2021, de acuerdo con la proyección de la población realizada por el Consejo Nacional de la Población (CONAPO) cuenta con 93 092 habitantes. El crecimiento poblacional del 2000 al 2010 fue de 65 119 habitantes a 77 965 habitantes una tasa de crecimiento del 2.5 por ciento; y para 2020 tiene una población de 90 514 habitantes, un aumento de aproximadamente 12

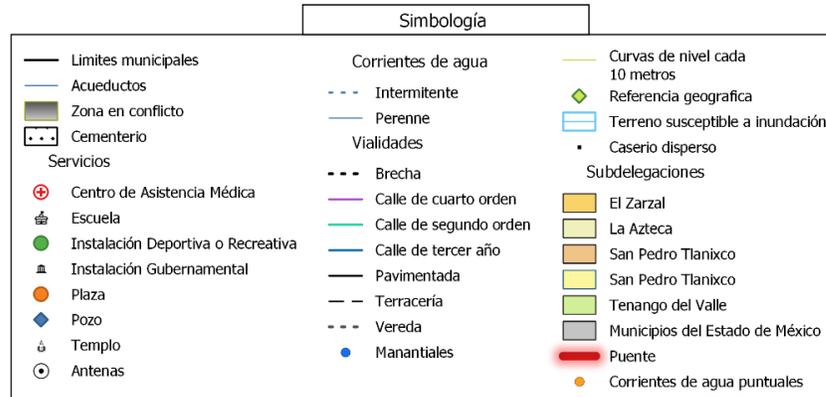
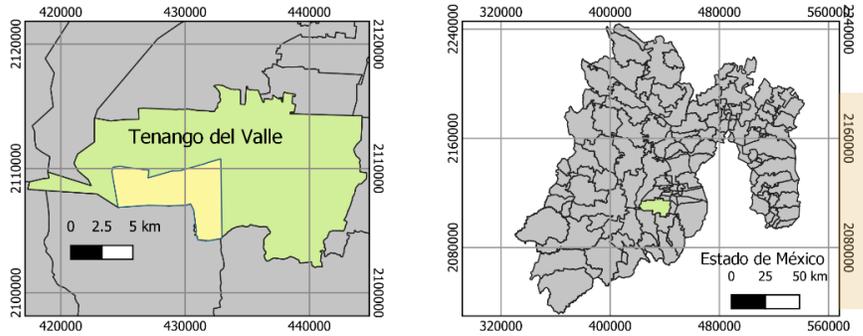
000 habitantes cada 10 años, siguiendo la misma tendencia de crecimiento se puede proyectar que para 2030, el municipio tendrá 102 514 habitantes, esto representa un reto importante, pues se necesita tener una buena administración de los recursos naturales, económicos y sociales, y de un equilibrio entre éstos que permita proveer un futuro seguro, con bienestar social y natural. La densidad poblacional del municipio se encuentra en 454.8 personas por kilómetro cuadrado.

En su organización territorial y administrativa, Tenango del Valle está integrado por una cabecera municipal, llamada Tenango de Arista, así como por 10 delegaciones, 11 subdelegaciones, 31 colonias, 27 fraccionamientos urbanos y 7 barrios. San Pedro Tlanixco es una de sus delegaciones.

San Pedro Tlanixco se ubica al sur de Tenango del Valle, su territorio está delimitado al norte con Pueblo Nuevo, al sur con Santa María Villa Guerrero y San Diego Villa Guerrero; al oeste con Zacango Villa Guerrero y al este con San Bartolomé, lo que comprende una extensión territorial aproximada de 3900 hectáreas. San Pedro Tlanixco se compone de tres subdelegaciones: El Zarzal, La Azteca y San Román; y cuatro colonias: Centro, Los Saucos, San José y El Guarda, su localización se muestra en las figuras siguientes.

Figura 7 Mapa de Localización San Pedro Tlanixco





	Datos de construcción:	Cuadrícula UTM	Fuente:	Elaborado por:
	Proyección UTM	Localidad: cada 3 km	Marco geoestadístico INEGI, 2020	Frida Aidee Álvarez Pérez
	Datum WGS 84	Municipio: cada 10 km	Polígonos ejidales RAN, 2022	
		Estado: cada 80 km	Investigación de campo, 2022	

Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020.

La altura promedio de la comunidad es de 2862 metros sobre el nivel del mar y colinda con las faldas del nevado de Toluca. En la localidad se presentan dos climas el templado húmedo y templado subhúmedo, en el clima templado subhúmedo la temperatura media ronda los 14°C, la máxima es de 29.5° C y la mínima de 5° C. Las precipitaciones unos 700 mm anuales; las medias máximas sobrepasan frecuentemente los 20°C y las lluvias pueden pasar los 1200 mm.

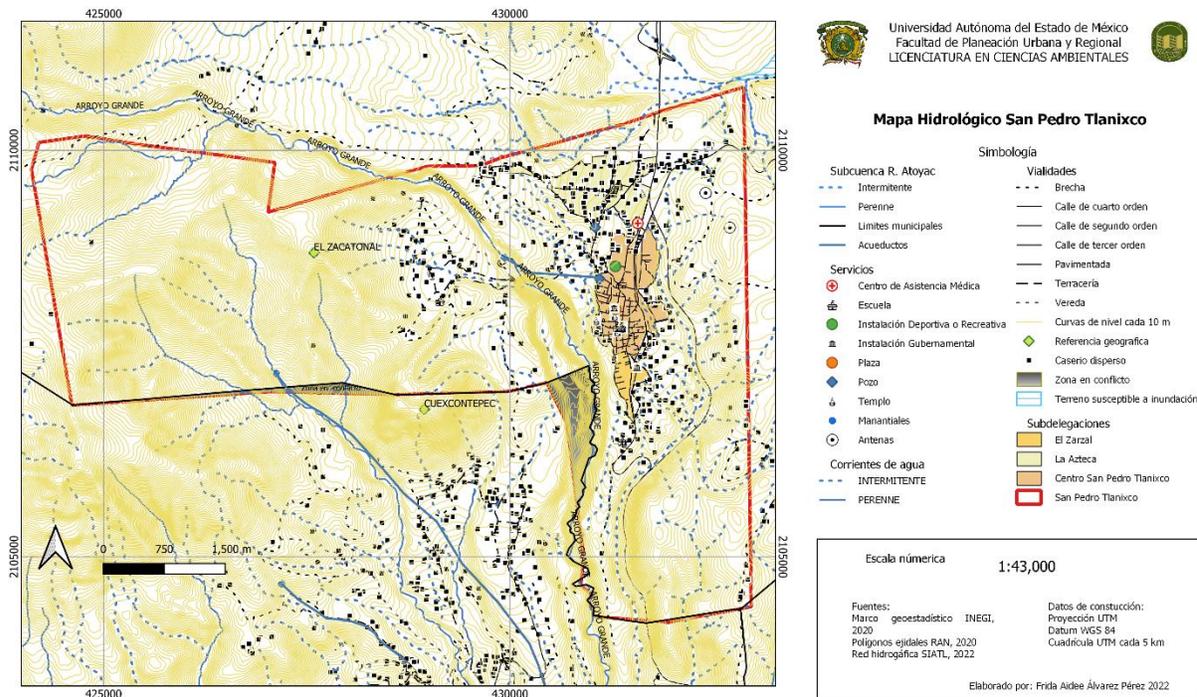
Las regiones hidrológicas representan los límites naturales de las grandes cuencas de México, son áreas conformadas en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas. En México existen 37 regiones hidrológicas (Comisión Nacional del Agua, 2021). Tenango del Valle es parte de dos de las regiones hidrológicas más importantes del país, la Región Hidrológica Lerma Santiago y la del río Grande de Amacuzac. La primera se ubica al norte del municipio y cubre una superficie de 51.16 por ciento del territorio; mientras

que la cuenca Amacuzac abarca un 48.84 por ciento del territorio municipal ubicándose en la parte sur del municipio. Esta última, forma parte del presente estudio, pues comienza en los límites del polígono ejidal de San Pedro Tlanixco.

La cuenca del Río Grande de Amacuzac en su mayor parte se localiza dentro del estado de Morelos, pero también se encuentra en Estado de México, Puebla Ciudad de México y Guerrero. La cuenca del Río Amacuzac ocupa un área de 4,303 km². Su curso, desde el origen de sus aguas en el Nevado de Toluca, hasta su desembocadura en el Río Balsas en el estado de Guerrero, es de 240 km. Tiene como subcuencas los ríos Alto Amacuzac, Poatlán, Chalma, Yautepec y Cuautla (Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua., 2012, p. 5).

Por lo que al iniciar en las faldas del nevado de Toluca representa un factor importante ya que la forma de vida y la toma de decisiones que se lleve a cabo en la zona alta afectara de alguna manera rio abajo.

Figura 8 Mapa Hidrológico San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020.

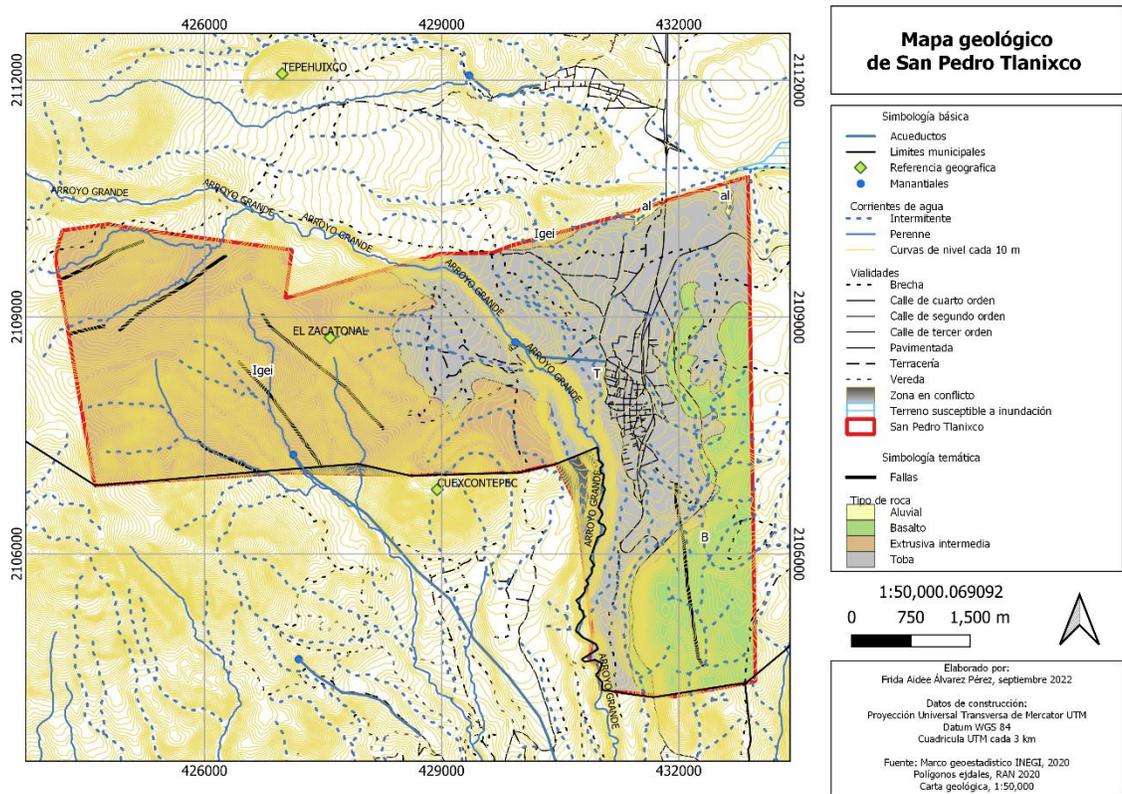
Una mayoría de las corrientes con las que cuenta la localidad son intermitentes, el principal caudal que atraviesa la localidad es el Rio grande cuya cantidad de agua ha disminuido en los últimos años debido a la deforestación.

En cuanto a la geología en San Pedro Tlanixco, predominan las rocas ígneas que se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. Los principales tipos de estas rocas presentes en el territorio son las extrusivas, que cuando el magma llega a la superficie terrestre es derramado a través de fisuras o conductos (volcán), que al enfriarse y solidificarse forma este tipo de rocas; mismas que a su vez pueden ser del grupo de las básicas, termino químico usado comúnmente para definir las rocas que contienen entre 45 por ciento y 52 por ciento de SiO₃. Y la toba roca de origen explosivo, formada por material volcánico suelto o consolidado, que comprende fragmentos de diferente composición mineralógica y tamaños menores de 4 mm. En el territorio de San Pedro Tlanixco la roca de mayor extensión es la extrusiva intermedia, siguiéndole la toba y en tercer lugar la basalto (B). También se localizan, en menor proporción, la aluvial (al). Suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua; este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos, localizándose este último a la orilla de una zona de inundación.

Otro elemento necesario de ubicar son las fracturas, pues estas indican una ruptura de la continuidad de las rocas, existen dos principales tipos de fracturas: las diaclasas y las fallas, en las primeras no existe un desplazamiento apreciable de los bloques que se separan, mientras que en las fallas rupturas, sí presentan desplazamiento.

En la localidad de San Pedro Tlanixco se ubican 7 fracturas que no presentan desplazamiento, ubicadas en las zonas boscosas de la comunidad.

Figura 9 Mapa geológico San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020.

Con relación al suelo, el territorio municipal se conforma por 8 tipos de suelo, sin embargo, los que más predominan son: andosol, phaeozem y leptosol. En San Pedro Tlanixco predomina el andosol y litosol.

Andosol: suelos de color negro que hay en los volcanes entorno a El Xinantecatl o Nevado de Toluca, tienen altos valores en contenido de materia orgánica, además de una gran capacidad de retención de agua por lo que son terrenos muy apropiados para la agricultura. Ocupa un 70 por ciento de territorio en su conjunto con cada subunidad, que es la característica secundaria que complementa el tipo del suelo dominante, identificado en función de los horizontes de diagnóstico específicos. Del andosol se tienen tres subunidades:

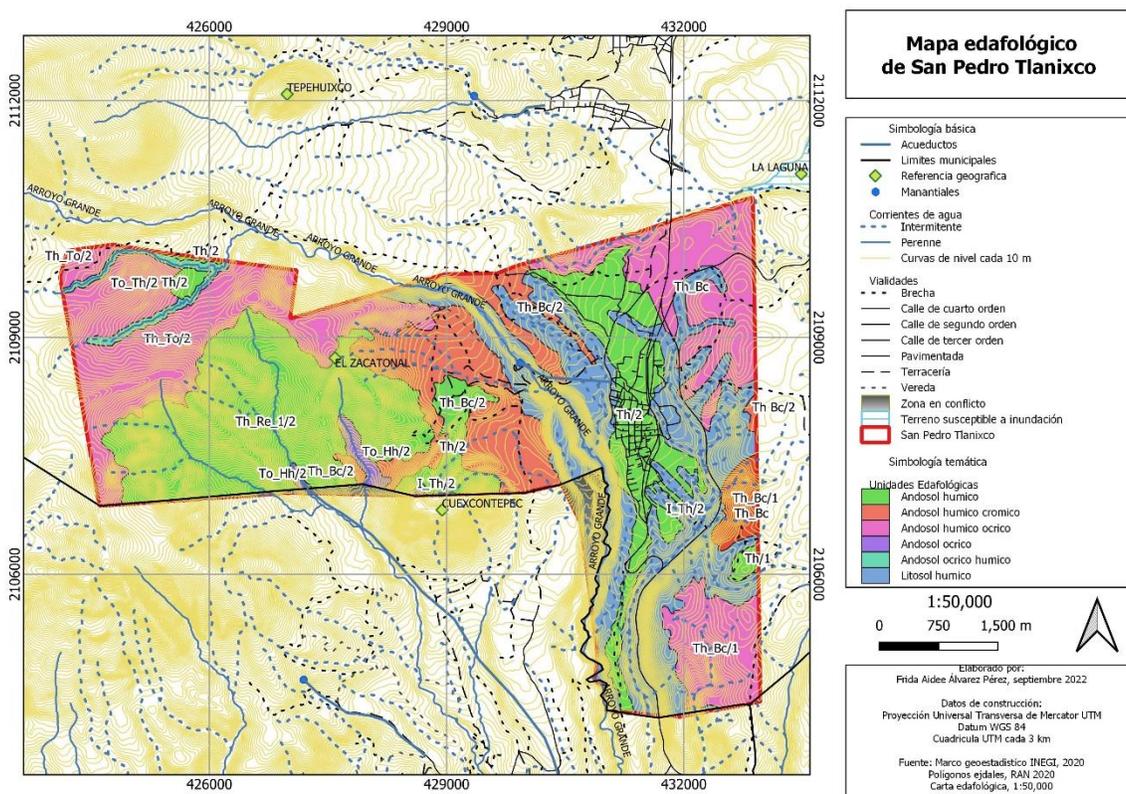
Húmico: Suelos con una capa superficial oscura y rica en materia orgánica, pero ácida y pobre en algunos nutrientes importantes para las plantas.

Ócrico: Subunidad exclusiva de los Andosoles, indica una capa de color claro y pobre en materia orgánica.

Crómico: Suelos de color pardo o rojizo, en algunas ocasiones amarillento; son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas

El Litosol ocupa un 30 por ciento de territorio, estos suelos se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido.

Figura 10 Mapa Edafológico San Pedro Tlanixco

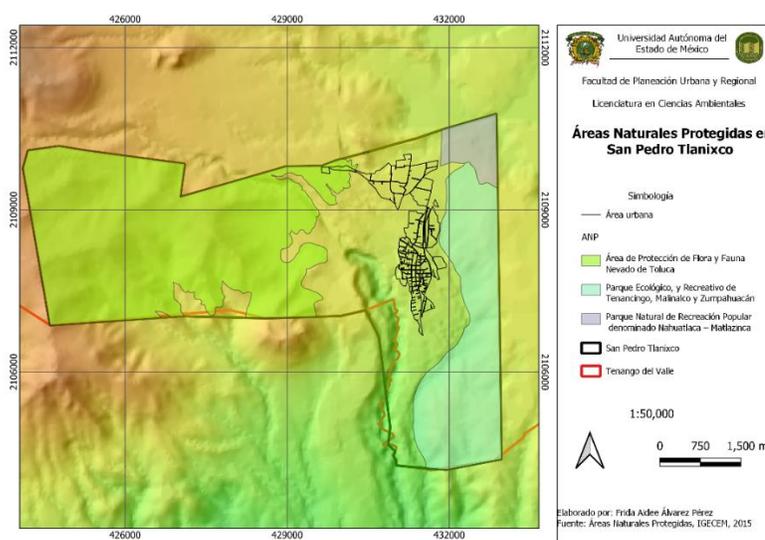


Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020.

Tenango del Valle forma parte del territorio que conforma el parque Nacional Nahuatlaca-Matlazinca, decretado como reserva natural en 1977, el cual tiene una superficie de 27,878 has., el 11.49 por ciento pertenece a Tenango. En la parte sur del municipio se localiza el parque ecológico recreativo “Tenancingo”, “Malinalco”, “Zumpahuacán”, del Estado de México, con una superficie de 25,966 has., de las cuales 340.38 has, corresponden al parque ecológico recreativo turístico, denominado “Hermenegildo Galeana”, decretado por el Ejecutivo del Estado el 31 de marzo de 1980. Asimismo, este municipio, junto con los de Zinacantepec, Toluca, Almoloya de Juárez, Amanalco, Temascaltepec, Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Calimaya, forman parte del Parque Nacional Nevado de Toluca, del Volcán Xinantecátl; que ostenta el cuarto lugar nacional en altitud y es uno de los más grandes del Estado de México, debido a su extensión de 67,000 has.; en el cual se localizan dos lagunas, bosque exuberante de pino, oyamel y zacatonal de altura.

La zona de estudio se encuentra situada en la parte sur del municipio logrando integrarse las tres ANP de la que el municipio es parte, la que ocupa mayor extensión es el área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca, después del parque ecológico recreativo Tenancingo, Malinalco, Zumpahuacán y en menor medida el parque Nacional Nahuatlaca-Matlazinca.

Figura 12 Mapa de las áreas naturales protegidas a las que pertenece San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020.

En suma, San Pedro Tlanixco se encuentra en un municipio con recursos naturales y condiciones geográficas que pueden permitirle un camino hacia la sustentabilidad, la mayor parte de su territorio es apto para la agricultura, cuenta con caudales y recursos hídricos que permiten el desarrollo de la comunidad y que pueden sostener a la industria, además de poseer bosques y pertenecer a zonas de protección de flora y fauna; y a su vez se encuentra amenazado por el incremento de la población ante el crecimiento urbano que le presentan las zonas metropolitanas que le circunda.

Ante este contexto, se presenta el reto de buscar una gestión de los residuos sólidos urbano que asegure el menor daño al medio ambiente, que considere las condiciones hidrologías-ríos, cuerpos de agua, mantos freáticos y zonas de recargas; la variabilidad de tipos de suelo que permiten destinar el lugar adecuado para una disposición final de los residuos; los procesos físicos y químicos naturales que intervienen para minimizar los riesgos y evitar consecuencias para el ambiente y la salud de la población.

4.2 Dinámica demográfica de la zona de estudio

San Pedro Tlanixco cuenta con un total de 9 866 habitantes, contando su delegación y subdelegaciones, ubicándose dentro de las localidades más pobladas de Tenango del Valle. Con los datos del censo nacional de viviendas 2010 y 2020 se obtuvo la tasa de crecimiento de 0,025 y al realizar una proyección de población para estimar la cantidad de habitantes que habrá en los próximos años, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11 Proyección de la población de San Pedro Tlanixco

Año	No. De habitantes
1990	3,758
2000	6,492
2010	7,704
2020	9,866

2025	11,158
2030	12,624
2040	16,160
2050	20,686

Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de población y vivienda 2010 y 2020

La dinámica poblacional es un factor fundamental en el caso de estudio abordado, la generación de residuos esta correlacionado con el crecimiento poblacional, de ahí la importancia de conocer la magnitud y dinámica de la población; ayuda a precisar las actividades del manejo de los residuos sólidos, a anticipar la vida útil de un relleno sanitario en pro de una gestión más eficiente y minimización de los gastos.

4.3 Manejo de los residuos sólidos en San Pedro Tlanixco

Con base en las fases del manejo de los residuos sólidos que se expuso en el apartado uno; generación, recolección, transporte, transferencia y disposición final; se describirán las características de éstas en la localidad de estudio. De los instrumentos para recoger información de primera fuente se utilizó la encuesta, el método para la elección a los encuestados fue no probabilístico e intencional, con base a los actores que participan en el proceso de dicho manejo de residuos, que son: funcionarios de limpia del H. Ayuntamiento, recolectores de los residuos, delegados de la comunidad, autoridades del Comisariado Ejidal, profesores de las escuelas y población en general.

La investigación de campo se llevó a cabo del 30 de mayo al 25 de junio del 2022. Los objetivos principales de las encuestas fueron conocer el panorama general de los residuos sólidos urbanos en la comunidad y la percepción de la población ante esta situación. Para el caso de la generación de RSU se preguntó a los trabajadores del servicio de recolección del H. Ayuntamiento, cuál es su ruta, cuantos días a la semana pasan, si tienen un horario, cuantos camiones llenos se llevan de la comunidad, si hay estaciones de transferencia, entre otros

(ver anexo). Así como a la población en general, la cual la mayoría de los encuestados fueron mujeres; al considerar que la población es de 9,866 habitantes, para obtener una muestra representativa se consideró implementar 35 encuestas en un periodo de dos semanas, en viviendas con una amplia distribución en toda la comunidad, así como con variedad de apariencia de la vivienda, diferencias de ingreso económico, y número de habitantes. Estos expresaron la eficacia del servicio de recolección desde su punto de vista y se indagó sobre la percepción de los rellenos sanitarios. A las instituciones educativas también se les preguntó sobre su generación, disposición al cambio además de la existencia de actividades en pro del buen manejo de los RSU, sabiendo que estos actores son importantes para propiciar el cambio en su entorno inmediato y en la comunidad.

Se visitaron a las autoridades en función para conocer su disposición a trabajar en pro del mejoramiento del manejo de los RSU, además de indagar sobre las acciones o proyectos que tienen planeados, por otro lado, las autoridades del periodo anterior 2019-2021, fueron proveedores de información sobre el manejo pasado de los residuos en la comunidad. A todos estos actores se les comentó sobre un seguimiento del presente tema, todos respondieron positivamente.

4.3.1 Generación

Dentro del municipio de Tenango del Valle, la generación de residuos sólidos se da principalmente en los hogares, los comercios y el sector industrial. Según el director de Servicios Públicos del Ayuntamiento del periodo 2022-2024 se generan aproximadamente 110 toneladas de RSU al día en su mayoría residuos domésticos. La estimación de generación diaria por habitante en el municipio es de 1.18 kg/hab/día, cantidad que supera el promedio de generación nacional por habitante en 2020 que fue de 0.944 kg/hab/día, aunque no es tan considerable la diferencia de generación, esto implica una mayor atención del municipio para con la población, desde la recolección, la limpia y la disposición final.

Los principales residuos sólidos urbanos generados son: PET, papel, cartón, metales, vidrio y residuos orgánicos. Cabe destacar que el municipio de Tenango del Valle es pueblo

con encanto y existen temporadas donde la generación es mayor debido a la afluencia turística.

En el caso de la localidad en estudio, no se tiene registro de la cantidad recolectada al día por lo que para obtener mayor información sobre la generación de RSU en San Pedro Tlanixco se llevó a cabo un muestreo con la norma mexicana NMX-AA-61-1985 en donde se expone el procedimiento para la estimación de la generación, esta es aplicable a nivel municipal, se siguió la especificación del procedimiento de campo, mas no las cantidades de muestras sugeridas dado que esta Norma está diseñada para municipios y no para localidades pequeñas, además de que un estudio de tal impacto requiere de mayores recursos de personal. También se recurrió a la norma mexicana NMX-AA-22-1985 para selección y cuantificación de subproductos, la cual tampoco se cumplió totalmente pues el mínimo de kilogramos para trabajar es de 50 y lo obtenido en campo por el nivel de viviendas participantes fue menor.

El estudio se realizó en cuatro hogares, la Norma recomienda muestrear por estrato económico, así que en este caso se eligieron dos viviendas con alto nivel económico y dos con bajo nivel económico, estas ubicadas en cada punto cardinal, norte, sur, este y oeste.

El 5 de junio de 2022 se realizó la primera visita a las viviendas seleccionadas con el objetivo de explicar la dinámica del muestreo y su disposición a participar, de las cuatro viviendas elegidas, solo respondieron dos de manera positiva ambas de bajos ingresos, las de altos ingresos comentaban que no tenían tiempo para llevar a cabo el muestreo, además de que se mostraron dudosas a pesar de que se les explicó el propósito del estudio, por lo que se tuvieron que volver a elegir otros dos hogares en la misma localización.

Una vez visitadas las viviendas para la explicación del muestreo se entregó una bolsa de polietileno donde depositaron los residuos que tenían en casa, los cuales se recogieron para no mezclarlos con los residuos del día siguiente, pues el muestreo consiste en entregar una bolsa de polietileno para que depositen ahí los residuos de 24 horas, por cuestiones de comodidad de las familias, pidieron que se dejara una bolsa específica para el papel sanitario y esta se entregaría el día que se llenara, esto se aplicó en los cuatro hogares. Otra separación

fue con los residuos de verduras y frutas, porque un 75 por ciento de las viviendas lo utiliza para alimentar a los animales caseros, estos residuos se depositaron en una bolsa específica, la cual se pesaba y devolvía a las familias.

El muestreo se realizó del 6 al 12 de junio de 2022, dejando tres bolsas de plástico en cada vivienda, 2 de ellas prefirieron la recolección de residuos por la mañana 10 am. y las otras dos por la tarde 8 pm. Cada día se recogieron dos bolsas de cada vivienda, orgánico y residuos generales, los residuos orgánicos se pesan, registran y devuelven a la vivienda, los demás fueron acumulados en un lugar bajo techo. La bolsa de papel higiénico fue recogida en dos casas al quinto día, en las otras dos fue recogida hasta el séptimo día. Cada bolsa fue identificada, pesada y registrada, al final de la semana se obtuvo un total de 45.9 kg con el cual se realizó el estudio de selección y cuantificación de subproductos.

La norma mexicana NMX-AA-22-1985 para selección y cuantificación de subproductos da una clasificación de 27 subproductos, de los cuales 18 estuvieron presentes en las muestras, como son: algodón, cartón, residuo fino M200, envases de cartón encerado, lata, loza y cerámica, madera, material ferroso, papel, papel higiénico, pañal desechable, plástico de película, plástico rígido, poliuretano, poliestireno, trapo, vidrio de color y vidrio transparente, cabe destacar que también se encontraron residuos peligrosos en las muestras estudiadas tales como: jeringas, agujas, algodones con sangre, pilas y medicamentos caducos.

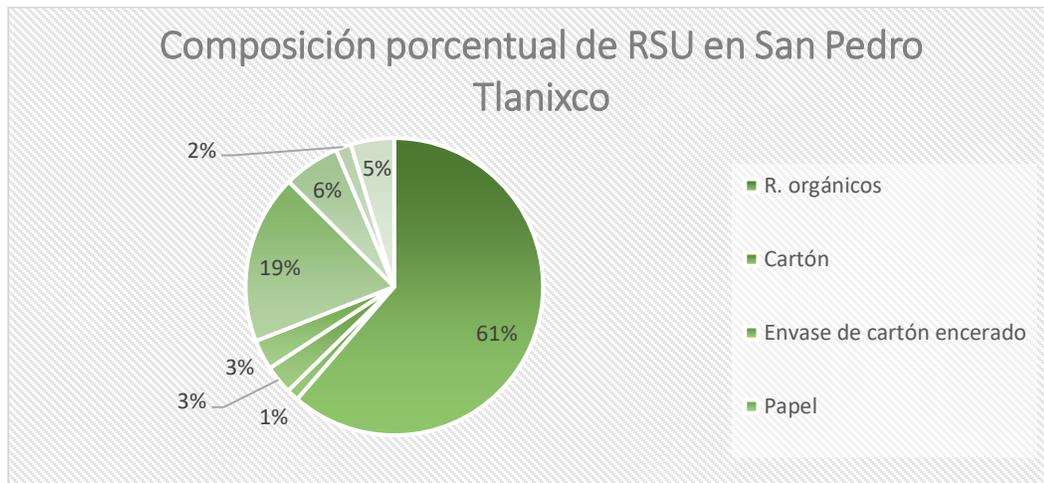
Con la realización del muestreo los resultados obtenidos indican un promedio de generación de 0.298 kg/hab/día, generación menor a la nacional, que en 2020 que fue de 0.944 kg/hab/día (SEMARNAT, 2020, p. 23). Dado que la comunidad de San Pedro Tlanixco cuenta con 9,866 habitantes, la generación total diaria se estima en 2940.068 kg, es decir, 2.94 toneladas diarias, de esta cantidad de residuos y de los 18 subproductos encontrados para una mejor visualización del peso, se redujeron a 11 que son los siguientes:

Tabla 12 Composición diaria de RSU en San Pedro Tlanixco con base en el muestreo de subproductos

Composición diaria de RSU en San Pedro Tlanixco		
Tipo de Residuo	Subproductos	Peso (Kg)
Orgánico		1803.0
inorgánico		1134.1
	cartón	38.0
	Envase de cartón encerado	91.0
	Madera	16.2
	Metal	10.9
	Papel	96.0
	Papel higiénico y pañal desechable	541.0
	Unicel	6.0
	Plástico	180.0
	Vidrio	49.0
	Residuos peligrosos	11.0
	Otros	96.0
	Total	2940.1
Elaboración propia con base en estudio de campo 2022		

Algunos productos representan menos del 1 por ciento para visualizarlo gráficamente, se juntaron los productos de menor porcentaje dentro del grupo de “otros” como lo muestra la siguiente gráfica:

Figura 13 Composición porcentual de RSU en San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia, 2022

El resultado es alentador respecto a que el mayor porcentaje de residuos producidos corresponde a los orgánicos, los cuales pueden ser utilizados como composta, alimento para animales domésticos y abono. Lo que reduce el volumen en el caso de la disposición final, en segundo lugar, se muestra el papel higiénico y el pañal desechable, residuos que corresponde un peso significativo a pesar de que el insumo por su naturaleza no es pesado. Los residuos restantes no representan mayor porcentaje en peso, pero pueden representar mayor volumen por lo que es importante tomarlos en cuenta, asimismo algunos de estos tienen valor en el mercado, como son: cartón, PET, latas, tetrapak, papel, etc. Cuyo beneficio es que reducen la cantidad de residuos confinados lo que aumenta la vida útil en los sitios de disposición final.

Al realizar el cuestionamiento sobre la cantidad de residuos en la comunidad los pobladores identificaron que el principal problema es que ahora todos los productos procesados tienen muchos empaques, las bolsas de plástico se encuentran esparcidas en todos lados y difícilmente se pone atención en los empaques al adquirir diversos productos por lo que contrarrestar este problema es necesario cambiar de hábitos de consumo.

4.3.2 Recolección

En el periodo de 2019-2021, los delegados de la localidad gestionaron con el H. Ayuntamiento, un sistema de recolección local con una camioneta de tres toneladas, la cual estaba en función de lunes a viernes dando dos recorridos al día, lo que resulta una generación de seis toneladas diarias de lunes a viernes y una generación per cápita de 0.435 kg/hab/día, resultado que difiere de la generación obtenida por la muestra, ya que la autoridad comenta que este servicio se implementó después de una época de rezago, puesto que el servicio de recolección del ayuntamiento tenía meses sin trabajar en la comunidad, en consecuencia la población tenía mayor cantidad de residuos almacenados en casa, lo que provocó que se recolectaran más residuos de los generados, condición que imposibilita una estimación precisa de cantidades generadas, ya que en ningún momento se llevó un registro y este servicio solo estuvo en función dos meses debido a diferencias de la población con los delegados. La localidad a pesar de que por el número de habitantes ya es considerada urbana, sigue teniendo características rurales, en los residuos generados se dan principalmente: orgánicos, plástico, cartón, pañales, envases de agroquímicos, entre otros. Si bien la mayoría de la población separa sus residuos en orgánicos e inorgánicos un 40 por ciento aún sigue depositando todo en el mismo lugar. El 60 por ciento los separa en tres categorías, orgánicos, PET e inorgánicos reduciendo así el volumen de los residuos que dan al servicio de recolección, además de utilizar los demás residuos para fines económicos (venta de PET) y alimenticios para animales.

El municipio no cuenta con información referente a la generación de residuos en cada localidad, ni registros de la cantidad de camiones procedentes de las mismas, se puede apreciar que no hay una estimación fidedigna de la recolección de residuos en el municipio, actividad que no es riesgosa ya que indagando en los Planes Municipales de Desarrollo del 2003 al 2012 por más de 9 años se reportó una recolección diaria de 80 toneladas de residuos, sin presentar variaciones.

Para 2016 el proceso de limpia del municipio se llevaba a cabo de forma manual, siendo personal del municipio quien se encarga de realizar dicha actividad, se contaba con

treinta y tres personas encargadas de la limpieza. La recolección de los residuos sólidos se realizó diariamente, con un total de 16 rutas que cubren la cabecera municipal y las 9 delegaciones, así como los residuos generados por el sector industrial, los comercios y las instituciones públicas. En el año 2018, se generaron un total de 12 mil 720 toneladas de residuos, los cuales fueron trasladados al relleno sanitario del mismo municipio. Para el mismo año se contaba con 8 unidades encargadas de la recolección de residuos, los cuales tenían una capacidad de 54 toneladas aproximadamente cada uno (Gaceta Municipal, 2018, p. 224).

La variación en la información es notable, pues mientras unas administraciones muestran los elementos existentes (en cuanto a maquinaria y personal) y la dinámica que llevan a cabo otros, solo mencionan el equipamiento con el que cuentan, sin comentar el monto de generación, las rutas de recolección, ni información adicional referente a como maneja el municipio los RSU.

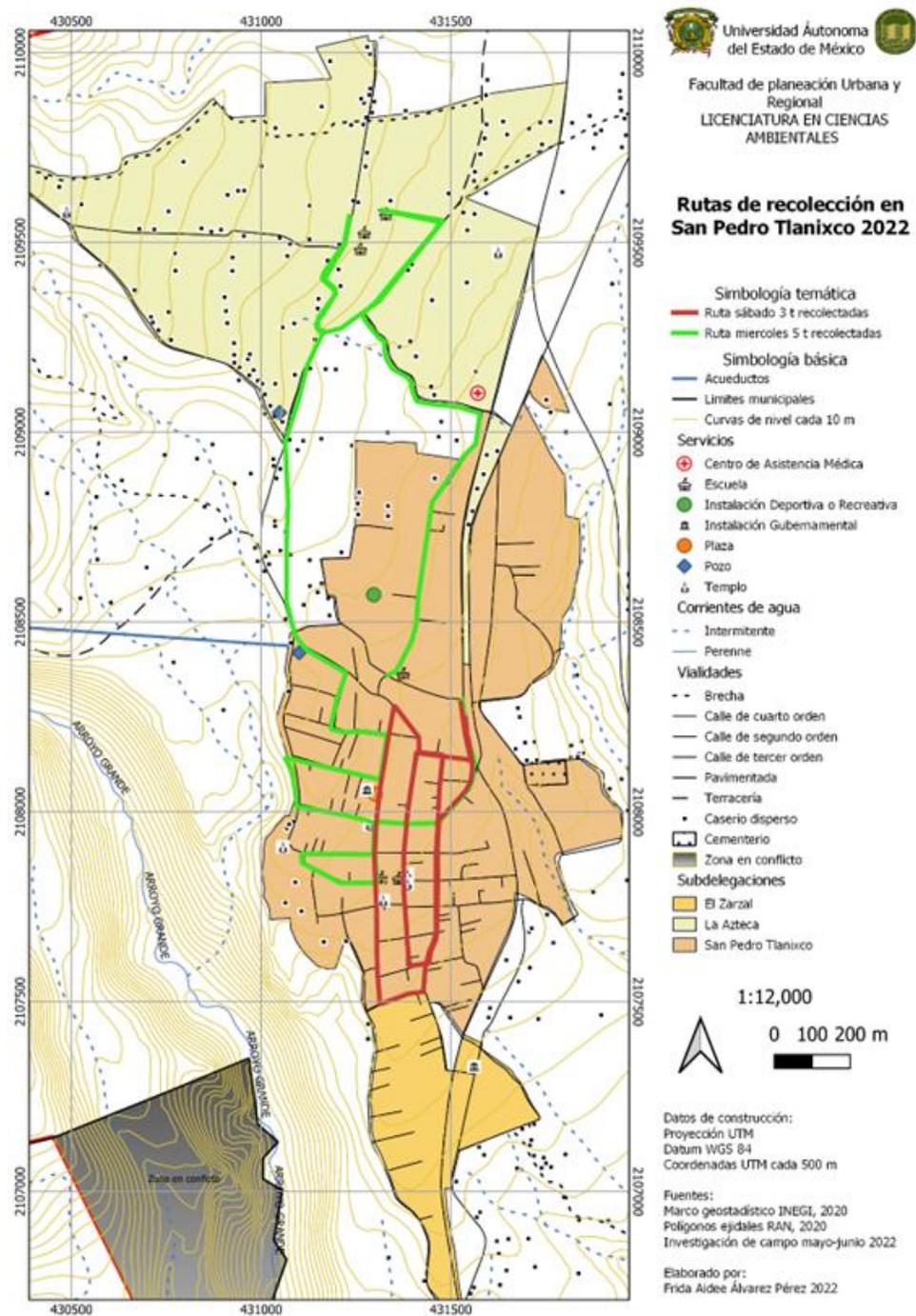
En cuanto al servicio de recolección de residuos sólidos de 2022 a nivel municipal, se efectúa con 7 camiones recolectores con los que cuenta el ayuntamiento, la población genera 36 500 toneladas de residuos domésticos al año (Gaceta Municipal, 2022, p. 113). Cuentan con 27 rutas de recolección, algunas de ellas dobles, y estas solo cubren las delegaciones del municipio; subdelegaciones, barrios y colonias no son cubiertas. El personal a cargo del servicio son cincuenta personas dedicadas al barrido y recolección manual y mecánica. Los camiones a disposición de este servicio son 7; 3 de caja seca y 4 camiones compactadores.

El municipio a lo largo del tiempo ha identificado los factores sociales e institucionales que hacen que el servicio de recolección no sea eficiente, existen actividades puntuales y líneas de acción como impulsar la aplicación de programas de separación y reusó de desperdicios sólidos para contribuir a una adecuada y eficiente recolección de los residuos sólidos y su disposición final, impulsar la eficiencia de los servicios públicos de limpia y recolección de residuos sólidos municipales, para con ello optimizar la capacidad del servicio, contar con espacios para la construcción de centros de acopio y reciclamiento de

residuos sólidos en las comunidades asentadas en el municipio, entre otros. Todas estas líneas encaminadas a mejorar el manejo de los residuos en el municipio, algunas de ellas llevadas a cabo y otras no, sin embargo, es necesario dar un seguimiento para identificar lo que se empleó y cuáles fueron los resultados, y si hubo un cambio y mejoría en la dinámica, lo que permitiría a las administraciones venideras tener un panorama general, retomar y mejorar las estrategias empleadas por los anteriores para así lograr un cambio notable.

Para el caso de la localidad de San Pedro Tlanixco el servicio de recolección de puerta en puerta, este opera dos días a la semana: miércoles y sábado iniciando entre 7:30 y 8:00 de la mañana, el recorrido dura de cuatro a cinco horas aproximadamente, el personal a cargo consta de un chofer, dos personas que acomodan los residuos y un receptor de estos, los últimos tres trabajadores son “propineros” pues no reciben un pago por parte del ayuntamiento. Las rutas se llevan a cabo mediante un circuito establecido tratando de llegar a la mayoría de la población, pero aun así existe poca cobertura, ya que considerando la generación obtenida en el muestreo son 2.94 toneladas de generación diaria, por 7 días de la semana, se estarían generando 20.58 toneladas a la semana y el camión recolector solo se lleva 8 toneladas en 7 días es decir solo el 38.9 por ciento de lo que se genera, cantidad poco considerable. En la figura inferior se muestran las rutas de recolección.

Figura 14 Mapa de rutas de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco



Fuente: elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020

Este servicio les da prioridad a las instituciones educativas, aunque la recolección se realiza en las mismas rutas. En periodos anteriores cuando no existía este servicio por parte del ayuntamiento, las escuelas almacenaron los residuos, ninguna de ellas presentó plagas o malos olores pues los residuos eran compactados, resguardados en bolsas y almacenados en los rincones más alejados de las aulas, cuando ya era bastante el tiempo sin servicio, enviaron oficios al ayuntamiento solicitando el apoyo, siempre hubo una respuesta positiva y el camión solo venía por los residuos de las escuelas.

La población en general comenta que el servicio es deficiente, aunque presenta una mejoría, se aprecia que los recolectores separan el cartón y el plástico de los demás residuos, sin embargo, en algunos hogares a pesar de contar con este servicio es necesario deshacerse de los residuos al menos una vez al mes, esto por la generación de residuos de manejo especial los cuales no acepta el servicio de recolección como son escombros, llantas y animales muertos. Por otro lado, las viviendas por donde no pasa el camión o que no pudieron entregar los residuos, las dejan con dos recolectores independientes quienes son originarios de la comunidad y llevan los desechos en carretillas a los barrancos más cercanos o a donde les permitan los vecinos, pues en los últimos años, los vecinos de los tiraderos a cielo abierto ya no permiten que sigan llevando más basura, debido a los malos olores, moscas o ratas, que ahí se generan. Estos recolectores independientes reciben un pago significativo de las personas que requieren el servicio, en su mayoría de 5 a 15 pesos.

La mayoría de la población encuestada presentó preocupación por este tema, principalmente porque les incomoda tener estos residuos en casa y prefieren desecharlos de alguna manera, si bien están conscientes de que el Ayuntamiento tiene la obligación de brindar este servicio, comentaron que en caso de que no haya o este falle, sí están dispuestos a pagar porque recojan sus residuos. A pesar de la problemática en la comunidad, no existe ninguna organización social en pro de este tema.

En cuanto a la responsabilidad de la población un 95 por ciento de esta se dice estar dispuesta a trasladar sus residuos a algún contenedor instalado en un lugar específico de la

localidad, pues dicen que “si no pasa el camión recolector, preferiría llevarlo a un contenedor de no más de 400 metros de distancia, que a la barranca”.

En este mismo sentido se encuentran tres contenedores de recolección de envases de agroquímicos en la comunidad, dos de ellos se localizan en la Colonia Azteca y uno en el camino a San Román, su presencia es importante ya que en la mayoría de esa zona se cultiva la papa con agroquímicos en gran cantidad. Estos contenedores fueron financiados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, ya que una parte del polígono ejidal de la comunidad pertenece al Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca; estos contenedores son resguardados por los ejidatarios de la comunidad, al pasar la mayor parte de sus jornadas en campo se han percatado del desecho de los envases en sitios cercanos a cuerpos de agua, enterados en terrenos de cultivo o en plena calle al alcance de los niños, lo que representa un potencial peligro (además del daño generado al suelo y al de su consumo). El objetivo de recabar los desechos de manejo especial en estos contenedores se ha cumplido, pues los ejidatarios recogen estos envases cada que el contenedor está lleno, sin embargo, el contenedor más alejado es utilizado como sitio de transferencia, pues la población lleva allí todo tipo de desecho, principalmente doméstico.

Este programa se seguirá implementando por otros años más. Las ejidatarias del periodo 2019-2022, también comentaron que en su periodo realizaron campañas de limpieza en barrancos, letreros informativos y de concientización respecto al tema de los RSU. Es importante mencionar que los ejidatarios de la administración 2022 presentan interés en el tema y están dispuestos a tomar las medidas necesarias para que mejore esta situación.

Otra autoridad interesada en el manejo adecuado de los RSU son los delegados, pues los encargados del periodo 2019-2021 gestionaron ante el ayuntamiento un sistema de recolección local, ya que el proporcionado no llegaba a cubrir un 50 por ciento de la población, por lo que acordaron que el municipio proporcionaría una camioneta de tres toneladas, la gasolina y un chofer para laborar de lunes a viernes. Comenzaron operaciones en mayo de 2019, los lunes recorrían el centro, martes la Colonia Azteca, miércoles el Zarzal, jueves Los Saucos y viernes centro. A diferencia del servicio normal la camioneta recorría

toda la zona urbanizada, se daban dos vueltas por día, y posteriormente se depositaba en el relleno sanitario de Tenango del Valle. Este servicio solo estuvo funcionando dos meses, por conflictos internos se decidió volver al antiguo servicio, aunque el nuevo implementado fue más eficiente.

Los delegados del periodo 2022-2024 también muestran interés en el tema y en buscar una solución, pues ha detectado el incremento de barrancos utilizados como basureros, aunque por su reciente integración al servicio aún no tienen un plan trazado.

4.3.3 Transferencia

Dentro del municipio no se cuenta con estaciones de transferencia, ni en ninguna de las delegaciones, pero estos sitios son necesarios pues el servicio de recolección es deficiente, en ocasiones se realizan rutas dobles y muchas veces no se llega a llenar el segundo camión, además que para las subdelegaciones lejanas donde no pasa el camión es importante esta instalación para prevenir los tiraderos a cielo abierto. Ejemplo de esto en la comunidad de San Pedro Tlanixco en el contenedor para residuos de agroquímicos de la colonia “San Román” la gente deposita ahí sus RSU lo que indica que la población está dispuesta a trasladar estos desechos a una zona media donde el camión pueda pasar por ellos.

4.3.4 Tratamiento

La finalidad del tratamiento de los residuos sólidos es contribuir a la protección al ambiente y reducir gastos de materia prima. En la localidad el único tratamiento que reciben los residuos sólidos es el de la separación para su posterior venta y reciclaje, esta se da con la separación de los residuos desde la fuente en el momento de la recolección de residuos por parte del servicio de limpia.

4.3.5. Disposición final

La disposición final de residuos sólidos desde el inicio del año 2000 ha sido considerada como un problema en el municipio, la disposición se realizaba en un basurero temporal que por más de nueve años se comunicó que iba a desbordarse, sitio que tiempo después se utilizó para instalar el relleno sanitario actual, según comentarios de la población, además de que se conocía que el municipio no era el único que depositaba sus desechos en un tiradero a cielo abierto, pues en el Plan Municipal de Desarrollo 2003 se menciona que algunos de los tiraderos de algunas localidades del municipio ya presentaban saturación.

Para 2009 desde el municipio surge como actividad necesaria la construcción de un relleno sanitario, acciones encaminadas a la población para fomentar la reducción, separación y el reciclaje de estos. A pesar de todos estos antecedentes de preocupación por parte del municipio, no se ha llevado a cabo ninguna acción para contrarrestar la problemática al menos en San Pedro Tlanixco.

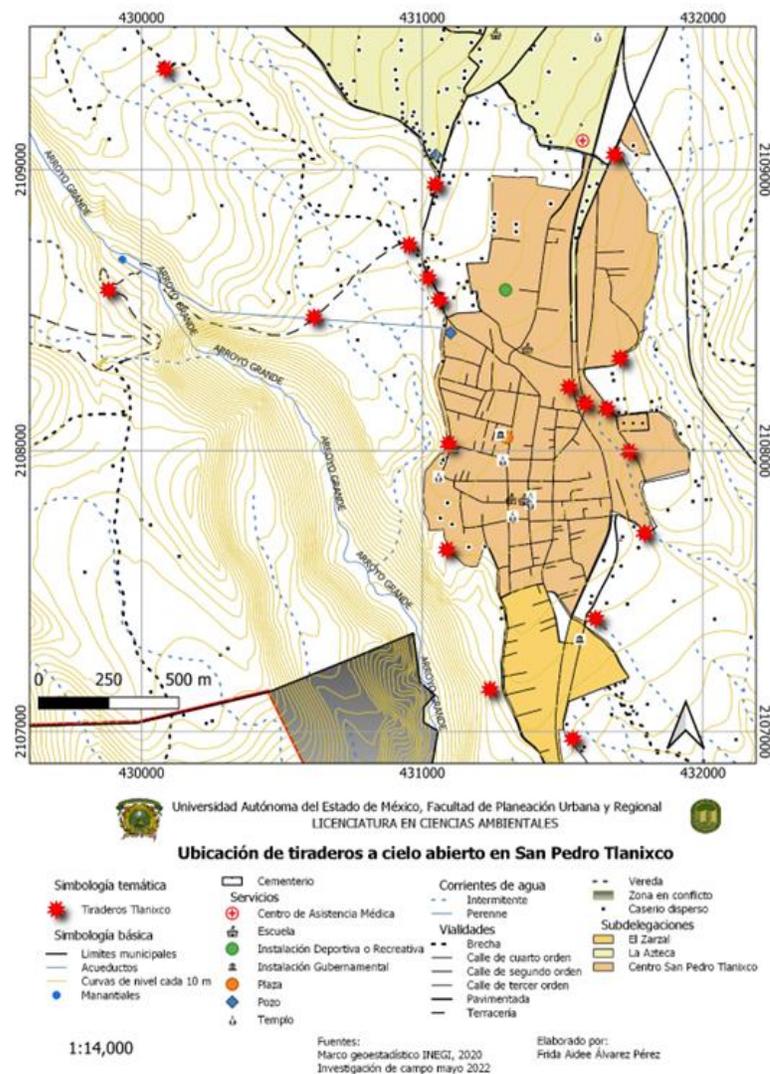
Actualmente, el municipio de Tenango del Valle dispone sus RSU en la empresa privada Constructora y Operadora de Rellenos Sanitarios S. A. DE C. V. ubicada en el paraje Acatzingo, localidad de San Bartolomé Atlatlahuca, que inició operaciones en 1998 y fue proyectado para treinta años, de dicha empresa no se cuenta con más información en el municipio, no se sabe si se rige bajo la NOM-083-SEMARNT y ya está por cerrar. Este relleno recibe residuos de varios municipios como Malinalco, Tenancingo, Ocuilan, Zumpahuacán y Calimaya, entre otros, ingresando diariamente 110 toneladas de RSU a Tenango del Valle.

En la localidad de San Pedro Tlanixco, los sitios de disposición final de RSU más comunes son los barrancos, pues como se expuso anteriormente, la comunidad cuenta con desniveles en los cuales actualmente se ha incrementado el uso como basureros. Al preguntarle a la población el número aproximado de los tiraderos a cielo abierto en la localidad la mayoría de las personas dijo que cuatro, esto basándose en las de mayor tamaño, solo una autoridad mencionó dieciséis tiraderos a cielo abierto. Como el sondeo se realizó en

la zona centro de la localidad al parecer la población no recorre más allá de la traza urbana, sin embargo, la autoridad que menciono que dieciséis aproximadamente tienen un fundamento más amplio al recorrer la comunidad menudo.

Para una mayor certidumbre dentro del trabajo de campo, se realizó la puntualización de estos tiraderos a la par que se hicieron las entrevistas en la comunidad, esto con un GPS y la captura de fotografías de los sitios, resultado de esto se obtuvo el siguiente mapa de ubicación de los tiraderos a cielo abierto en San Pedro Tlanixco.

Figura 15 Ubicación de los tiraderos a cielo abierto en San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia 2022, con base en INEGI 2020 e investigación de campo 2022

En el mapa anterior se pueden observar una gran cantidad de tiraderos a cielo abierto en la zona urbana y/o la periferia de la comunidad, contabilizando diecinueve tiraderos a cielo abierto, catorce de ellos junto a asentamientos humanos, dos de ellos con más de 2900 msnm, y todos ellos representando un problema de salud para la población y el ambiente.

Los problemas de contaminación como sitios contaminados, generación de biogases, contaminación de suelo y agua, proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades, se pueden observar sin duda en la mayoría de los tiraderos a cielo abierto encontrados, y algo que aumenta la potencialidad de estas afectaciones es el desconocimiento por parte de la población a este problema; ya que el trabajo de campo reflejó cifras bastante pequeñas a comparación de lo que existe realmente, solo un 3.7 por ciento de la población encuestada refiere a más de cinco tiraderos, esa cifra es alarmante ya que los demás pobladores no tienen idea de que existen más de quince tiraderos a cielo abierto en la comunidad, lo que representa un potencial de contaminación de gran importancia.

La identificación de estos sitios es la base para el desarrollo de propuestas para la mejora y reducción al máximo de este tipo de disposición final en la comunidad, ya que se aprecia que la sociedad no se da cuenta de un problema si no le toca vivirlo directamente y solo la población aledaña a estos sitios percibe las consecuencias, tanto medioambientales como a la salud, de este tipo de disposición final. Los vecinos comentan que han tenido altercados con las personas que depositan allí sus desechos pero que esto no ha cambiado nada puesto que la necesidad los hace recurrir a esos lugares.

Por otro lado se observó que algunos de los tiraderos específicamente los localizados de lado oeste de la comunidad tienen vallas de metal, estas instaladas adecuadamente por los vecinos, quienes comentan que el problema de más importancia, para ellos, es que los caninos extraen los residuos de los barrancos y los dejan sobre la calle, la banqueta o inclusive dentro de las casas, ocasionando mayor desagrado a los habitantes, por lo que estas vallas son

fundamentales para que ese problema deje de ocurrir, aunque por otro lado, no soluciona el problema de la tira de residuos ya que la gente suele aventarlo por encima de esta barrera.

La distribución de los tiraderos a cielo abierto se ha incrementado por el desplazamiento de la población hacia la periferia de la comunidad, al existir poco espacio para la construcción en el núcleo urbano, esta decide retirarse a construir sus viviendas a las parcelas, sin importar lo alejado de la comunidad, en este traslado también se redistribuyen los residuos sólidos, ocupando terrenos más alejados de la comunidad y llegando a ocupar nuevos barrancos o zonas baldías, expandiendo la contaminación a zonas más alejadas, ya que no se queda en los sitios donde se depositan, existen factores externos (condiciones climáticas y meteorológicas) e internos (procesos bioquímicos) que facilitan el transporte de estos residuos y de las sustancias contaminantes.

Algunos de los basureros que se encuentran en la periferia son los siguientes:

Figura 16 Tiradero a cielo abierto "Clínica"



Fuente: fotografía tomada en visita a campo 2019

Figura 17 Tiradero a cielo abierto Barranca seca"



Fuente: fotografía tomada en visita a campo 2019

Figura 18 Tiradero a cielo abierto "San Isidro"



Fuente: fotografía tomada en visita a campo 2019

Otra forma de deshacerse de los residuos es por medio de su quema, esta se da en las colonias más alejadas y es muy evidente, pues justo frente de sus casas se ven las cenizas y restos de los residuos, en el centro también se realiza esta actividad, pero en menor medida. Algunas personas comentaron que solo hay que quemar los residuos que estén secos como el cartón, porque los plásticos hacen humo y contaminan. Aunque la mayoría de la población

ya separa los plásticos para la venta estos solo involucran PET, el vidrio, cartón y latas, no se toma en cuenta.

Un 60 por ciento de la población presenta una conciencia ambiental de los daños que ocasiona verter directamente al suelo estos residuos, ya sea por afectaciones directas o indirectas, el resto de la población sigue pensando que depositar los RSU en los barrancos ayuda a taparlos y reduce los riesgos de deslaves y hundimientos. A pesar de eso un 95 por ciento comentó que está dispuesto a clasificar sus residuos, por los beneficios económicos y ambientales, el mismo porcentaje de la población está dispuesto a llevar los residuos a un contenedor específico en la comunidad.

Al preguntarles si permitirían la instalación de un relleno sanitario cercano a su comunidad la respuesta fue un 57 por ciento a favor y un 43 por ciento en contra, aunque la respuesta inmediata de la mayoría fue que “no”, hasta que se les explico qué es un relleno sanitario y optaron por el “sí”. Con todo y eso, el resto de las personas mantuvo el “no”, decían que, aunque te digan que no, siempre hay contaminación en esos proyectos, además de que no hay donde ponerlo porque hay muchos arroyos en la comunidad. Un proyecto de esta naturaleza implica que la comunidad forma parte de todo el desarrollo de este, ella misma puede participar de manera activa, lo importante es que ella reconozca y se apropie el proyecto, se sienta segura y confiada del mismo. El 54 por ciento de la población estudiada apoyaría la inversión privada para el manejo de los residuos en la comunidad, 23 por ciento se negó y el 23 por ciento no sabe.

Para el caso de las autoridades se les pregunto si apoyarían un proyecto de relleno sanitario manual comunitario, todas las autoridades dijeron que si sin excepción.

Las soluciones que más se mencionaron son: disminuir el consumo de plástico, concientizar a la población, reducir la generación, reciclar, gestionar más rutas del camión recolector y más frecuencia, que se pongan contenedores de basura, multas y exigirles a las empresas que en la mayoría de lo posible todos sus productos sean con envases retornables.

En la matriz de escenarios del plan municipal de desarrollo 2022-2024, se plantea la insuficiencia de recursos para una adecuada prestación del servicio de recolección de desechos, y un sitio de disposición final de desechos rebasado y sin adecuados criterios normativos. En lo referente a la vinculación y alineación estratégica, en el pilar social se tiene por objetivo reducir los niveles de contaminación del agua, suelo y aire en el municipio, la estrategia es emprender acciones para minimizar el impacto de la actividad humana en los recursos naturales agua, suelo y aire. Las líneas de acción en cuanto a residuos sólidos son la 8 y 9 que comprenden gestionar plantas de tratamiento de residuos sólidos de última generación, además de iniciar el proyecto para la habilitación de un nuevo predio para sitio de disposición final de desechos.

Los rellenos sanitarios están diseñados para atenuar todos estos agentes que potencian la contaminación de los recursos por la disposición de la basura, pero ¿qué ocurre cuando no se dispone de los residuos de una manera adecuada?, los recursos naturales se ven comprometidos, tanto el agua, el aire, el suelo, la flora y fauna reciben las sustancias que se desprenden de los residuos y que pueden ser muy dañinos. El agua se ve comprometida al depositarse residuos a las orillas de ríos o verterlos en estos, para el caso del agua superficial, existen suelos que son muy permeables y dejan pasar los lixiviados al subsuelo que pueden contaminar así los mantos freáticos. En San Pedro Tlanixco, trece de los diecinueve tiraderos, se encuentran sobre una corriente de agua intermitente, que ocasiona el transporte de los materiales, así como una combinación de los lixiviados con la corriente de agua, “el contenido de elementos contaminantes en estos productos depende de la composición química de los residuos, su contenido de humedad, la capacidad de descomposición de los componentes y el calor de reacción de los diversos procesos de transformación, entre otros” (Encarnación & Kiss, 2006, p. 41).

Al no existir alguna separación previa de los residuos, estos generan un peligro mayor, ya que existen residuos peligrosos dentro de los RSU que pueden reaccionar con sustancias y crear lixiviados tóxicos, así como la liberación de metales pesados desprendidos de algunos elementos no separados, existen nutrientes que también son desechados y que pueden crear eutrofización en el agua afectando al ecosistema no solo de

donde se depositan si no también río a bajo, lo que se incrementa al estar a la intemperie, la precipitación eleva la generación de lixiviados si bien en un estado de confinamiento y con protección en la descomposición de los residuos solo interviene la humedad y la generación de lixiviado es mínimo, al estar en un entorno abierto en combinación con agua de lluvia o cercanía a corrientes los residuos se mezclan y crean mayores volúmenes de lixiviados haciendo muy difícil el control de los mismos. Recordando que en la comunidad inicia la cuenca del Alto Amacuzac estas condiciones crean un problema serio pues la corriente no se queda en la localidad, su paso hacia el sur del estado es importante porque los contaminantes son arrastrados dañando los lugares por donde pasa. Esta contaminación no es solo superficial también puede infiltrarse a través del suelo hacia los mantos freáticos.

Otra problemática que se da en la comunidad, es que los residuos son arrastrados por el viento y estos son depositados en las parcelas o viviendas cercanas al sitio, sucede que también los animales extraen los residuos y los llevan a diferentes sitios, siendo esto un foco de infección para la población, esto a partir de que no existe ninguna barrera del sitio de disposición final a la población.

En la comunidad existen cuatro barrancos en los cuales se han depositado los RSU, en ellos hay cientos de toneladas de residuos y aunque en todos los tiraderos existe un proceso de descomposición y generación de gases en el tiradero del Auditorio, el Depósito, La Colonia y El Paso; el olor y la generación de gases es aún más evidente al pasar por esos lugares, donde se aprecian los gases, situación que aumenta en los periodos de calor. En estas épocas los lugares también son un potencial de incendios por la acumulación de materiales que pueden incendiarse con la exposición a la insolación, como es el papel o el aluminio, en los últimos años la comunidad ha sufrido cinco incendios de estos tiraderos, condición que genera una contaminación atmosférica importante y al ubicarse en barrancos se hace más difícil la contención de los mismos.

4.4 Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en San Pedro

Tlanixco

La generación per cápita de los RSU de 0.435kg/hab/día, nos da un total de la comunidad de 4.29 toneladas al día, si la producción continua de la misma manera, relacionada con la población, la generación diaria de la comunidad por los próximos treinta años sería la siguiente

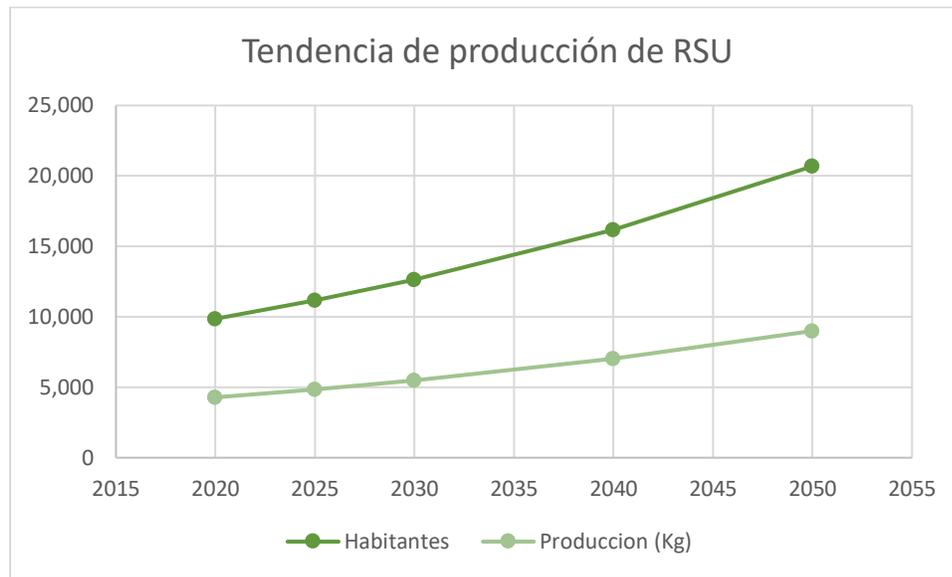
Tabla 13 Tendencia de generación de RSU diaria en San Pedro Tlanixco

Año	Habitantes	Producción (Kg)
1990	3,758	s/d
2000	6,492	s/d
2010	7,704	s/d
2020	9,866	4286
2025	11,158	4854
2030	12,624	5491
2040	16,160	7030
2050	20,686	8998

Fuente: Elaboración propia con base en proyecciones

Grafica de tendencia de producción de RSU al día en San Pedro Tlanixco

Figura 19 Tendencia de generación de RSU al día en San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia con base en proyecciones

El incremento de la población y la generación van de la mano, en la representación gráfica, esa sería la tendencia si persiste la producción de 0.435 kg por habitante por día, para 2050, con 20,000 habitantes, se tendría una producción de 10 toneladas diarias, aunque es posible que el comportamiento pueda variar, difícilmente se puede reducir la generación por el proceso de educación ambiental y los cambios de hábitos que implica. El aumento en la generación es más probable, ya que la industrialización de los productos de aseo y consumo diario contienen muchos embalajes y si bien es posible optar por alternativas más ecológicas, estas representan un costo mayor o solo se encuentran en las grandes ciudades.

La mayor parte de la población de la localidad no cuenta con una conciencia ambiental sobre la generación de los residuos, ni en cantidad, ni en composición; el ritmo de vida y la costumbre de deshacerse de los mismos en un lugar lejano sin importar si están a la intemperie o si son peligrosos sigue estando presente en los habitantes, estas actividades se siguen practicando con las generaciones venideras al llevar los niños para “acompañar” a tirar la basura, haciéndolo algo común para ellos, creando un hábito que en un futuro difícilmente se podría cambiar, contemplando que la población mayor encuestada comenta que siempre ha sido así y nunca ha pasado nada malo.

A pesar de los daños percibidos por la comunidad a cerca de estos tiraderos a cielo abierto, la costumbre sigue siendo la misma. La clasificación de los residuos llevada a cabo en la comunidad mostró que no hay una separación, provocando que existan residuos de todo tipo en los botes de basura, donde puede haber residuos peligrosos, de manejo especial y residuos sólidos urbanos, que en conjunto son un agente importante de contaminación, además que reducen la vida útil del sitio de disposición final y no devuelven ningún beneficio a la población. El 16 por ciento de los residuos son susceptibles para su aprovechamiento, cantidad considerable que reduciría el volumen de los mismos en el camión de la basura además de generar ingresos a la población, 19 por ciento es papel higiénico y pañales desechables, materiales que no son considerados peligrosos pero al tener desechos humanos pueden ser un foco de infección, además que los pañales desechables son altamente contaminantes desde su proceso de elaboración hasta su degradación, la cual tarda alrededor de quinientos años, al ser compuestos en su mayoría con materiales sintéticos no degradables, considerando otros aspectos como el tamaño y el volumen, se aprecia que son un problema ambiental. En San Pedro Tlanixco, según el Censo de Población y Vivienda 2020 en la localidad, colonias y subdelegaciones había 782 niños de 0 a 2 años, de los cuales no se puede asegurar que todos ellos utilizan pañal desechable, sin embargo, estimando que la mitad de los niños utilice un pañal al día, a la semana se estarían generando 2,737 pañales que durarán más de cien años en el ambiente.

El mayor porcentaje de residuos generados en la comunidad lo constituyen los orgánicos ocupando un 61 por ciento, el cual puede utilizarse para generar beneficios a corto y largo plazo para la población, de éstos un 50 por ciento se utiliza como alimento para animales, mientras que el otro 50 por ciento en la mayoría de los casos termina en la basura, si estos residuos también fueran separados y almacenados en un contenedor específico, podrían ser utilizados como composta para jardines o parcelas, además de aumentar el tiempo de vida del sitio de disposición.

La problemática respecto a los residuos ha aumentado con el desarrollo industrial y el crecimiento de la población, con este cambio en el ritmo de vida las poblaciones consumen

más y los productos se degradan más lento, la creación de la bolsa plástica ha facilitado la vida, pero está destruyendo el ambiente por su uso masivo y su lenta degradación. En San Pedro Tlanixco anteriormente existía mayor cultura en higiene, mayor respeto a los espacios, solo había dos sitios de disposición de residuos, la población se trasladaba a lugares lejanos para depositar su basura pero en un solo sitio, no era una práctica adecuada pero por lo menos la contaminación se centraba en dos lugares, ahora por comodidad e irresponsabilidad la basura se tira en cualquier lugar sin importar si es barranco, baldío o parcela del vecino o de un desconocido, de igual manera se vierten los residuos.

La sociedad y el ambiente están viviendo cambios que propician una destrucción sin retorno, cambios de los que solo son foco las urbes, las zonas rurales no figuran dentro de las afectaciones producidas a la naturaleza por la acción del hombre, es claro que las investigaciones y solución de conflictos ambientales se centran en áreas que involucren mayor población, sin embargo, las zonas rurales no se eximen de sufrir estos daños o causar deterioro al entorno debido al número de su población. La importancia de visualizar la destrucción que se está dando en cada lugar del país sin importar el tamaño de la población permite cambiar los hábitos para conservar los recursos con los que se cuenta e iniciar un camino que sea sutil con el ambiente y permita un buen vivir.

Estos son los retos a los que se enfrentan los gobiernos de todos los niveles en cuestión de residuos, no solo es localizar un sitio, también deben evaluarse las características y a la par elaborar planes o programas cuyos objetivos sean reducir la generación, si esta continua a la alza, la localización de sitios no será suficiente ni eficiente al necesitarse cada vez más lugares para poder confinar todos los residuos, si se trabaja sobre la generación se hace eficiente para la recolección, el traslado y la disposición final, esto permitiría que los sitios de disposición final amplíen su ciclo de vida en consecuencia reducir la cantidad de lugares con este fin. Partiendo de la premisa de la prevención, si se trabaja de manera eficiente en la generación, las siguientes fases se verán afectadas de manera positiva causando repercusiones en todo el ciclo.

El tema de los RSU en el municipio ha sido subestimado, se reconoce la necesidad de un lugar con especificaciones técnicas para depositar los residuos que permitan garantizar el cuidado a la población y el ambiente, pero no se han implementado los planes y acciones para llevar esto a cabo. Existe intención de mejorar el manejo de residuos ya que en cuanto a equipo y personal de limpia y recolección ha aumentado en el municipio, pero sigue sin ser suficiente.

Para el caso de la localidad de estudio a pesar de las inversiones del municipio, los tiraderos a cielo abierto han incrementado en los últimos diez años, y no se ve una mejoría precisa en el manejo de estos, al menos en la localidad. En la cual, en generación de residuos, se obtuvo del muestreo un promedio de 0.298 kg/hab/día y de los datos de recolección de 2019 un promedio de 0.435 kg/hab/día, generación menor a 0.500 kg, cantidad baja en comparación con lo generado a nivel nacional, sin embargo, sumando que las rutas de recolección solo extraen el 38.9 por ciento de los residuos generados, crea una problemática considerable, a la par se desperdicia espacio en los sitios de disposición final al ser la mayoría de los residuos generados orgánicos y estos pueden ser utilizados por la población. Es de importancia considerar que tampoco existen centros de acopio en la comunidad que dificulta que los habitantes valoricen los residuos como PET, cartón y aluminio.

La incertidumbre sobre donde depositar sus residuos en la comunidad, ha llevado a la utilización de dieciséis barrancos como sitios de disposición final, trece de ellos encontrándose sobre corrientes intermitentes de agua, generando contaminación al suelo y agua, si bien no se tienen estimaciones medidas de la contaminación que ha causado en estos lugares, los daños percibidos por la población son suficientes para accionar ante este problema.

Diversos actores de la comunidad están conscientes del daño existente y de la necesidad de un cambio en las costumbres. Por todo lo anterior, se consideró adecuado la creación de un lugar propio con las características propias para la disposición final con la menor contaminación al ambiente, pues depender de las administraciones de los

ayuntamientos, crea un futuro incierto ya que algunas cumplen con un buen servicio de recolección y otras no.

La problemática puede irse resolviendo desde las comunidades, al identificar sus carencias, necesidades y fortalezas, se pueden presentar soluciones desde sus ritmos y tiempos. En San Pedro Tlanixco existen actores interesados en mejorar la situación actual de la comunidad, las autoridades comunitarias están conscientes de la situación y buscan una solución, además de las personas de la comunidad que presentan conciencia respecto al tema, demuestra interés, sin embargo, no presenta acciones reales pues no sabe cómo hacerlo pero que ya reconozcan el problema es un factor importante para el cambio.

Para minimizar el problema identificado, la propuesta de este proyecto es la localización de un sitio de disposición final manual para la comunidad de San Pedro Tlanixco que pueda resanar la problemática planteada y trazar una nueva ruta en la disposición de los residuos más sana con el ambiente y reconociendo como clave la participación de la población en el mismo.

Capítulo V Componentes de un programa para la gestión de los residuos sólidos urbanos en San Pedro Tlanixco

En la caracterización y el diagnóstico de la situación de la gestión de los RSU en San Pedro Tlanixco, se evidencia una tendencia al incremento de la problemática sobre la gestión de los residuos, y por ende sus impactos negativos. Además, la mayoría de los actores que participaron en el muestreo y entrevistas, manifestaron su interés para actuar al respecto, de ahí que en este apartado se expone una propuesta orientada a la acción, a partir de un fundamento conceptual, jurídico y metodológico, requeridos para la formulación de un programa de gestión de residuos sólidos urbanos bajo la perspectiva del desarrollo sustentable.

El programa abarca seis apartados los cuales tratan diversos aspectos: la remediación de los sitios de disposición final que existen actualmente en la comunidad; el manejo de los RSU, la educación ambiental, la organización social, la normatividad y los requerimientos materiales y fuentes de financiamiento.

5.1. Remediación de los sitios de disposición final

A partir del diagnóstico descrito en apartado anterior, se identifica que los impactos negativos de los dieciséis vertederos a cielo abierto distribuidos en la comunidad, son un potencial de contaminación nociva para las actuales y futuras generaciones. Los actores desconocen las cantidades con precisión, los efectos y la magnitud del impacto RSU en la naturaleza, y en la salud de ellos mismos. Las personas que se muestran más preocupadas son las que viven a la orilla de los barrancos, las cuales además de encontrarse con un mayor peligro por establecerse en zonas irregulares, reciben directamente los olores y evaporación de los lixiviados y la proliferación de roedores.

La remediación de los sitios de disposición final puede llevarse a cabo en tres sentidos: rehabilitarlo, clausurarlo y sanearlo ambientalmente; para ello se basará en el *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*, (Gobierno del Estado de México & Agencia Alemán de Cooperación Técnica, 2000, p. 5), donde establece la toma de decisión para un adecuado trato a los tiraderos dependiendo su condición, que dicho manual define como:

Rehabilitación: Es la acción de recuperar o restituir la capacidad de un sitio de disposición final para continuar con el confinamiento de residuos sólidos municipales, siempre y cuando se cumpla con un mínimo de requisitos en cuanto a la capacidad volumétrica del sitio, forma de operación, mecanismos de control, protección al ambiente y a la salud pública.

Clausura: Etapas correspondientes al cierre definitivo de un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales al término de su vida útil, cumpliendo con los requisitos mínimos para procurar la estabilidad, monitoreo sanitario y ambiental a largo plazo.

Saneamiento ambiental: Acciones de remediación y reparación tendientes a devolver, mediante el control ambiental, las características naturales al sitio utilizado como depósito final de los residuos sólidos municipales, una vez que este ha sido clausurado, de manera tal que esté en armonía con el entorno y no ofrezca riesgos a la salud de la población ni de contaminación al ambiente.

El manual citado, plantea una metodología para identificar las necesidades de cada sitio, consiste en indagar si se tiene un lugar de disposición final propio del municipio, si se tienen evaluaciones del riesgo ambiental y en qué categoría se clasificaría: relleno sanitario, sitio de disposición controlado, no controlado e inadecuado, definir si este puede ser controlado o no, e implementar las operaciones necesarias buscando que todos operen conforme a la normatividad y en caso de estar saturado, no contar con las características

adecuadas o no tener permiso de depósito en otro municipio, identificar un nuevo sitio de disposición final.

Una vez identificada la necesidad se procede a la elaboración de estudios previos con relación a la geofísica y geohidrología, topografía, análisis de lixiviados, biogás y agua subterránea, climatología y meteorología y mecánica de suelos. Esos estudios se ocupan tanto en rehabilitación, saneamiento y clausura; los tres involucran el control de lixiviados, biogás, aguas pluviales, el control y la vigilancia, la cubierta final; en el caso de saneamiento y clausura, la vegetación, el monitoreo ambiental y las estructuras de control. También en la rehabilitación se necesita de acuerdo con las dimensiones del lugar, las vías de acceso, el espacio disponible y la pendiente; determinar el cálculo de la vida útil, la evaluación del impacto ambiental, la impermeabilización de nuevas áreas, así como el plan de movimiento y estabilización de los residuos.

En San Pedro Tlanixco, ninguno de los sitios cuenta con los estudios pertinentes para catalogar qué tipo de tratamiento podrían recibir, además se dificulta seguir estrictamente las indicaciones normativas debido al tamaño en volumen, extensión territorial y situación financiera con la que cuenta la comunidad. En este sentido, para definir la situación que requiere cada tiradero, se basó en los siguientes criterios: la profundidad, pendientes, su extensión, vías de acceso, la cercanía a la población. Los criterios se aplicaron evaluando la condición de cada sitio; la profundidad fue considerada para una buena ejecución del trabajo, pues a mayor altura mayores dificultades de acceso, dos de los sitios considerando alturas de más de 20 metros, en relación con la pendiente, cuentan con caída recta y están en constante erosión pluvial, lo que pone en riesgo el deslave por la vibración de los autos. Los sitios que cuentan con menor profundidad y con una pendiente moderada, sí son aptos para labores de operación, estos cuentan con una extensión menor que propicia un mayor control de las actividades, y aunque todos cuentan con vías de acceso en su mayoría pavimentadas, algunos sitios tienen riesgo de derrumbe. De ahí se determinó que la remediación a éstos sería con las categorías siguientes:

Tabla 14 Remediación de los sitios actuales de disposición final

Remediación de los sitios actuales de disposición final		
Rehabilitación	Clausura	Saneamiento
Clínica	La lomita	Donotzin
El panteón	San Isidro	Los lavaderos
Barranca mocha	El depósito	El zarzal
	Piedra blanca	El puente 2
	La joya	El puente 1
	Camino a San	La colonia
	Román y prolongación	Barranca seca
	El paso	El río

Fuente: Elaboración propia, 2022

Para todos los procesos de rehabilitación son necesarios estudios referidos a las características del sitio, los cuales representan costos a la población, que de manera inmediata no puede llevar a cabo, sin embargo, se propone tomar medidas informativas y preventivas como son: el exterminio de roedores y artrópodos, cubrimiento con tierra y apisonado de todos los tiraderos a cielo abierto, así como el encerramiento y visos de prensa y cartel de clausura

5.2. El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó los *Lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios*, (2018b, p. 6) cuyo objetivo es fomentar la gestión integral de los RSU y ME en el país, a través de estudios o programas, así como el desarrollo de infraestructura de los sistemas de recolección, transporte y disposición final, y el aprovechamiento material o energético de residuos, mediante el acceso a recursos económicos, sin embargo, estos lineamientos se dirigen a los ayuntamientos, no a nivel localidad. Es importante impulsar administrativa y jurídicamente acciones desde lo local, pues es este ámbito el más próximo con los generadores de residuos y a su vez con los actores que pueden revertir el problema, pero no cuentan con infraestructura y por el tamaño de generación no son vistas como prioridad, menospreciando el daño que se genera a partir de su disposición de residuos inadecuada. Al brindarle a las localidades herramientas para que puedan desarrollar formas de manejo de residuos propias dentro de sus capacidades y costumbres, la dinámica de los residuos se vería modificada, erradicando el problema desde el origen.

5.2.1 Generación

El patrón de consumo en la localidad de San Pedro Tlanixco se ha modificado drásticamente en los últimos años, se han desplazado las prácticas tradicionales de consumo y uso común por el uso de las de mayor facilidad y comodidad. Algunos de los habitantes aún utilizan métodos que evitan la degradación acelerada del ambiente, sin embargo, las nuevas generaciones privilegian el “comprar y tirar”, para ello es necesario que se trabaje en estrategias que favorezcan la reducción de la generación de residuos en los diferentes ámbitos.

Reducción del consumo de plásticos

De los más utilizados son las bolsas de todos los tamaños, estas llegan a los hogares desde diferentes establecimientos y en caso de los establecimientos de comida, carnicerías y pollerías, el uso del poli papel también representan un gran nivel de consumo, por lo que habría que optar por nuevas opciones como son:

-Incentivar el uso de las bolsas de “mandado” o canastos para ir por la compra, esto mediante recursos gráficos pegados en los comercios recordando que deben llevar estos productos.

- Reincorporar el uso de recipientes al comprar cosas a granel, así como en el refrigerio escolar o de trabajo.

- Optar por productos a granel con contenedores fijos, buscando que sea la mayoría de los productos del hogar posible para solo rellenarlos.

-Establecer incentivos locales para que las personas dejen de pedir bolsas o recipientes de unicel en los establecimientos, creando alianzas con los locatarios para poder ganar recompensas por dejar de usar plásticos de un solo uso.

Alternativas al pañal desechable

Un problema poco percibido es el del uso del pañal desechable, en la comunidad estos residuos junto con el papel sanitario representan un 19 por ciento de la generación total, teniendo el segundo lugar de producción después de los residuos orgánicos. De acuerdo con las cantidades de nacimientos anuales, generan un impacto considerable al ambiente. Por lo que se propone optar por pañales de tela en la medida de lo posible y optar por marcas ecológicas.

Fomento de consumo orgánico

La variedad de productos que ofrece el mercado y su practicidad ha reducido el consumo de verduras, carnes y frutas de temporada y de la comunidad, si bien los residuos orgánicos ocupan el 61 por ciento de todo lo producido en la comunidad, este podría aumentar si se volvieran a considerar los productos locales. además de favorecer la economía

y tener una alimentación más controlada. Para esto se sugiere fomentar el consumo de frutas y verduras de temporada, favorecer la compra de carnes en establecimientos locales y no productos procesados.

Separación de residuos

Un 70 por ciento de la población separa los residuos en orgánico e inorgánico, pero siguen dejando un margen de residuos orgánicos en la fracción inorgánica, es necesario alentar a la población a clasificar por lo menos en cinco fracciones: orgánico, inorgánico, valorizable (PET, cartón, aluminio, papel y metal), residuos sanitarios y residuos peligrosos.

Esta clasificación aplicándola en los hogares, en las instituciones educativas y de asistencia social, son un punto muy importante en la generación, pues al concentrar una alta cantidad de personas generan altas cantidades de residuos, la implementación de tres botes de basura en las aulas sería una estrategia de separación y aprovechamiento, pues si se van separando los residuos desde la fuente en este caso hojas de papel y restos de lápices en su mayoría, se pueden ir acopiando para una posterior venta. Y una vez dominando este hábito, que incluye a alumnos, docentes, administrativos e intendentes, se espera un efecto dominó, que sea replicado por los alumnos en casa y los padres a la vez aprendan y se hagan parte de ese hábito de separación.

Adecuada disposición de residuos peligrosos

En el muestreo de residuos se identificó la presencia de residuos peligrosos, en mayor medida biológico infecciosos y pilas, por lo que estos deben tener un espacio especial en la separación del hogar que les permita saber lo que dan en el servicio de limpieza. De tal manera que los residuos punzo cortantes como navajas de rasurar, agujas de jeringas y en otro caso pilas, se acopien en recipientes de plástico duro para evitar accidentes y que se tenga solo un recipiente de ese material, posteriormente todos estos residuos ponerlos en una bolsa roja para advertir que se trata de estos residuos.

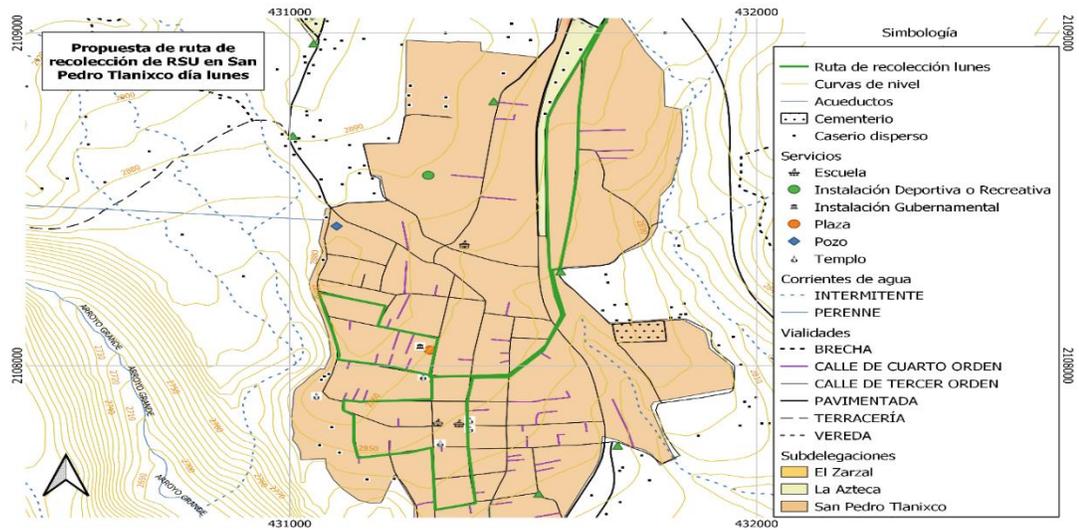
No solo es importante reducir la generación de residuos, sino también clasificarla respectivamente, la comunidad conserva trabajos de agricultura, ganadería y cría de animales, los residuos orgánicos son utilizados por la mayoría de la población para los animales caseros o las plantas, existen hogares que no tienen ninguna de estas necesidades por lo que es importante contar con apartados en el camión o camioneta recolectora para seccionar los residuos y que pueda llevarse de la mejor manera los residuos separados para su venta, claro está que esto depende de que la población empiece a separar sus residuos para evitar contratiempos en la recolección, el camión recolector actual es compactador y no cuenta con separación para orgánico e inorgánico.

5.2.2. Recolección

Las rutas de recolección deben ser planificadas y ejecutadas conforme a ciertos criterios para que su función se cumpla de la mejor manera, la Secretaría de Desarrollo Social (2001, pp. 76,77) estableció una serie de reglas para hacer más eficiente esta labor.

A partir de dichas reglas, se establecen tres rutas de recolección (ver figura 20): la primera inicia el lunes con la recolección de residuos de la zona centro de la comunidad priorizando “La Lomita”, zona antes rezagada a la que se acudía en gran parte a depositar los residuos en la barranca Camino a San Román, también cubre parte del centro y entrada de la comunidad. El método de recolección a aplicar es mixto, pues involucra el método de acera que implica que los recolectores tomen los residuos dispuestos previamente en las puertas de las casas, así mismo recabarían los residuos dispuestos en los contenedores de cada ruta.

Figura 20 Propuesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco lunes

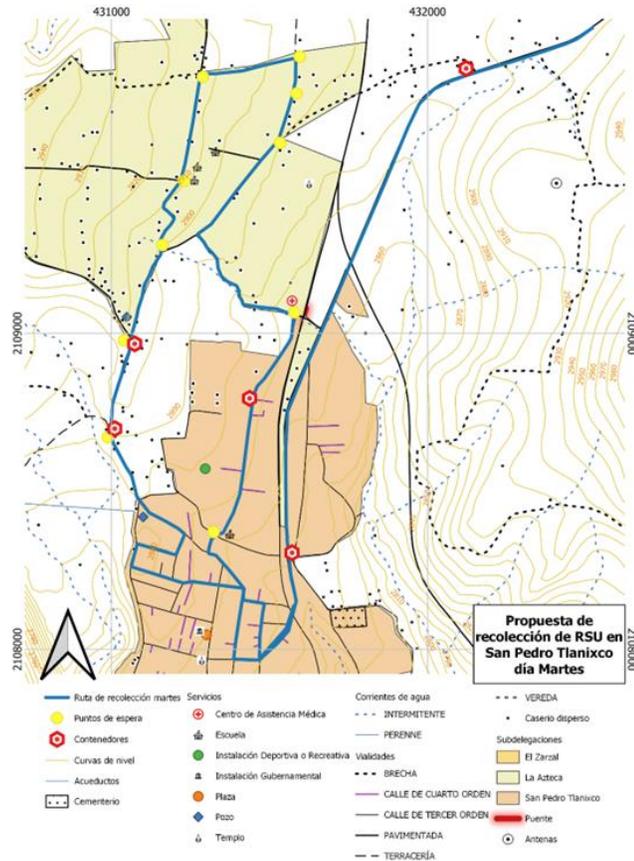


Fuente: Elaboración propia, 2022 con base en INEGI 2020

La segunda ruta de recolección es en La Azteca, colonia rezagada cuya deficiencia de servicio causa que la mayor parte de la población incinere sus residuos. El martes se asigna a esta zona, así mismo se dispondrán cinco contenedores, ya que las cuadradas existentes cuentan con un área muy amplia, esto facilitará a los vecinos que no cuenten con tiempo y horario de llevar los residuos cuando pasa el camión, un contenedor que les permita depositarlos.

Como medida adicional se aumenta el tiempo de espera de 3 a 5 minutos en cada vértice que una a cuatro manzanas para que la población no tan cercana a la cuadra tenga tiempo de trasladar sus residuos.

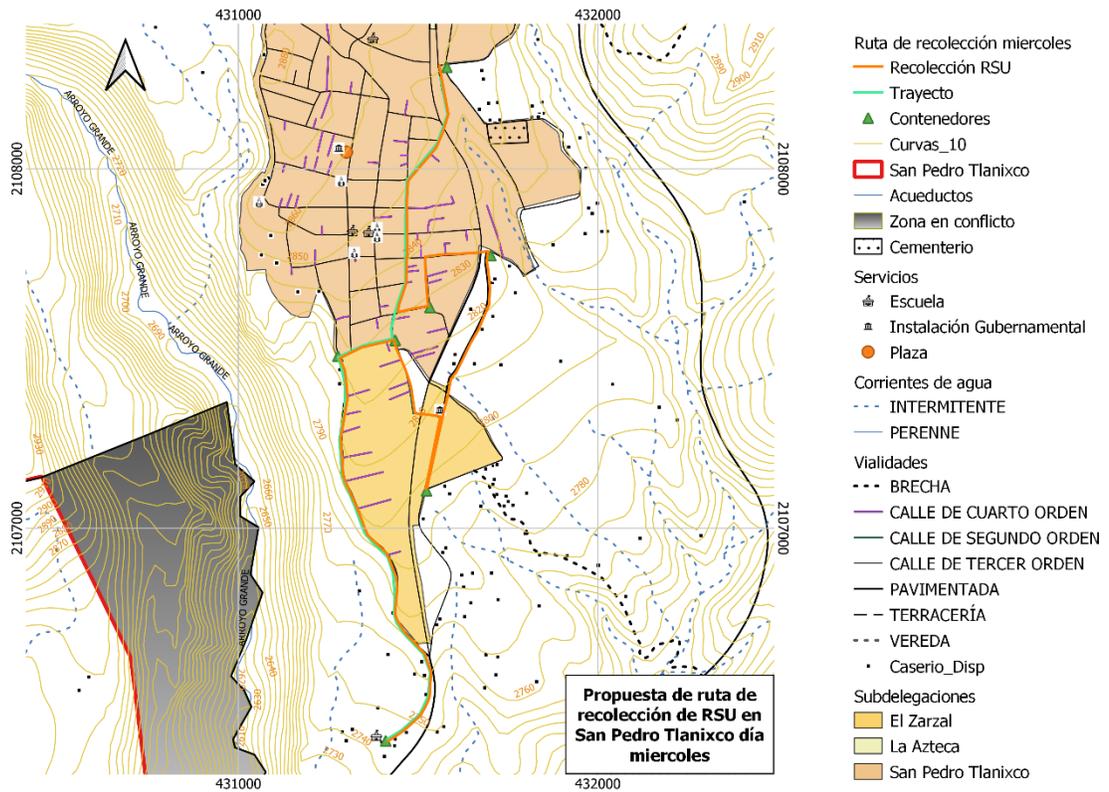
Figura 21 puesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco martes



Fuente: Elaboración propia, 2022 con base en INEGI 2020

Como tercera ruta se tienen contemplada la zona de El Zarzal, San Cristóbal, San José y un contenedor cerca de San Miguel, esta se llevará a cabo el miércoles y consta del ingreso del vehículo sin recolección y una vez en la escuela del zarzal comenzar la recolección pasando por las colonias antes mencionadas y recolectando los residuos del contenedor de “Camino al panteón”.

Figura 22 Propuesta de ruta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco miércoles



Fuente: Elaboración propia, 2022 con base en INEGI 2020.

Puntos de recolección por contenedores

Las colonias periféricas de la comunidad aún no están completamente consolidadas, no existe un trazo de las manzanas, los asentamientos humanos se dispersan de forma irregular por lo que es necesario el establecimiento de contenedores, para que la comunidad deposite sus residuos cuando puedan sin que esto represente un traslado significativo ni para ellos ni para el servicio de recolección.

Los contenedores deben ser de una capacidad considerable, pues las rutas planteadas responden a donde se concentra la mayoría de la población, pero existe caserío disperso cuya distancia de traslado es lejana y no alcanza el tiempo de espera del camión, se plantean contenedores de 2000 lt porque además de recabar los residuos de las zonas lejas, se depositarían también los residuos de las casas rezagadas, que no estuvieron el día de

recolección, las medidas serían de 2 m de frente, 1 m de alto y 1 m de ancho, además de contar con dos puertas, una superior y lateral, la superior para evitar que la fauna extraiga los residuos, así como la propagación de olores y la lateral para una mejor manipulación de los residuos, además de que debe contar al menos con tres secciones de separación (orgánico, inorgánico y valorizable), tomando en cuenta la construcción manual de los contenedores con material de reúso de cualquier tipo con los que cuente la comunidad, debido a anteriores incidentes con los mismos, por lo cual es importante concientizar a la población sobre su cuidado y uso común.

La ubicación de los diez contenedores es de norte a sur, los que se colorarán sobre la acera sin que comprometa la movilidad de los peatones ni automóviles, dos de estas ubicaciones serán frente a los tiraderos a cielo abierto, debido a la costumbre de la población en el depósito en estos sitios.

Los demás contenedores ubicados dentro de la ruta de recolección se pensaron para las personas rezagadas, que viven al fondo de las manzanas y no alcanzaron a depositar sus residuos en el camión en el día indicado, para que haya un espacio donde puedan dejarlos sin comprometer al ambiente ni a los vecinos.

La última localización del contenedor sería sobre la avenida Tlanixco a la altura de la capilla del Señor de la Misericordia, este lugar se eligió porque forma parte de La Azteca, subdelegación que cuenta con 1,836 habitantes, está dividida por la autopista y de lado este no recibe ningún servicio de recolección. Los habitantes indican que el desecho de sus residuos es variado dependiendo a donde vayan, si van a sus parcelas rumbo a San Román o La Joya, se llevan sus residuos para pasarlos a tirar ahí, si no, lo tiran en un baldío cercano o se van a El Guarda en el que hay un barranco pequeño donde pueden depositarlos. Al no existir un lugar exclusivo donde estas personas depositen sus residuos, se tomó en consideración ponerla cercana a la carretera, considerando que la distancia de la mayoría de las casas a esta zona es menor que los barrancos donde la depositan, además de que la avenida Tlanixco es la entrada principal de la comunidad y sin problema el camión recolector podría recoger los residuos.

Con un nuevo sistema de recolección se adaptaría una ruta para la colonia San Román que no cuenta con ningún servicio de este tipo y a la que se planteó una estación de transferencia, sin embargo, es necesario realizar una investigación propia de este lugar para realizar propuestas, aun así, la colonia se contempla dentro del proyecto.

5.2.3. Transporte

Si bien las vías de comunicación son instalaciones necesarias para la movilidad de una comunidad, la zona urbana de San Pedro Tlanixco está cortada por la autopista de cuota Tenango-Ixtapan de la Sal y esto repercute en una inadecuada movilidad interna de población debido a que cuenta con puentes vehiculares de muy baja altura por los cuales no puede ingresar un camión recolector, posiblemente con un poco de dificultad camionetas de tres toneladas, y eso hace un tanto difícil la recolección en esas zonas que conforma a las colonias San José, San Cristóbal y una parte de El Zarzal, donde habitan 500 personas aproximadamente, lo que equivale a 200 kg de basura al día, por lo que en esta zona tendría que utilizarse una camioneta de menor altura, las camionetas de tres toneladas cuentan con una altura promedio que le permite acceder a estos sitios.

Figura 23 Propuesta de camioneta de recolección de tres toneladas de capacidad



Fuente: Seminuevos.com

San Pedro Tlanixco se encuentra a 5km del sitio de disposición final de la actual Constructora y Operadora de Rellenos Sanitario S.A. de C.V.; lo que involucra menores

costos de traslado, situación que se puede reducir aún más al tener un sitio de disposición final propio de la comunidad, ya que “la recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90 por ciento del costo total” (Jaramillo, 2002, p. 21). Este punto es clave para presentar ante el municipio, ya que en términos de inversión y eficiencia, que en las localidades existan condiciones para poder tratar y depositar adecuadamente los residuos, es más factible para el municipio en cuestión de costos, y si la comunidad cuenta con disposición al trabajo colaborativo se pueden crear alianzas que beneficien a ambos participantes.

5.2.4. Disposición final

Sobre la disposición final, en los capítulos anteriores se apreció la necesidad de cambiar las prácticas actuales del desecho de los residuos, se analizó el espacio físico que ocupan los tiraderos a cielo abierto y los daños que ocasionan en el ambiente y la población, además de identificar la cantidad de residuos generados y su composición.

Para el diseño de una disposición final sustentable se deben considerar los aspectos económicos para saber si se tienen o no los recursos necesarios para implementarlo y mantenerlo; los ambientales para conocer las características del sitio y asegurar un poco o nula afectación a la naturaleza; lo social para reconocer las necesidades de la población y satisfacerlas adecuadamente; lo político para evaluar los requerimientos necesarios y gestionar apoyo para su implementación y requerimientos; y lo cultural para conocer la aceptación que tiene o no de la población, así como su eficiencia. Al contemplar estos elementos se puede anticipar la rentabilidad y funcionalidad de la propuesta de una forma de disponer. Y trayéndolo a la comunidad abría que describir con las características antes citadas con las que se cuenta.

Como se describió en el primer apartado, el relleno sanitario manual es una alternativa propuesta para comunidades con población menor a 30,000 habitantes y con generaciones menores a 15 toneladas diarias, estas instalaciones son factibles para la comunidad que no cuenta con recursos financieros, ni técnicos para la construcción de los rellenos sanitarios

convencionales, y que existen estas necesidades de disposición propia debido al rezago o nulo servicio de recolección, estas características se identifican en la zona de estudio, pues a pesar de la cercanía con el relleno sanitario, no existen condiciones de recolección propias para poder trasladar los residuos. El implemento de estos sistemas locales de disposición final lleva consigo todo el manejo de los residuos sólidos urbanos, pues al ser una alternativa local, la comunidad se organiza y decide el modo de operación de las demás fases, todo esto buscando ser autónomo e independiente, dadas las carencias que pueden presentarse con los cambios en las administraciones municipales.

5.2.4.1 Definición del lugar

Para la selección del sitio se deberán preferir aquellos lugares donde se cumpla con las normas vigentes, los requerimientos sociales, naturales y económicos necesarios. En muy pocas ocasiones un terreno reunirá todas las condiciones ideales para la construcción de un relleno sanitario. Por lo tanto, se debe elegir aquellos que presenten las mejores características y analizar sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles, (Jaramillo, 2002, p. 61).

De los requerimientos establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 las condiciones que existen en la comunidad y que fueron tomadas en cuenta para la elaboración del mapa de restricciones son: áreas naturales protegidas, distancia de la urbanización, fallas geológicas, zonas de inundación, cuerpos de agua y pozos de extracción. Otros factores adicionales que se utilizaron para la elaboración de este mapa fueron los acueductos y las pendientes debido a la importancia para la estabilidad del sitio de disposición final. Con la evaluación multicriterio se definieron las áreas con distancias de más de 500 m para poder cumplir con esta norma, para ello se reclasificaron las capas estableciendo dos opciones: los lugares que se encuentren de 0 a 500 metros del factor se le asignó un valor de 0 lo que indica que esa zona no es apta, y el espacio que tenga una distancia de más de 500 metros del factor se pondera en 1 sitios donde si se cumple con la norma.

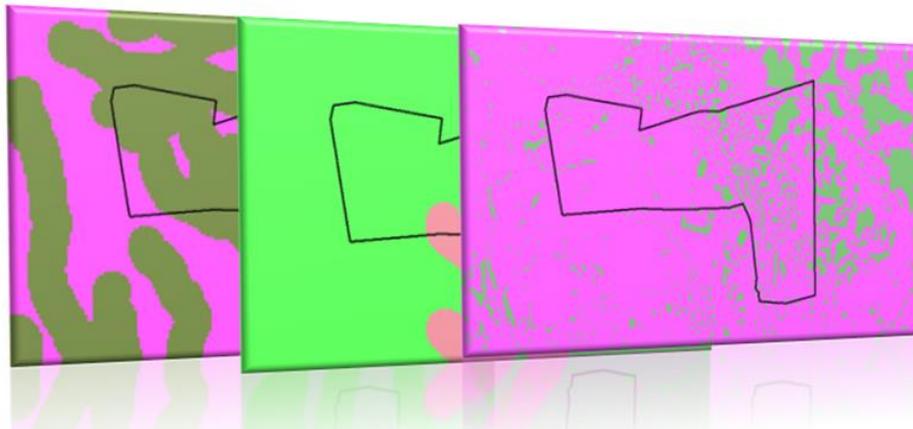
Figura 24 Ejemplo de la reclasificación de la capa de pendientes para la EMC



Fuente: elaboración propia, 2022

Después de llevar a cabo las reclasificaciones en cada capa requerida, se realizó una multiplicación de las capas para finalmente mostrar los sitios que son y no son aptos para la disposición final.

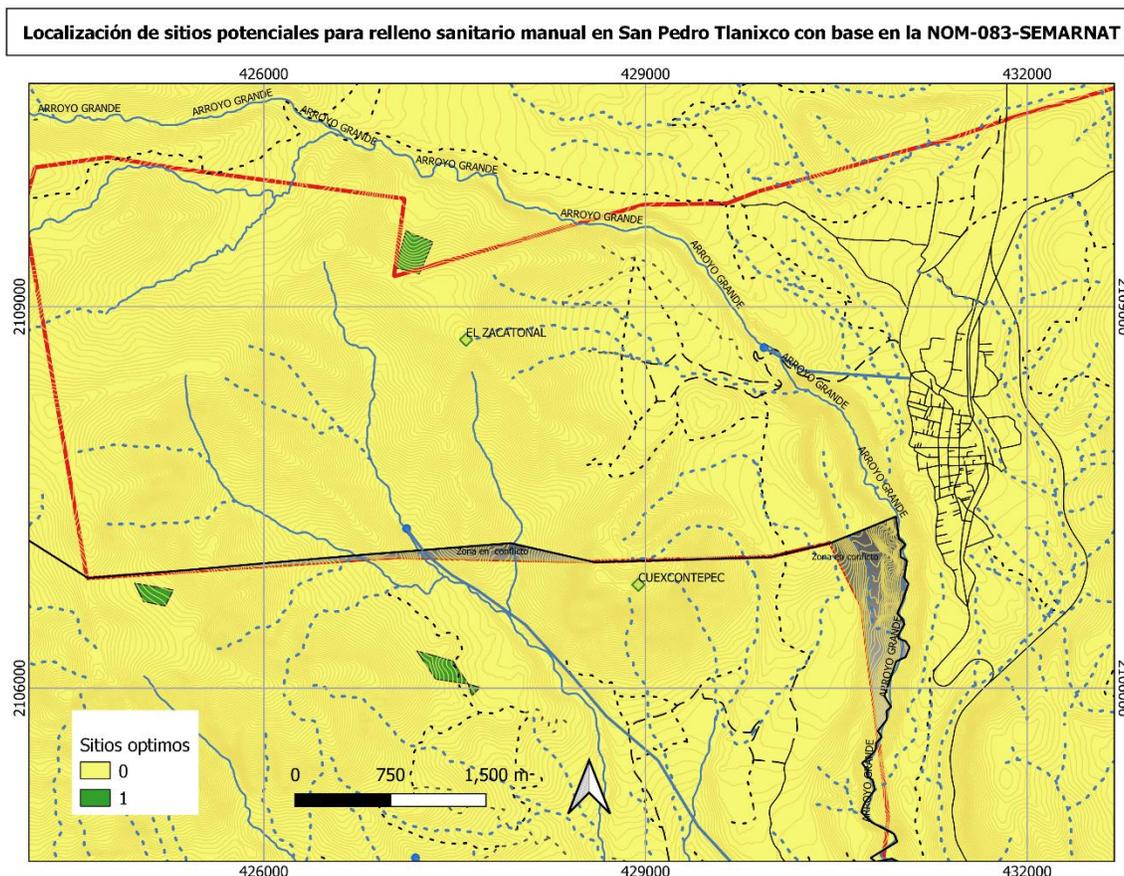
Figura 25 Ejemplo de las capas realizadas para la EMC



Fuente: elaboración propia, 2020

Con la elaboración del mapa de restricciones con las especificaciones dadas por la SEMARNAT el mapa resultante es el siguiente:

Figura 26 Localización de sitios potenciales con base en la NOM 083 SEMARNAT



Fuente: elaboración propia con base en el marco geostadístico INEGI 2020, noviembre 2022

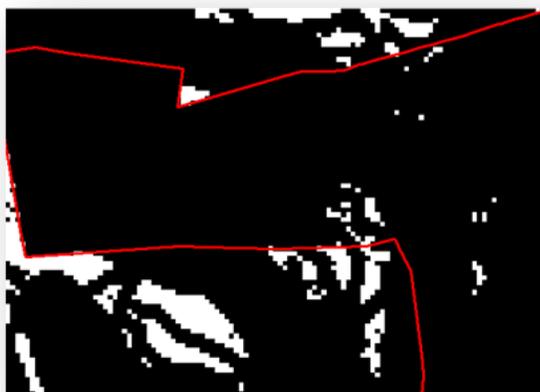
Como se puede apreciar no existen zonas óptimas con las cualidades establecidas por la NOM para un sitio de disposición final en la zona de estudio, principalmente por las corrientes y elevaciones. Las tres zonas identificadas se encuentran fuera del polígono ejidal de la comunidad, lo que significaría relación con las localidades vecinas para un posible acuerdo, sin embargo, estas se encuentran a una distancia considerable de la comunidad y con vías de acceso con pocas condiciones para una buena ejecución de este.

Por otro lado, considerando que

No existe consenso sobre una distancia mínima entre un relleno y un centro poblado que garantice la ausencia de riesgos para la salud y el ambiente, pues mucho depende de la disponibilidad de terrenos adecuados, de la topografía del lugar, de la cantidad y calidad de residuos que se van a disponer, de la vida útil del sitio y, sobre todo, del tipo de infraestructura que tendrá el relleno para evitar o mitigar los efectos negativos. En un poblado pequeño el sitio no debe estar a más de 30 minutos de ida y regreso del centro del poblado, (Jaramillo, 2002, p 65).

Los elementos que limitan la localización son la distancia al área urbana y las corrientes, si bien la NOM 083 indica que debe encontrarse a una distancia de 500m de cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, no específica a qué distancia de corrientes intermitentes, dado el relieve de la localidad la mayoría de las corrientes son de tipo intermitente por lo que se consideró tomar una distancia de 100m de las corrientes. Para el caso de la zona urbana como se indicó anteriormente, no existe el consenso sobre una distancia mínima ya que esto involucra más factores que solo la distancia, es decir las condiciones del terreno, la dirección del viento, las protecciones ambientales que se le darán al lugar y el adecuado funcionamiento del sitio. Es importante destacar que para los rellenos de tipo manual y en este caso comunitario, es fundamental la participación de la población como agente activo en todo el proceso por lo que se estima que a distancias más cercanas a la población se cuente con mayor participación de esta. Con estas condiciones se consideró una distancia de 100m de la traza urbana al sitio, realizando el mismo procedimiento de reclasificación solo que con la modificación de estos dos rubros lo que arrojó el siguiente resultado:

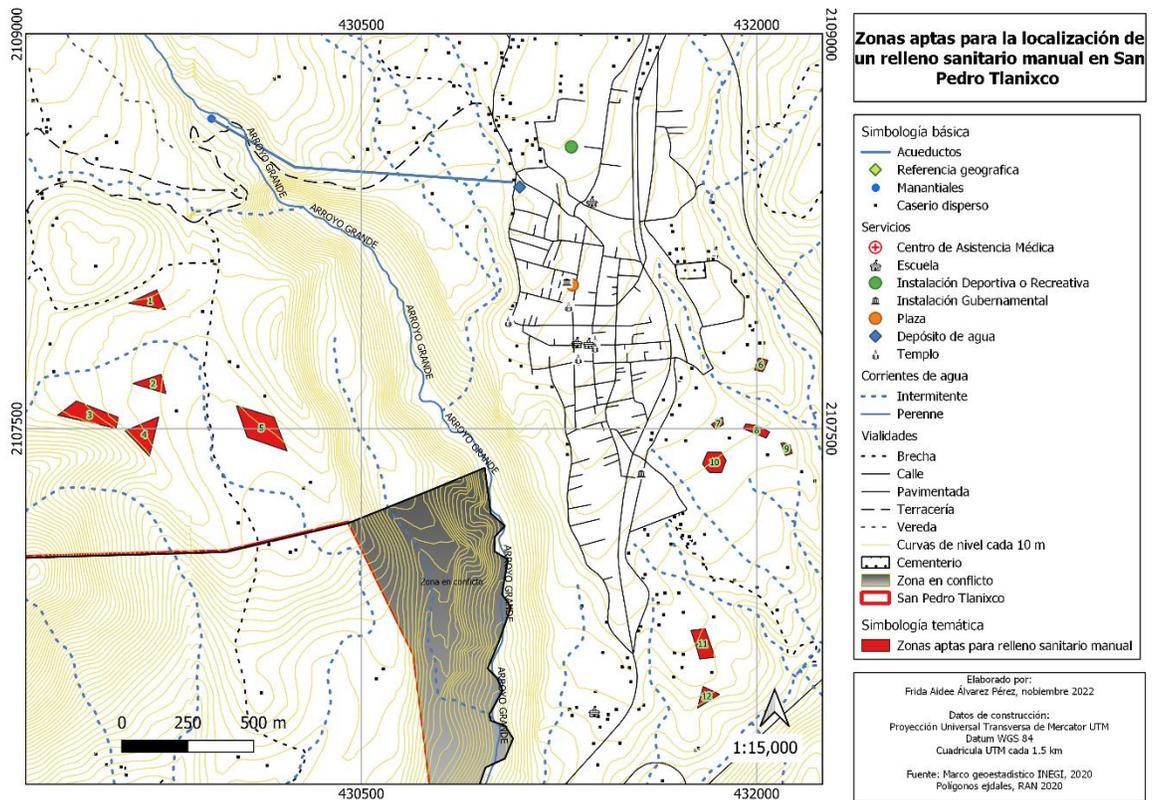
Figura 27 Imagen de localización de sitios potenciales para relleno sanitario manual, resultado del AMC con modificado



Fuente: elaboración propia noviembre 2022

Considerando la zona blanca como apta y la negra como no apta, los resultados vuelven a indicar que en el polígono ejidal no se localizan muchas zonas con los requerimientos necesarios, sin embargo, trasladando el resultado enfocándose en la zona de estudio, se pudieron identificar 12 polígonos aptos para la actividad requerida (para una mejor visualización consulte el anexo cartográfico).

Figura 28 Localización de sitios óptimos para un relleno sanitario manual en San Pedro Tlanixco



Fuente: elaboración propia noviembre 2022 con base en datos de INEGI 2020

La ubicación de todos los sitios resultantes respecto al Plan de Desarrollo Municipal se localiza en zona agrícola, si bien se debe priorizar la localización de estos sitios en áreas de vegetación secundaria arbustiva para no modificar drásticamente el paisaje y no intervenir

en las actividades primarias, en este caso tienen repercusiones económicas que son importantes considerar en el planteamiento del proyecto ante las autoridades.

La extensión de estos sitios va desde los 2,947 m² hasta los 61,339 m² es decir 6 hectáreas. A continuación, se describe cada uno para identificar en qué condiciones se encuentran y elegir la que cumpla en su mayoría con una disposición final sustentable.

Sitio No. 1 Se localiza al suroeste de la localidad, en el paraje La Ocotatera, cuenta con una extensión de 4,877m², tiene una pendiente moderada, no colinda con caserío disperso, se encuentra a 15m de terracería y a 2,700m de calle pavimentada, para llegar se tiene que cruzar directamente por el río grande (corriente perenne de bajo afluente) ya que no existe un puente, el tiempo estimado de traslado del centro de la comunidad a este sitio es de 1 hora 20 minutos viaje redondo aproximadamente.

Sitio No. 2, 3, 4, 5 Se encuentran al suroeste de la localidad, en el paraje La Ocotatera tienen 4220m², 12249 m², 8605m², 16079m² respectivamente, los sitios 3 y 4 cuentan con una pendiente alta, mientras que en los sitios 2 y 5 la pendiente es baja. Existe escaso caserío disperso y se encuentran a 100m de terracería en promedio y a 2700m de calle pavimentada, para llegar se tiene que cruzar directamente por el río grande (corriente perenne de bajo afluente) ya que no existe un puente, el tiempo estimado de traslado del centro de la comunidad a estos sitios es de 1 hora 30 min viaje redondo aproximadamente.

Sitio No. 6 Ubicado al este de la localidad en la colonia San Miguel, cuenta con 1670m², tiene una pendiente media, se encuentra a 2810msnm, colinda con caserío disperso al norte, se encuentra a 550m de calle pavimentada.

Sitio No. 7 Se encuentra al sur de la localidad en la colonia San José, cuenta con una extensión de 1033 m², terreno plano, colinda con caserío disperso al este y sur, se localiza a 200m de calle pavimentada.

Sitio No. 8 Localizado al sur en el paraje El Paso, cuenta con 2549m² de extensión, es un terreno plano, colinda con caserío disperso al norte, oeste y sur. En visita a campo se

identifica una construcción en el medio del polígono, no está habitada, sin embargo, esto implica mayor costo para su remoción, la vía más cercana de acceso se localiza a 60 m del sitio, pero este camino es susceptible a deslave, debido a que la orilla del barranco por donde se sitúa sufre erosión hídrica lo que presenta un riesgo por la constante vibración de los autos, la otra alternativa de entrada se localiza a 400m de calle pavimentada.

Sitio No. 9 Ubicado al sur de la localidad en el paraje El Paso, cuenta con una extensión de 1228m², colinda con dos casas una al sur y otra al suroeste, tiene una baja pendiente, está en la misma zona de riesgo que el sitio 8 es su única vía de acceso que está a 650m de calle pavimentada.

Sitio No. 10 Encontrado al sur de la localidad de estudio, en el paraje El Paso, cuenta con una extensión de 5373m², con caserío disperso al norte y sur, tiene una pendiente baja y se encuentra a 300m de calle pavimentada, en la visita a campo se visualizan dos nuevas construcciones dentro del polígono seleccionado por lo que se descarta totalmente esta opción.

Sitio No. 11 Ubicado al sur de la localidad, en la colonia El Zarzal, cuenta con 6202m², colinda con caserío disperso al norte, oeste y sur, pendiente moderada, cuenta acceso de terracería a 280m de calle pavimentada.

Sitio No. 12. La encontramos al sur de la localidad en la colonia El Zarzal, el sitio fue considerado porque cumple con los requerimientos de distancias de la NOM sin embargo cuenta con una pendiente alta, por lo que complicaría los trabajos de ejecución del relleno.

En los 12 sitios se aprecia caserío disperso unos a mayor distancia que otros, como prevención se tomó una distancia mínima de 50m del caserío disperso a cada sitio. Los primeros cinco sitios localizados cumplen en un 90 por ciento de los requerimientos de la NOM 083, esto debido a que se modificó la distancia de corrientes intermitentes a 100m en lugar de 500m; respecto a los otros factores los cumple cabalmente, sin embargo, se localiza al extremo oeste de la zona urbana cruzando el río principal de la comunidad por el cual no

existe la estructura de un puente que permita atravesarlo sin contacto directo esto representa un riesgo de contaminación, además de que el recorrido es sinuoso y el tiempo de traslado es significativo de 40 a 45 minutos aproximadamente desde el centro de la localidad solo de ida, lo que representa en términos de organización y vigilancia mayor dificultad para la población debido a la lejanía por lo que se descartaron estos sitios.

Otro factor importante para la toma de decisión de la localización del sitio potencial de disposición final fue la visita a campo para verificar que todo se cumpla. Para los sitios 6, 8 y 10 existe un inconveniente ya que se realizó el buffer de 50m con caserío disperso, pero ya existen nuevas construcciones a menor distancia de la establecida, dos de ellas dentro del polígono elegido, lo que descarta estos sitios.

El sitio número 9 se encuentra cercano a la localidad, tiene caserío disperso al oeste y sur, sin embargo, el camino de acceso principal se encuentra por zona de deslave es terracería con difícil acceso y en época de lluvias esto empeora, se planteó crear otro acceso desde la colonia San Cristóbal, pero el relieve también lo dificulta y requeriría mayores costos de inversión por lo que se descartó este sitio.

Hasta este punto quedan disponibles los sitios 7 y 11, de los cuales se consideró el tamaño, realizando el cálculo del volumen y área requerido para el relleno sanitario, proyectado para 10 años de utilidad y considerando la cantidad de residuos generados su densidad suelta, compactada y estabilizada, así como el material de cobertura, resultó un área de 1931m². Cabe destacar que este resultado es considerando una altura de 4m para la deposición de residuos. Comparando las extensiones de los sitios 7 y 11 el único que cumple con el área requerida es el sitio 11.

Figura 29 Imagen satelital del sitio 11



Fuente: Google earth

El polígono rojo es resultado del análisis multicriterio y tiene una extensión de 6202m² que pertenecen a más de diez propietarios, que en términos de adquisición del terreno puede ser desfavorable por las diversas opiniones que pueden surgir, por lo que se redujo el polígono ajustándolo al camino de acceso, reduciéndolo a 3018m², área mayor a la necesitada pero que se ajusta a la traza ya establecida, estableciéndose en 7 parcelas, existe un canal en la entrada principal al terreno, este está entubado por lo que no habría necesidad de mayor equipamiento.

Una vez elegido el sitio adecuado para la disposición final, es necesario tomar en cuenta los aspectos de construcción y mantenimiento del relleno sanitario para identificar los pros y contras del sitio.

5.2.4.2. Construcción y mantenimiento del relleno sanitario manual

El relleno sanitario manual se caracteriza por ser de un proceso de operación sencillo sin la necesidad de maquinaria pesada para su operación diaria, solo para los trabajos iniciales de adecuación del terreno. El método de trinchera es el recomendable para una zona plana, este método consiste en excavar periódicamente zanjas de dos a cuatro metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Los RS se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. La altura de las celdas

depende de la cercanía al nivel freático, se proponen 4m debido a que esta zona es utilizada para siembra de flor y los floricultores realizan pozos de captación de agua de lluvia y de riego que van de 2 a 4m, no se ha encontrado registro de agua subterránea, sin embargo, se recomienda realizar un estudio de a mayor detalle en la zona propuesta.

Específicamente el proceso en la construcción del relleno sanitario manual en el sitio
11

“El Zarzal” sería la siguiente:

- **Preparación del terreno**

Limpieza y desmonte: la zona es florícola y dentro del polígono destinado se encuentra un invernadero y dos tapados, los cuales deben removerse, además de marcar el límite respecto a los accesos principales y las veredas existentes.

Encerramiento perimetral: se trata de la delimitación del espacio mediante una cerca perimetral con malla ciclónica que permita visualizar la extensión del sitio y cierre la misma con el fin de que los trabajos que se realicen tengan mayor seguridad.

Arborización perimetral: el sitio de disposición final debe contar con una cerca perimetral de árboles, los cuales deberán ser sembrados desde el inicio de la obra con el fin de crear una barrera que impida que los residuos se dispersen fuera del sitio, así como minimizar ruidos y olores.

Diseño del relleno: localización sobre un plano de todos los elementos que conformarán el relleno sanitario para distribuir espacios y prevenir incidentes. Para este punto se sugiere elaborar estudios topográficos y de suelo para determinar la eficacia del método seleccionado, valorar las distribuciones del terreno y planificar los drenajes pluviales y de lixiviados para minimizar la contaminación. Además de destinar una zona de clasificación de residuos para su valorización, así como posibles usos, a la par de la implementación del relleno sanitario, se propone una educación ambiental permanente que sugiere una separación previa de los residuos, si bien es necesario que se sigan reduciendo lo mayor posible los desechos depositados en el SDF.

- **Corte de taludes**

Preparación del suelo de soporte: es necesario traer el sustrato para la impermeabilización del terreno, debido que la zona no cuenta con material arcilloso por lo que este será traído de un banco de materiales, de la delegación de San Francisco Putla, ubicada en el mismo municipio a 10km de distancia de la zona de estudio, el material extraído sería feozem, el cual retiene el agua por su contenido en arcilla, dependiendo de la dimensión de la celda se calcula la cantidad de material para la impermeabilización.

- **Construcción de la infraestructura periférica:**

Drenaje pluvial y mejora de vías de acceso.

- **Construcción de la infraestructura del relleno:**

Camino internos, drenaje pluvial interno, drenaje de líquido lixiviado o percolado y drenaje de gases.

- **Construcción de la Caseta de control:**

Construcción de un área de al menos 10m², destinada para el control de ingreso de vehículos, zona descanso, lunch, vestidores y sanitarios. Esta debe estar equipada con una báscula con el fin de registrar el monto de residuos ingresados mediante bitácoras diarias, puede ser adquirida después del inicio de las actividades debido a su costo, es necesario que cuente también con un escritorio, sillas y accesorios para una mejor comodidad del encargado del área. El diseño y distribución del sanitario y vestidores dependerá del tamaño de la caseta. Finalmente, la instalación de la valla publicitaria o cartel de presentación.

- **Clausura**

Para la clausura del relleno sanitario, es necesario un periodo de información previa para hacer de conocimiento a la población de su clausura y las modificaciones que esto implica. Posteriormente se procede a la eliminación de fauna y aseguramiento de la protección ambiental, lo que requiere un control de lixiviados y biogás. Es necesario considerar el material de cobertura debido a que este es mayor a lo utilizado en la cobertura

de celdas, considerando que para la recuperación del sitio será necesario la plantación de pasto y arbustos de raíces cortas.

Como uso futuro del sitio se propone la realización de un parque recreativo, con zona de juegos infantiles, zona de comida, zona de descanso, bancas, andadores, ejercitadores, además de estantes de información acerca del relleno manual, así como el establecimiento de un área específica de educación ambiental, donde las personas integradas en el proceso de educación ambiental a lo largo del proyecto puedan emplear sus conocimientos y habilidades adquiridas. El uso futuro también dependerá de la perspectiva y necesidades de la población por lo que puede modificarse.

Desde el inicio, desarrollo y cierre del proyecto la comunidad se debe ir integrando para conformar los equipos necesarios para el uso y mantenimiento del sitio de disposición final como son: caseta de vigilancia, recolectores, compactadores, archivo y separación.

5.3. Educación ambiental para la acción.

Una vez identificado el problema, de donde viene, cómo y por qué se genera, se pueden buscar las soluciones pertinentes a cada momento. El análisis realizado en los apartados anteriores indica que hay un punto clave en el manejo de los residuos, desde la generación se puede minimizar el daño causado, para tratar este punto se puede iniciar con una campaña de educación ambiental que involucre a todos los sectores de la población para concientizarlos y propiciar en ellos un cambio hacia un consumo más responsable.

Se parte de la concepción de educación ambiental como un proceso permanente en el que los individuos y la comunidad cobran conciencia de su medio, adquieren los conocimientos, valores, competencias, experiencia y voluntad capaces de hacerlos actuar individual y colectivamente para resolver los problemas actuales y futuros del medio ambiente (CINEFA, 1987 como se citó en Secretaría del Medio Ambiente, et. Alt, 2010, p.1). En este sentido, se expondrán una serie de estrategias para fortalecer la enseñanza sobre la importancia de participar en la disminución de la generación de residuos nocivos a la

naturaleza, la clasificación de los residuos, la responsabilidad de respetar la forma de recolección, el cuidado del relleno sanitario propuesto, así como el cuidado de las instalaciones de este. Aunque la capacitación se orienta a la gestión de los residuos de manera directa, su impacto es para el medio ambiente.

La educación es dirigida a toda la población en general de la comunidad de San Pedro Tlanixco, este proceso va a desarrollarse mediante la educación no formal y se llevará a cabo durante las vacaciones de verano e invierno, ya que son estos momentos en los que la mayoría de población dispone de tiempo y cooperación para la realización de diferentes actividades.

La impartición de esta educación quedará en la responsabilidad de la asociación de maestros, los jóvenes y las organizaciones deportivas, además de los vecinos de los tiraderos a cielo abierto que durante la presente investigación se mostraron interesados en colaborar. Cada educador puede implementar las técnicas usadas en sus ámbitos para una explicación asertiva, utilizando siempre los conocimientos comunitarios y cotidianos, creando un ambiente armónico donde se reconozcan y ubiquen los conceptos y temas tratados en su realidad próxima. La planeación y didáctica para seguir será elaborada por cada agente educador y aprobada por una Comisión de Limpieza.

Los lugares donde se lleven a cabo son: en la Escuela Primaria Lic. Benito Juárez y en la Delegación de la comunidad, espacios que anteriormente han prestado sus instalaciones para eventos académicos.

Algunos de las actividades que se pueden llevar a cabo son:

- **Recreo ambiental**

Utilización de algunas horas escolares (tiempos de trabajo cortos pero significativos) para tratar temas ambientales en las últimas semanas de clase con actividades lúdicas y de recreación todo el tiempo.

- **Campamento de verano**

Curso en la escuela primaria y delegación a realizarse una semana después de haber concluido el ciclo escolar, con la duración que los educadores determinen, con acceso a personas de todas las edades, salidas de campo y cooperación comunitaria.

- **Expo cuidando el ambiente**

Repaso general, de no más de dos días, durante las vacaciones de diciembre, donde se le dé seguimiento al curso de verano llevado a cabo previamente, ahí deben tratarse los temas prácticos más que teóricos, incentivando la creación de herramientas y propuestas de reutilización de los residuos. Para finalizar, una exposición de trabajos realizados, donde los participantes deberán hacer partícipes a sus familias para poder llevarse una remuneración.

Al final de cada trabajo es necesaria una retroalimentación, la motivación al compromiso para que a medida de las posibilidades se creen cursos consecutivos que involucren un ascenso en el nivel de información y de actividades, propiciando indagar más a fondo sobre las problemáticas desarrollando un pensamiento crítico y reflexivo que pueda cambiar la perspectiva de todos los asistentes.

5.4. Organización social

Desde antes de la planificación del proyecto se tiene que conocer la percepción de la población ante el mismo, pues de ella depende su éxito o fracaso. El tema de investigación por sí solo propone alternativas de disposición final brindando herramientas para la toma de decisiones, pero se necesita la participación de actores sociales claves para su evaluación y realización. Un punto central en esto es la identificación de actores de financiamiento, pues en todo el proceso se necesitan de recursos para ir implementando el proyecto. La población va a contribuir en todo momento, ya sea de manera económica o de participación, pero es necesario que se tomen en cuenta los momentos de mayor y menor aportación económica, por eso es importante que las autoridades locales estén inmersas durante la planeación.

La comunidad de San Pedro Tlanixco tiene origen indígena, pertenece al pueblo Nahuatl, su sistema de organización comunitaria se basa en una modalidad que se denomina Asamblea, la cual está integrada por la comunidad y las autoridades locales, estos se reúnen para dar a conocer asuntos relevantes que va experimentando la comunidad y toman decisiones al respecto. Esta se convoca de manera escrita por medio de carteles y de manera oral voceando a toda la población, y es ahí donde se trabajan los temas requeridos, se vota a favor o en contra de lo expuesto mediante mano alzada para llegar a acuerdos.

Esta determina las formas de organización y distribución del trabajo comunitario. Como pueblo originario tiene el derecho al ejercicio de la libre determinación y autonomía en el marco de las disposiciones constitucionales, de esa manera tomar las decisiones pertinentes en beneficio de su comunidad. La Asamblea es quien determina qué proyectos se deben ejecutar, cómo y con quién gestionar los apoyos financieros, administrativos y sociales, se dirigen al gobierno municipal, dejando a las localidades en dependencia de éstas.

Al ser un proyecto comunitario, la gestión de los residuos involucra la participación de toda la población para su adecuado desarrollo, las autoridades son actores clave para brindar el espacio en la integración y comunicación con estos. Este documento se trabajó de forma directa con el comisariado ejidal y los delegados para obtener información y comunicación con la población y otros actores de la comunidad.

Con base a la forma de trabajo de la comunidad es necesario formar un Comité de Limpieza, este debe estar integrado por un delegado, un comisariado ejidal, un representante de maestros, un vecino de los tiraderos a cielo abierto y algún joven que quiera participar. Este comité llevará el seguimiento de toda la propuesta, desde el saneamiento del lugar, hasta la adecuación y operación de relleno sanitario, así como los trabajos complementarios de educación ambiental.

Figura 30 Propuesta de organigrama para el comité de limpia de San Pedro Tlanixco



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

Durante todo el proceso del proyecto es necesario el trabajo con la población por lo que se plantean 5 estrategias para incentivar la participación ciudadana:

- Talleres de valorización económica de los residuos.
- Talleres de compostaje.
- Pláticas o foros sobre las afectaciones de los tiraderos a cielo abierto.
- Coordinación con instituciones escolares y de la iglesia para participación en actividades.
- Jornadas de limpieza en la comunidad.

La implementación de las estrategias debe ser permanente con difusión amplia e invitación directa para una mayor participación de la población, con ayuda del comité de limpieza.

5.5. Normatividad

Con el propósito de lograr un buen desarrollo del Programa de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de Tlanixco, se sugiere la normatividad siguiente:

1.- El Comité de Limpia será integrado en Asamblea, preferentemente por los actores sociales como jóvenes, maestros de la localidad, padre o madre de familia, un delegado y un representante ejidal.

2. La integración de los miembros al Comité de Limpieza será cada tres años, es decir, cada que el H. Ayuntamiento cambie los delegados.

3. Es responsabilidad del Comité informar a la comunidad sobre el desarrollo del proyecto. Además, de convocar a la Asamblea para la toma de decisiones de importancia.

2.- El Comité de Limpia tendrá bajo resguardo la camioneta de recolección, cuyo uso será exclusivamente para la gestión de los RSU de la comunidad.

3.-El Comité tendrá la responsabilidad de vigilar los trabajos de remediación del SDF, así como los trabajos de operación. Estos pueden elegir la forma de organización como consideren pertinente.

4.- La validación de los temas a tratar en los cursos de educación ambiental deben pasar a aprobación con el Comité de Limpieza.

5.- Todo lo que tenga que ver con recursos económicos será tratado por el tesorero del comité, así mismo se hará un corte de caja trimestral para informar a la población sobre las operaciones económicas que se realicen.

La modificación e integración de más normas y sanciones debe ser consultada por la Asamblea.

5.6. Requerimientos materiales y fuentes de financiamiento

La realización de un relleno sanitario involucra la adquisición de recursos, materiales y personal para su funcionamiento. En el caso del personal a cargo, se establecen la cantidad de trabajadores y sus funciones de acuerdo con lo que el Comité de limpia determine, para el caso de los materiales, estos pueden ser financiados por estancias locales y municipales, los que se han tomado en consideración son los siguientes:

- ◆ Terreno: Gestionado por la autoridad local: ejidatarios.
- ◆ Camioneta: Solicitada al H Ayuntamiento de Tenango, como cambio por el sistema de recolección de la localidad, se propone que la operación sea la misma que en 2019, el H Ayuntamiento de Tenango otorga el vehículo, el chofer y la gasolina. Pero se asumirá lo que las partes involucradas determinen.

También son necesarias herramientas de albañilería como carretillas de llanta neumática, palas, picos, azadones, barras, tijeras, pisones de madera, horquillas o rastrillos, zapas y un rodillo compactador.

Todas estas herramientas pueden ser compradas por la comunidad por medio de cooperación por familia o con invitaciones de donación a organizaciones y familias de la comunidad.

Además de estas herramientas se necesitan equipos de protección para los trabajadores que operen en el lugar, como guantes, botas, gorras o sombreros, mascarillas contra el polvo y al menos dos uniformes al año. Este quipo también se puede costear desde la comunidad y auto sustentándose una vez iniciado el proyecto con los recursos generados de la recolección de residuos (dado que la comunidad comentó que si pagase la recolección con no más de \$15 ni menor a \$5 siendo esta periódica). Estos equipos de protección son de compra continua y se pueden solventar con la venta de los residuos valorizables, recordando

que toda esta administración va a ser llevada por el Comité de Limpia y este establecerá las comisiones pertinentes para cada etapa de la propuesta y su desarrollo.

Otra forma de financiamiento es la coordinación con el Ayuntamiento municipal para la participación del proyecto en el programa “Lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios de la SEMARNAT a través del Programa para la prevención y gestión integral de residuos”, cuyo objetivo es fomentar la gestión integral de los RSU y ME en el país, a través del subsidio de estudios o programas para la prevención y gestión integral de los residuos, así como el desarrollo de infraestructura de los sistemas de recolección, transporte y disposición final y el aprovechamiento material o energético de residuos, a través del acceso a recursos económicos.

Esto se trabajaría mediante la propuesta del proyecto ante el ayuntamiento y este realiza la gestión de recursos ante la dependencia ambiental estatal, el proyecto debe ser evaluado y acreditado, una vez acreditado el proceso económico y de seguimiento se da entre el gobierno estatal y federal. Aunque el presente proyecto no cuenta con el requerimiento de sitio de disposición final de tipo A es decir de más de 100 toneladas diarias que establece el lineamiento, se puede obtener subsidio para:

- Adquisición de vehículos de recolección para sustitución de unidades, o bien para ampliar la cobertura de recolección en los municipios.
- Adquisición e instalación de contenedores para vía pública, de acuerdo con la localidad y problemática específica.
- Adquisición de maquinaria para la operación de rellenos sanitarios, que formen parte de un proyecto integral de optimización en el servicio, y se justifique ampliamente su adquisición.

Por todo lo anterior es necesaria una buena coordinación entre las autoridades locales con el Ayuntamiento para la valorización e integración del programa que no solo podría beneficiar a la zona de estudio, si no a más localidades del municipio.

Conclusiones

La dinámica del manejo de residuos sólidos urbanos es resultado del proceso social y tecnológico en el que se desarrolla el hombre, las prácticas de desecho y disposición final actuales en tiraderos a cielo abierto presentan daños ambientales y a la salud de la población, aunque en varios casos no se cuentan datos específicos al respecto, se pueden inferir por observación y por estudios generales sobre el tema.

México cuenta con una diversidad de leyes y normas que atienden el manejo de los residuos sólidos, sobre todo en las fases de recolección y disposición final, sin embargo, es necesario enfatizar en la fase de generación promoviendo el consumo racional, el aprovechamiento de la materia orgánica y la promoción de la separación desde la fuente, así mismo deben incluirse instrumentos financieros o sociales que sancionen el incumplimiento de la legislación, sea cual sea la falta, pues existen municipios que no elaboran sus programas, ni cuentan con servicio de recolección, transgrediendo el derecho a un medio ambiente sano.

Dada la problemática que representa la forma de gestionar los RSU, se requiere una acción desde los diferentes actores, diversas disciplinas y distintos niveles de gobierno. En el caso de esta investigación, se aborda la acción local y sus actores como un ámbito significativo para contribuir a mejorar la gestión de los residuos a nivel nacional.

San Pedro Tlanixco se tomó como caso de estudio para evidenciar la potencialidad de la acción local, se encuentra en un municipio con recursos naturales y condiciones geográficas que pueden permitirle un camino hacia la sustentabilidad, pues la mayor parte de su territorio es apto para la agricultura, cuenta con caudales y recursos hídricos que permiten el desarrollo de la comunidad, además de poseer bosques y pertenecer a zonas de protección de flora y fauna, pero a su vez se encuentra amenazado por el incremento de la población ante el crecimiento urbano y por ende a la magnitud de residuos sólidos.

Ante este contexto de la localidad, se presentó el reto de buscar una gestión de los residuos sólidos urbano que asegure el menor daño al medio ambiente. Con base en la caracterización que se realizó mediante trabajo de campo y muestreo permitió integrar el diagnóstico de cada etapa del manejo, de las cuales resultaron prioritarias las etapas de

recolección y disposición final de los residuos, siendo estas las más afectadas y cuya deficiencia altera a las otras fases, por lo que al considerarlas se contribuye a mejorar las demás, aun así, todas las fases del manejo fueron consideradas para el programa integrando acciones para su refuerzo.

La fase de recolección requiere mayor atención pues el servicio ha sido deficiente en los últimos años y se ha considerado como la generadora del problema de los tiraderos a cielo abierto. Analizando las alternativas comunitarias se concluyó que sí se puede poner en marcha un sistema de recolección local que permita satisfacer las necesidades de la población y reducir los impactos a la naturaleza, esto con la participación de todos los actores locales.

La fase de transferencia es complementaria a la de recolección y representa un punto necesario para que el sistema propuesto cumpla con los objetivos de una manera eficiente.

Para la fase de disposición final, fue necesaria la ubicación de los tiraderos a cielo abierto actuales, que permitieron evaluar la magnitud del problema, y la visita de campo a la población aledaña se acopió información del estado actual y del daño de estos sitios a lo largo del tiempo. Así mismo se elaboró una evaluación multicriterio con adecuaciones a la NOM-083-SEMARNAT para determinar un lugar apto para la disposición final de residuos.

Con base a dicho diagnóstico, se establecieron los componentes clave a considerar un programa de gestión de residuos sólidos comunitario que contemple las situaciones más desfavorables para que sea posible implementar propuestas de mayor magnitud y sean eficientes y sostenibles.

Esta propuesta de gestión propia, sin quitar o menospreciar la intervención de los niveles de gobierno estatales o municipales, aporta de manera particular a la mejora de un bien común desde un planteamiento emergente a corto plazo, mientras que ya no se produzcan bienes y servicios tóxicos para la naturaleza, la generación de residuos disminuya, y el reciclaje y reutilización de los residuos se practique en su totalidad. La propuesta del manejo de residuos considera las normas establecidas, adecuándolas a las características de la localidad buscando un método factible que permita aminorar los daños causados y poder establecer un sistema propio.

Para el proceso de identificación de componentes para la gestión se integró la información en los apartados, que en resumen se abordan algunos puntos como los siguientes:

-Remediación de los sitios actuales de disposición final: La atención a los tiraderos ya existentes es imprescindible para una gestión integral, pues la remediación será según las circunstancias de cada sitio necesitan para ello, se requieren tomar dos pasos, el primero identificar la situación de cada uno de los vertederos y determinar qué hacer, si se procede al saneamiento, a la clausura o a la rehabilitación, Segundo, proceder a la remediación con los recursos existentes y/o gestionar apoyo en caso necesario.

- Manejo de los residuos sólidos urbanos: Según las fases de manejo se propuso lo siguiente.

Generación: Se diseñaron estrategias que favorecen la reducción de la generación de residuos en los diferentes ámbitos como en el consumo de plásticos, alternativas al pañal desechable, residuos de mayor proporción en la comunidad, fomento de consumo orgánico, separación de residuos y la adecuada disposición de residuos peligrosos.

Recolección, transporte y transferencia: Se establecieron tres rutas de recolección, cambio de modelo vehicular de recolección adaptado a las vialidades de poco acceso e implementación de puntos de recolección por contenedores.

Disposición final: Se definieron las prácticas de desecho de residuos más sustentables, mediante la identificación de un sitio apto para la disposición final de los residuos, se tomó como referencia la NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual presenta las especificaciones para dicha selección, en la que se realizaron las adecuaciones pertinentes considerando que el lugar en cuestión será un relleno sanitario de tipo D, lo que implica menor rigurosidad en términos de la posterior operación, siendo este ejecutado en su mayoría por la población local. Se tuvieron que tomar en cuenta factores como el desplazamiento de la población, las vías de acceso y la infraestructura adicional al relleno.

Educación ambiental: En la que establecen una serie de estrategias para fortalecer la enseñanza sobre la importancia de participar en la disminución de la generación de residuos nocivos a la naturaleza, la clasificación de los residuos, la responsabilidad de respetar la forma de recolección, el cuidado del relleno sanitario propuesto, así como el cuidado de las instalaciones de este.

Organización social: Al ser un proyecto comunitario, la gestión de los residuos involucra la participación de toda la población para su adecuado desarrollo, las autoridades son un agente clave para brindar el espacio en la integración y comunicación con estos, se plantea formar un Comité de Limpieza que debe estar integrado por un delegado, un comisariado ejidal, un representante de maestros, un vecino de los tiraderos a cielo abierto y jóvenes. Así mismo se propone un organigrama de este Comité de Limpieza, considerando un presidente, un secretario, un tesorero, coordinación social y vigilancia.

Normatividad: Establecimiento de cinco normas básicas con el propósito de lograr un buen desarrollo del Programa de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de Tlanixco.

Requerimientos materiales y fuentes de financiamiento: Se identifican y proponen los actores locales que pueden participar en la dotación de materiales y posibles fuentes de financiamiento: el municipio, las autoridades locales y la población en general.

La propuesta va encaminada a una autogestión que involucra a la población desde la preparación del terreno hasta las operaciones del sitio por lo que a nivel social que también se trabaje en la percepción de la población es su papel como generador pues se sigue responsabilizando en su mayoría a las autoridades por la poca actuación ante este problema y no se enfoca en su papel protagonista como consumidor.

Con todo lo anterior, se cumple el objetivo de analizar la viabilidad biofísica, sociocultural, económica, político-administrativa y tecnológica en la zona de estudio. Sin embargo, es necesario fortalecer algunos aspectos como: el papel de las Delegaciones (cuarto nivel de gobierno) para la gestión administrativa y financiera ante las instancias correspondientes; la educación para todos los actores sobre manejo de los residuos sólidos; definir instrumentos económicos locales para estimular o sancionar acciones inconvenientes

para la naturaleza y para la población; motivar la organización social; y operar la legislación entorno a la gestión de los residuos sólidos urbanos.

Referencias

- Bagchi, A. (2004). *Design of landfills and integrated solid waste management*. 3°. New Jersey: John Wiley and sons, INC.
- BBC News Mundo. (2021). Las especies que han colonizado la gigantesca «isla» de plástico que flota en el Pacífico. *BBC News Mundo*. p. 7-8
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-59608879>
- Bernache, G. (2012). El confinamiento de la basura urbana y la contaminación de las fuentes de agua en México. *Revista de El Colegio de San Luis, II* (4).
- Brito, E. & Pasquali, C. (2006). Comportamientos y actitudes asociados a la disposición de la basura en áreas urbanas no planificadas. *Interciencia*, 31(5), 338-344.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000500004
- Comisión Nacional del Agua CNA (2021). Estadísticas del Agua en México. México.
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Contreras S, Maira J (2008). *Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia)*. Trabajo Social. (10). 109-134
- Díaz, E. Alvarado, R. González, E. & Hernández, N. (2014). *Gestión del Proyecto de Residuos Sólidos para la comunidad de San Pedro Atlapulco, Ocoyoacac*. Universidad Autónoma del Estado de México
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/49786>
- Díaz, E., Alvarado, A. R. & Pérez, C. A. (2018). *Estrategias en el manejo de residuos sólidos urbanos en el desarrollo local sostenible, Estado de México*. Universidad Nacional

Autónoma de México / Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional
A.C. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/99386>

Diario Oficial de la Federación DOF, (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Gobierno Federal
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

Diario Oficial de la Federación DOF. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente. Gobierno Federal
México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>

Diario Oficial de la Federación DOF (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Gobierno Federal
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>.

Diario Oficial de la Federación DOF, (2004). 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. Gobierno Federal
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0

Diario Oficial de la Federación DOF, (2006). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Gobierno Federal
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR_311014.pdf

Encarnación, G. & Kiss, G (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, (79), 39-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907903>

- Fernández, I. (2010). *Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de la libertad, departamento de la libertad*. [Tesis de licenciatura, Universidad del salvador]. Repositorio institucional Ri Ues <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/202/1/10136390.pdf>
- Flores, A. (2013) *Identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, Estado de México*. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional Ri uaemex. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/79807>
- Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua FSIDA. (2012) *Proyecto 84369. Informe de validación en campo cuenca del río Amacuzac*, Morelos. CONACyT CONAGUA. Ciudad Universitaria. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102183/Cuenca_del_R_o_Amacuzac.pdf
- Gaceta Municipal. (2018). *Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018*. Año I, No. VII
- Gaceta Municipal (2022). *Bando Municipal de Tenango del Valle*. Año1 número IV.
- Gaceta Municipal. (2022). *Plan Municipal de Desarrollo 2022-2024*. Año I, No. VII
- García, M. (2007). *Plantas o estaciones de transferencia*. E.O.I. Curso 2007-2008. Sevilla. España <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45914.pdf>
- Gobierno del Estado de México & Agencia Alemán de Cooperación Técnica. (2000). *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el estado de México*. <https://docplayer.es/35183955-Manual-para-la-rehabilitacion-clausura-y-saneamiento-de-tiraderos-a.html>

Gobierno del Estado de México (2006). Código para la Biodiversidad del Estado de México, *Gaceta del Gobierno del Estado de México*.

Gobierno del Estado de México. (2009). Programa para la Prevención y Gestión Integral de los residuos Sólidos Urbanos y de manejo Especial del Estado de México. *Gaceta de gobierno*

<https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2009/mar103.pdf>

Góngora, J. (2014). El reciclado en México. 64(3). *Comercio exterior* 2-5. México. http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/2/reciclaje_mexico.pdf

Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (2015). *Datos e indicadores de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*. Sistema Nacional de Información del Agua

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007). *Manejo integral de los residuos sólidos*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/133/manejo.html#:~:text=El%20manejo%20integral%20y%20sustentable,manejo%20pr%C3%A1ctico%20para%20cualquier%20regi%C3%B3n>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2012). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. SEMARNAT, México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017* (CNGMD). México. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México*. México
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/nueva_estruc/889463904335.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Gestión de residuos: Clasificación y tratamiento*. INSHT <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1043a1054/ntp-1054w.pdf>
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. OPS/CEPIS. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2019). Los micro plásticos en los sectores de la pesca y la agricultura. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. P.4. <https://www.fao.org/3/ca3540es/ca3540es.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2014). *Economic, Environmental and Social Statistics*. OECD
- Partenó, J. (2010). Consecuencias de los basurales a cielo abierto. *Asociación Árbol de Pie*. <https://www.barilochense.com/ecologia/arboldepie/consecuencias-de-los-basurales-a-cielo-abierto.->
- Rodríguez, E. & Quintanilla, L. (2019). Relación ser humano-naturaleza: Desarrollo, adaptabilidad y posicionamiento hacia la búsqueda de bienestar subjetivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*. Universidad de Colima. *Redalyc.*, 23(3). 7-22. https://www.redalyc.org/journal/837/83762317002/html/#redalyc_83762317002_ref26

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (1985). *Norma Mexicana Nmx-Aa-022-1985 protección al Ambiente-contaminación del Suelo residuos Sólidos Municipales-selección y cuantificación de Subproductos*.
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>

Secretaría de Desarrollo Social, (2001). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*.
https://www.academia.edu/42810050/MANUAL_T%C3%89CNICO_SOBRE_GENERACION_RECOLECCION_Y_TRANSFERENCIA_DE_RESIDUOS

Secretaría del Medio Ambiente. (2010). *Educación ambiental frente al cambio climático*. Gobierno de Mendoza <https://es.slideshare.net/portalmza/fascculo-1-educacion-ambiental-frente-al-cambio-climtico>

Secretaría del Medio Ambiente 2018. *Inventario de Residuos Sólidos CDMX (IRS)*. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Ciudad de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2018) a. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Edición 2018. México. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2018) b. *Lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios de la SEMARNAT a través del Programa para la prevención y gestión integral de residuos*. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos* (Primera edición). Ciudad de México. Lucart Estudio S.A. de C.V <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

Castillejo, JL, Colom, AJ, Pérez-Geta, PMA, Neira, TR, Sarramona, J., Touriñán, JM, & Vázquez, G. (2011). Educación para el consumo. *Educación XXI*, 14 (1), 35-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70618224002>

Vega, C.; Martínez, R. y Paredes, M. (2018). *Cuidado, comunidad y común. Extracciones, apropiaciones y sostenimiento de la vida*. España: Traficantes de Sueños Útiles. 34 p.

Anexos



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales



Instrumento de investigación para la caracterización del manejo de residuos sólidos urbanos en Tenango del Valle.

Personal de recolección

- 1.- ¿Cuántas rutas de recolección municipal hay?
- 2.- ¿Cuántas rutas de recolección hay en San Pedro Tlanixco?
¿Cuáles son los días y horas?
- 3.- ¿Cuál es el método de recolección?
- 4.- ¿Qué cantidad de RSU recolectan en San Pedro Tlanixco?
- 5.- ¿Separan los residuos? ¿en cuantas categorías?
- 6.- ¿En cuánto tiempo transportan los residuos?
- 7.- ¿Cuántas vueltas dan?
- 8.- ¿Existen sitios de transferencia?
- 9.- ¿Qué cantidad de residuos depositan al día en el relleno sanitario?
- 10.- ¿Cuál es la tarifa?
- 11.- ¿Cuál es su percepción general de la recolección? (¿falta material, no se emplean los recursos, si abastecen a todas las delegaciones, hay reglas para entrega de la basura, como es la población?)

Servicios Públicos del Ayuntamiento de Tenango del Valle

- 1.- ¿Qué cantidad de RSU se genera a la semana en el municipio?
- 2.- ¿Cuáles son los principales RSU generados?
- 3.- ¿El municipio lleva un control de generación de residuos por localidad?
Si es así ¿cuánto genera San Pedro Tlanixco?
- 4.- ¿Cuántas rutas de recolección existen en el municipio?
- 5.- ¿Todas las delegaciones del municipio cuentan con servicio de recolección?
Si es así ¿Con cuantas rutas cuenta San Pedro Tlanixco?
- 6.- ¿Cuánto personal está a cargo del servicio?
- 7.- ¿Como calificaría el servicio de recolección del 1 al 10?
- 8.- ¿Considera que es eficiente el servicio de recolección en las delegaciones?
- 9.- ¿Cuántos camiones disponen para este servicio?
- 10.- ¿Es eficiente la cantidad de vehículos para este servicio?
- 11.- ¿Cuáles son las distancias máximas que recorren?
- 12.- ¿Existe alguna estación de transferencia en el municipio o alguna delegación?
- 13.- ¿Se necesita alguna estación de transferencia?
- 14.- ¿Dónde disponen los RSU del municipio?
- 15.- ¿Cuántas toneladas ingresan al sitio?
- 16 ¿Cuál es su periodo de vida?
- 17.- ¿Existe una separación de los RSU por parte del municipio, previo a la disposición final?
- 18.- ¿El sitio de disposición final cuenta con todas las normas establecidas por la NOM-083-SEMARNAT-2003?
- 19.- Una vez clausurado el sitio, ¿Cuáles es el plan del municipio para la disposición final de sus residuos?

RSU? 20.- ¿Han realizado alguna acción para concientizar a la población en la reducción de

a) si b) no ¿Cuál?

21. ¿Cuáles son los principales problemas en el manejo de los residuos sólidos?

22.- ¿Qué haría usted para disminuir este problema?

23.- ¿Qué actividades o proyectos tienen en la recolección, transporte o disposición final?

24.- ¿Se tienen algún plan al respecto para las comunidades de su municipio?

25.- ¿Existe un convenio con el relleno sanitario que se encuentra en su municipio?

Delegados de San Pedro Tlanixco

1.- ¿Considera que el servicio de recolección por parte del ayuntamiento es suficiente?

2.- ¿Usted apoyaría campañas de concientización sobre la separación de residuos?

3.- ¿Sabes cuántos basureros hay en la comunidad?

4.- ¿Usted considera que la forma de esparcir la basura en lomas es lo adecuado?
¿Por qué? Si o No

5.- ¿Considera la necesidad de hacer en un solo lugar?

6.- ¿Qué lugar de la comunidad considera propio?

7.- ¿Permitiría usted la instalación de un relleno sanitario cercano a su comunidad?

8.- ¿Apoyaría un proyecto de relleno sanitario manual comunitario que necesite de todos los sectores del pueblo para su realización?

9.- ¿Qué haría usted para disminuir este problema?

Comisariado ejidal

1.- ¿Considera que el servicio de recolección por parte del ayuntamiento es suficiente?

2.- ¿Usted apoyaría campañas de concientización sobre la separación de residuos?

- 3.- ¿Saben cuántos basureros hay en la comunidad?
- 4.- ¿Considera que la invasión de la basura en los terrenos puede generar problema?
¿Cuáles?
- 5.- ¿Han recibido quejas de la población por la existencia de estos sitios? ¿Cuáles?
¿Cuántas?
- 6.- ¿Han implementado acciones para combatir el problema? ¿Cuáles?
- 7.- ¿Permitiría usted la instalación de un relleno sanitario cercano a su comunidad?
- 8.- ¿Apoyaría un proyecto de relleno sanitario manual comunitario que necesite de todos los sectores del pueblo para su realización?
- 9.- ¿Qué haría usted para disminuir este problema?
- 10.- ¿Qué lugar sería más propio para destinar un manejo adecuado de la basura de la comunidad?

Delegados de San Pedro Tlanixco 2019

- 1.- ¿Considera que en el periodo que fue delegado el servicio de recolección por parte del ayuntamiento fue suficiente?
- 2.- ¿Usted apoyó campañas de concientización o alguna actividad sobre los residuos? ¿Cuál?
- 3.- ¿Sabe cuántos basureros hay en la comunidad?
- 4.- ¿Usted considera que la forma de esparcir la basura en lomas es lo adecuado?
¿Por qué? Si o No
- 5.- En su periodo ¿recibieron alguna queja por parte de la población respecto a este tema?
- 6.- ¿Han implementado acciones para combatir el problema? ¿Cuáles?
- 5.- ¿Considera la necesidad de hacer en un solo lugar?
- 6.- ¿Qué lugar de la comunidad considera propio?
- 7.- ¿Permitiría usted la instalación de un relleno sanitario cercano a su comunidad?

8.- ¿Apoyaría un proyecto de relleno sanitario manual comunitario que necesite de todos los sectores del pueblo para su realización?

9.- ¿Qué haría usted para disminuir este problema?

Escuelas

1- ¿Qué cantidad de basura generan al día o a la semana?

2- ¿Separan la basura? ¿En cuantas categorías?

3.- ¿Que residuos son los que más generan?

4- ¿Cuentan con servicio de recolección por parte del ayuntamiento?

¿Cada cuánto?

¿El servicio es general o especial?

5- ¿Alguna vez no ha pasado el servicio de recolección?

6- ¿Dónde tiraron la basura?

7- ¿Han sufrido afectaciones (directas o indirectas) por la ausencia de este servicio?

8.- ¿Cómo institución ha realizado algo respecto al servicio de recolección o de la generación de basura?

9-¿Cómo institución que estaría dispuesto a realizar para disminuir el problema de la basura en la comunidad?

Generadores

1.- ¿Usted separa los residuos? a) Si b) no En cuantas categorías los separa

2.- ¿Qué hace con los residuos separados?

3.- ¿Hay servicio de recolección en la comunidad? ¿Cada cuánto?

4.- ¿Cómo cataloga el servicio de recolección?

5.- ¿Cuándo no pasa el servicio de recolección donde tira sus residuos?

6.- ¿Qué tan frecuentemente tira sus residuos en ese lugar?

- 7.- ¿Sabe cuántos tiraderos a cielo abierto hay en la comunidad?
8. ¿Percibe algún daño que se haya generado del tiradero a cielo abierto?
a) si b) no ¿Cuál?
- 9.- ¿Permitiría usted la instalación de un relleno sanitario cercano a su comunidad?
- 10.- ¿Pagaría usted por el servicio de recolección de basura separándola usted mismo antes de entregarla?
- 11.- ¿Estaría dispuesto a clasificar su basura?
- 12.- ¿Apoyaría usted la inversión privada para el manejo y la disposición final de la basura en su comunidad?
- 13.- ¿En caso de ser necesario podría usted trasladar su basura hacia a algún contenedor instalado en algún lugar específico en su colonia?
- 14.- ¿Qué haría usted para disminuir este problema?

Anexo fotográfico

Las siguientes fotografías son resultado del recorrido de campo realizado en agosto del 2022 por los diferentes tiraderos a cielo abierto de la comunidad.



El puente 1



El puente 2



El panteón



Barranca mocha



El zarzal



Los lavaderos



Donotzin



Barranca Grande



Barranca Grande



Barranca Grande



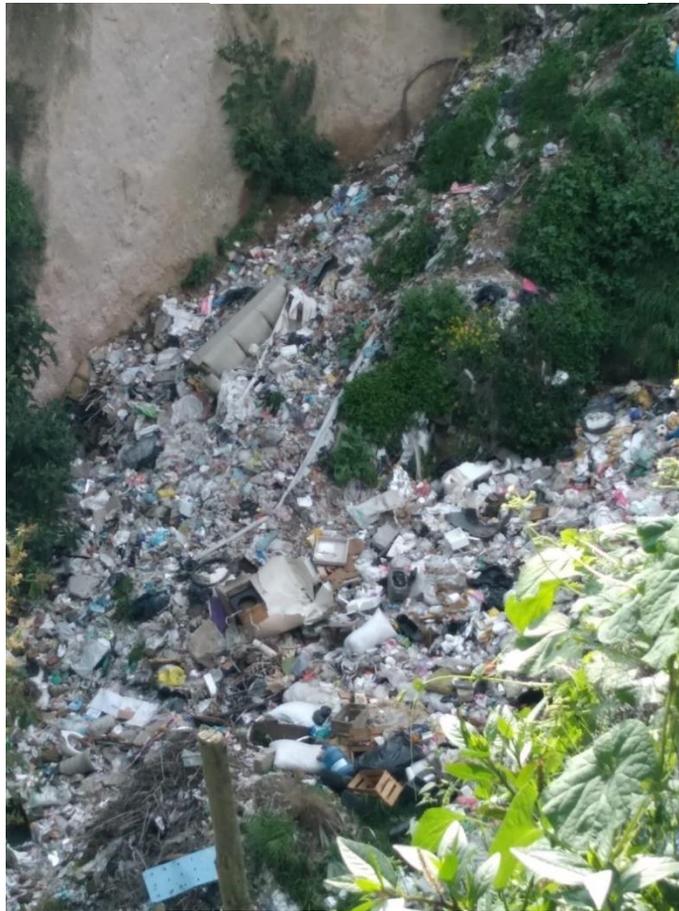
El deposito



La colonia



Camino a San Román



Camino a San Román

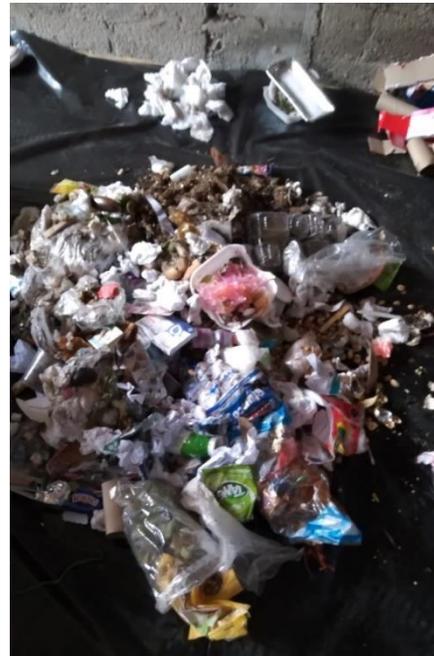


Jóvenes de la comunidad llevando sus
residuos al tiradero de Camino a San Román



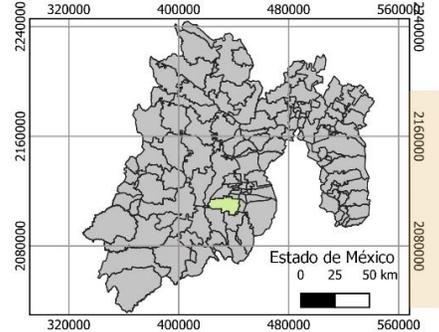
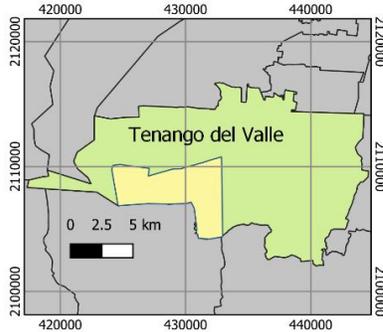
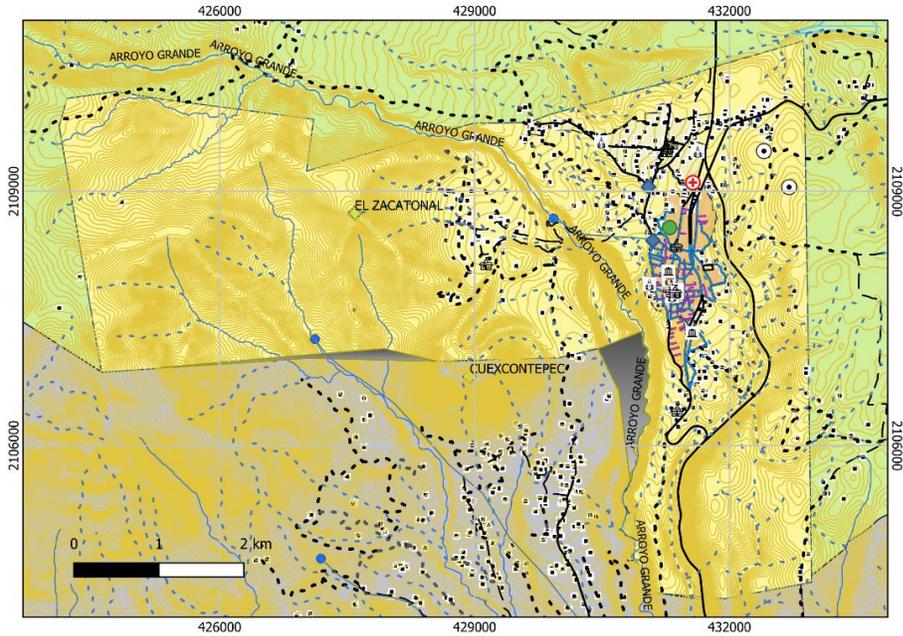
Quema de residuos

Muestreo de residuos sólidos urbanos



Anexo cartográfico

Mapa de localización San Pedro Tlanixco



Simbología

— Limites municipales	Corrientes de agua	— Curvas de nivel cada 10 metros
— Acueductos	--- Intermitente	◆ Referencia geografica
■ Zona en conflicto	— Perenne	□ Terreno susceptible a inundación
⋯ Cementerio	Vialidades	• Caserío disperso
Servicios	--- Brecha	Subdelegaciones
⊕ Centro de Asistencia Médica	— Calle de cuarto orden	■ El Zarzal
🏫 Escuela	— Calle de segundo orden	■ La Azteca
⚽ Instalación Deportiva o Recreativa	— Calle de tercer año	■ San Pedro Tlanixco
🏛 Instalación Gubernamental	— Pavimentada	■ San Pedro Tlanixco
⦿ Plaza	--- Terracería	■ Tenango del Valle
💧 Pozo	--- Vereda	■ Municipios del Estado de México
⚡ Templo	● Manantiales	— Puente
⊙ Antenas		● Corrientes de agua puntuales

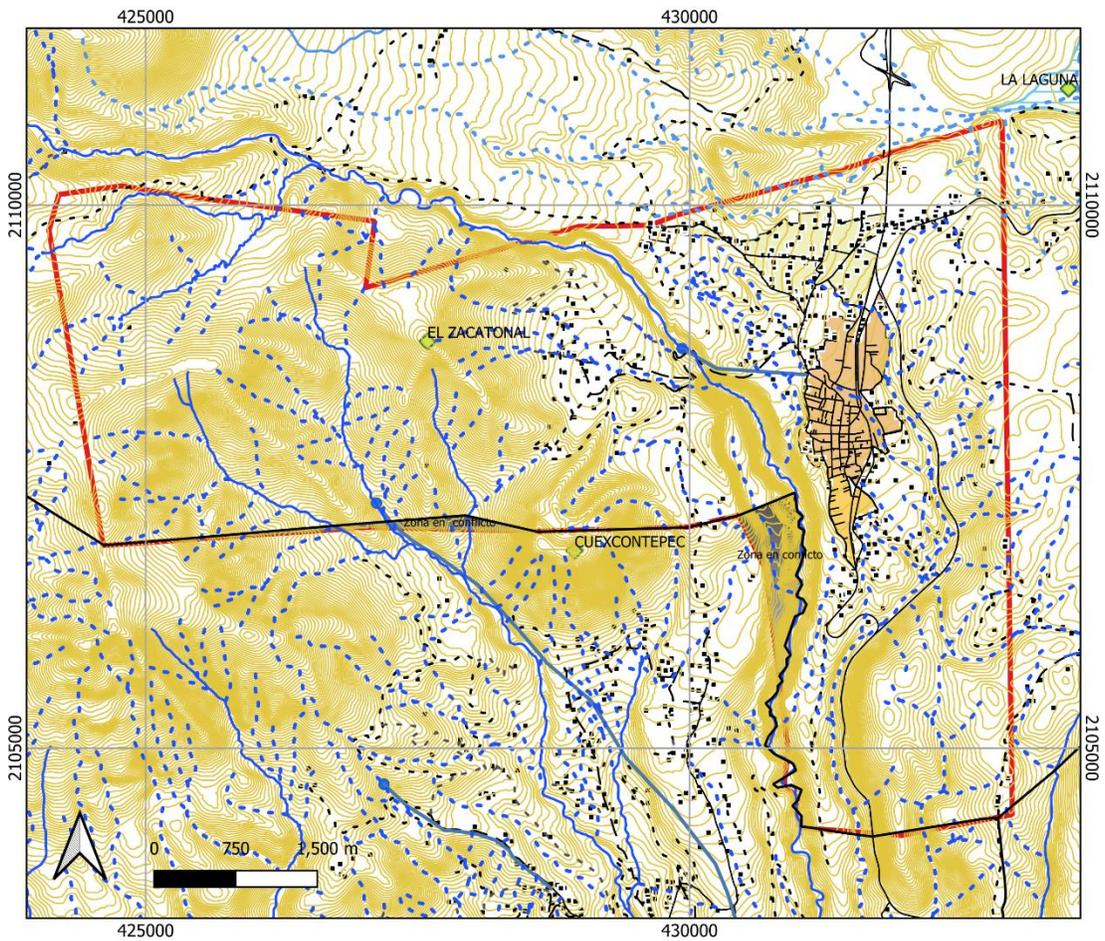


Datos de construcción:
Proyección UTM
Datum WGS 84

Cuadrícula UTM
Localidad: cada 3 km
Municipio: cada 10 km
Estado: cada 80 km

Fuente:
Marco geoestadístico INEGI, 2020
Polígonos ejidales RAN, 2022
Investigación de campo, 2022

Elaborado por:
Frida Aidee Álvarez Pérez



Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES



Mapa Hidrológico San Pedro Tlanixco

Simbología

<p>Subcuenca R. Atoyac</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - Intermitente — Perenne <p>Subcuenca R. Alto Amacuzac</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - Intermitente — Perenne <ul style="list-style-type: none"> — Límites municipales — Acueductos ● Manantiales 	<p>Vialidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - Brecha — Calle de cuarto orden — Calle de segundo orden — Calle de tercer orden — Pavimentada - - - Terracería - - - Vereda — Curvas de nivel cada 10 m 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Referencia geográfica ● Caserío disperso ■ Zona en conflicto ▭ Terreno susceptible a inundación <p>Subdelegaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El Zarzal ■ La Azteca ■ Centro San Pedro Tlanixco ■ San Pedro Tlanixco
---	--	---

<p>Escala numérica 1:50,000</p>	<p>Datos de construcción: Proyección UTM Datum WGS 84 Cuadrícula UTM cada 5 km</p>	<p>Fuentes: Marco geoestadístico INEGI, 2020 Polígonos ejidales RAN, 2020 Red hidrológica SIATL, 2022</p>	<p>Elaborado por: Frida Aidee Álvarez Pérez 2022</p>
---	---	--	---

Mapa edafológico de San Pedro Tlanixco

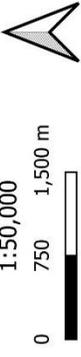
Simbología básica

- Acueductos
- Límites municipales
- Referencia geográfica
- Manantiales
- Corrientes de agua
- Intermitente
- Perenne
- Curvas de nivel cada 10 m
- Vialidades
- Brecha
- Calle de cuarto orden
- Calle de segundo orden
- Calle de tercer orden
- Pavimentada
- Terracería
- Vereda
- Zona en conflicto
- Terreno susceptible a inundación
- San Pedro Tlanixco

Simbología temática

Unidades Edafológicas

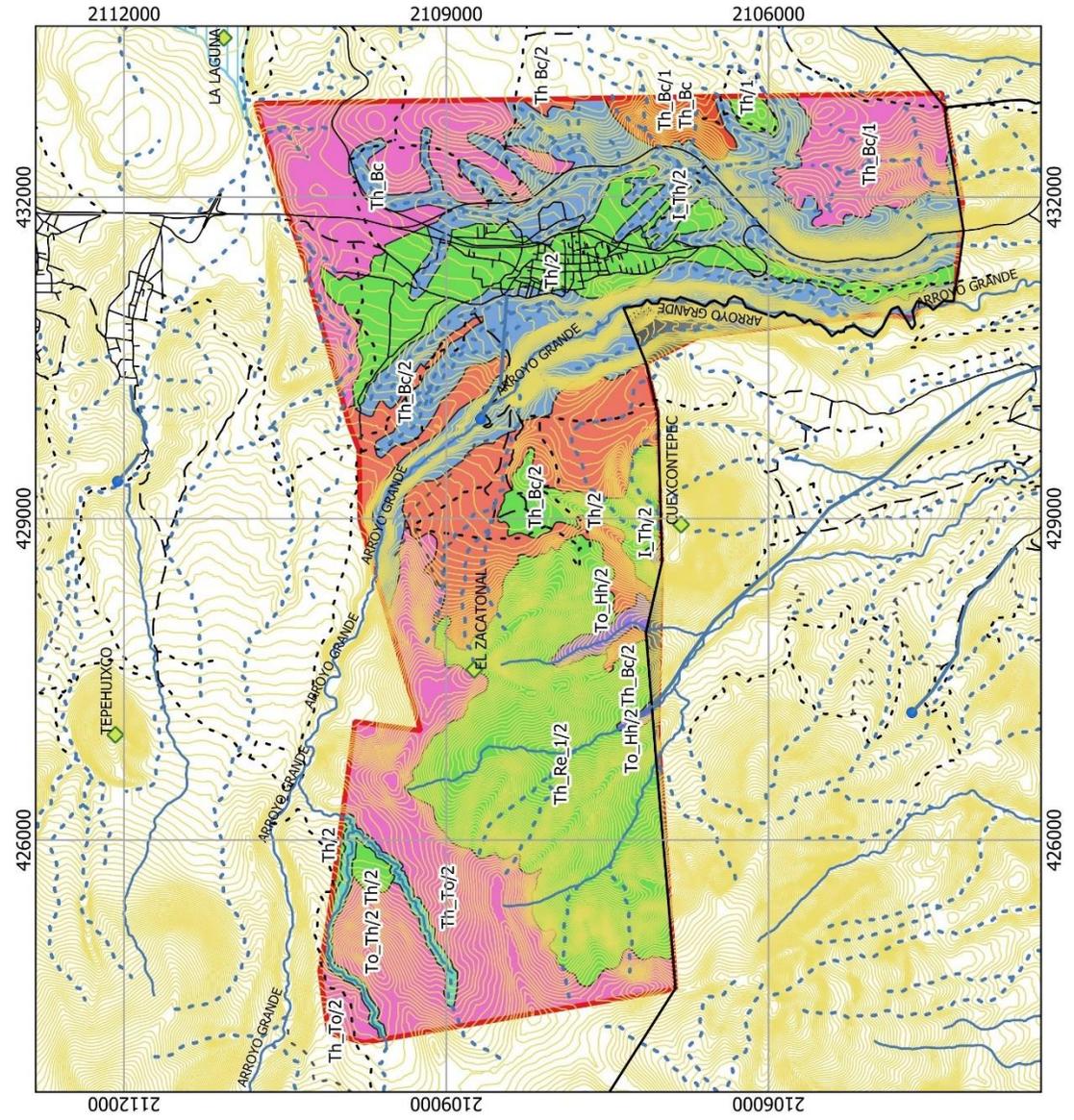
- Andosol húmico
- Andosol húmico cromico
- Andosol húmico ocrico
- Andosol ocrico
- Andosol ocrico húmico
- Litosol húmico



Elaborado por:
 Frida Aidee Alvarez Pérez, septiembre 2022

Datos de construcción:
 Proyección Universal Transversa de Mercator-UTM
 Datum WGS 84
 Cuadrícula UTM cada 3 km

Fuente: Marco geostadístico INEGI, 2020
 Polígonos ejidales, RAN 2020
 Carta edafológica, 1:50,000



Mapa geológico de San Pedro Tlanixco

Simbología básica

- Acueductos
- Límites municipales
- Referencia geográfica
- Manantiales
- Corrientes de agua
 - Intermitente
 - Perenne
- Curvas de nivel cada 10 m
- Vialidades
 - Brecha
 - Calle de cuarto orden
 - Calle de segundo orden
 - Calle de tercer orden
 - Pavimentada
 - Terracería
 - Vereda
- Zona en conflicto
- Terreno susceptible a inundación
- San Pedro Tlanixco

Simbología temática

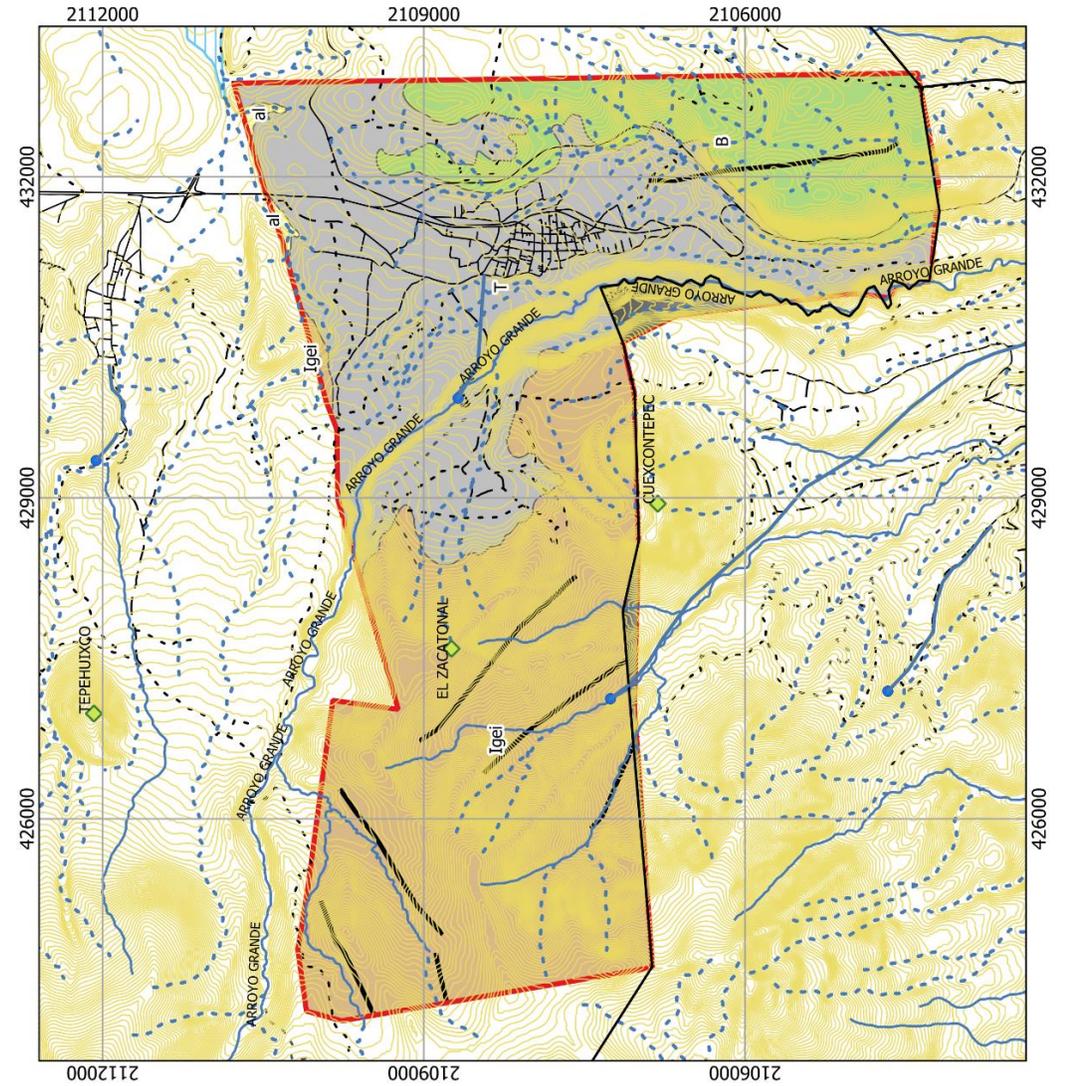
- Fallas
- Tipo de roca
 - Aluvial
 - Basalto
 - Extrusiva intermedia
 - Toba

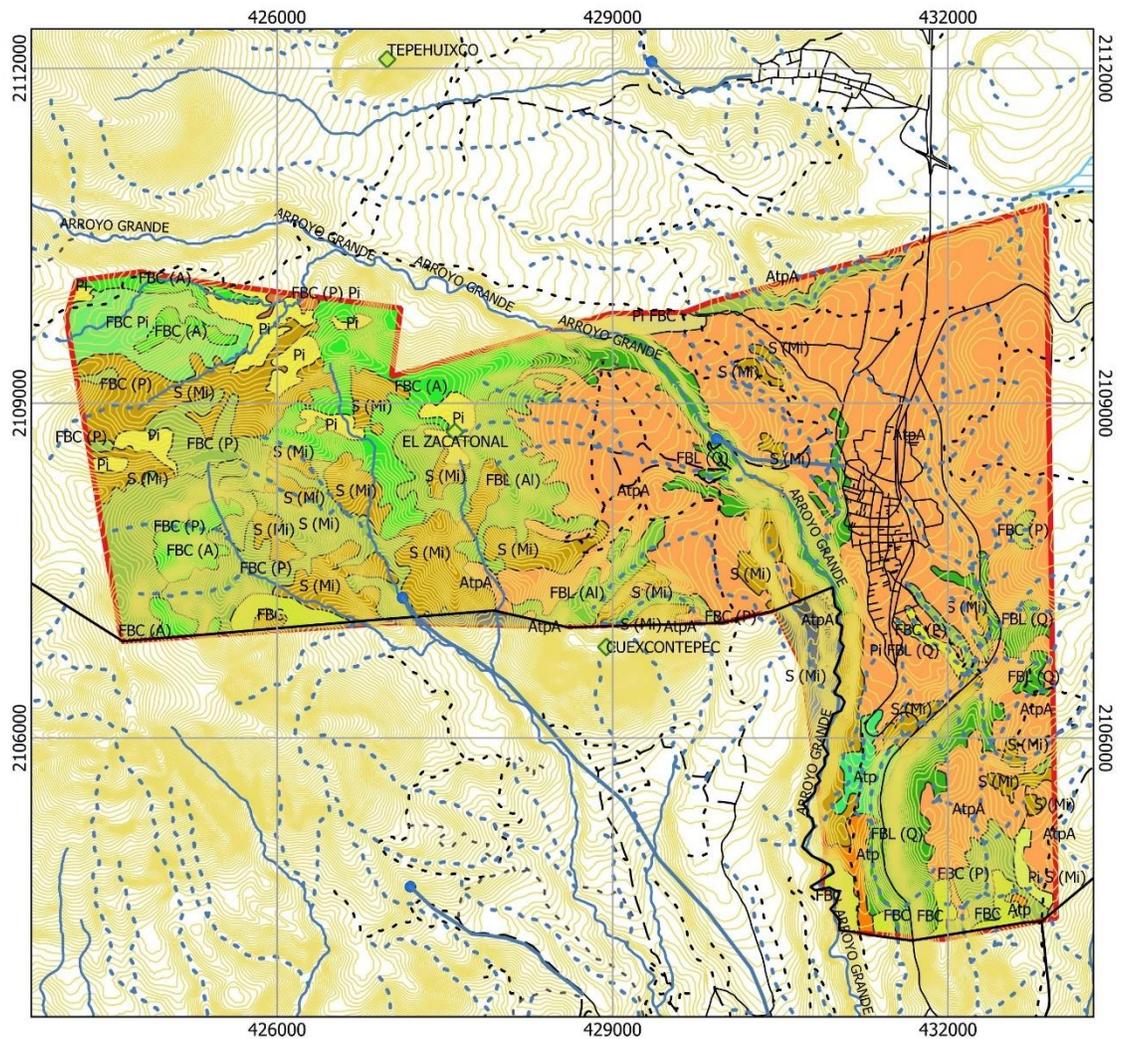
1:50,000.069092

Elaborado por:
Frida Aídae Álvarez Pérez, septiembre 2022

Datos de construcción:
Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
Datum WGS 84
Cuadrícula UTM cada 3 km

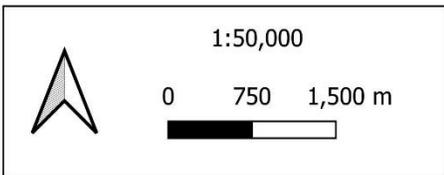
Fuente: Marco geostadístico INEGI, 2020
Polígonos ejidales, PAN 2020
Carta geológica, 1:50,000





Mapa de uso de suelo en San Pedro Tlanixco

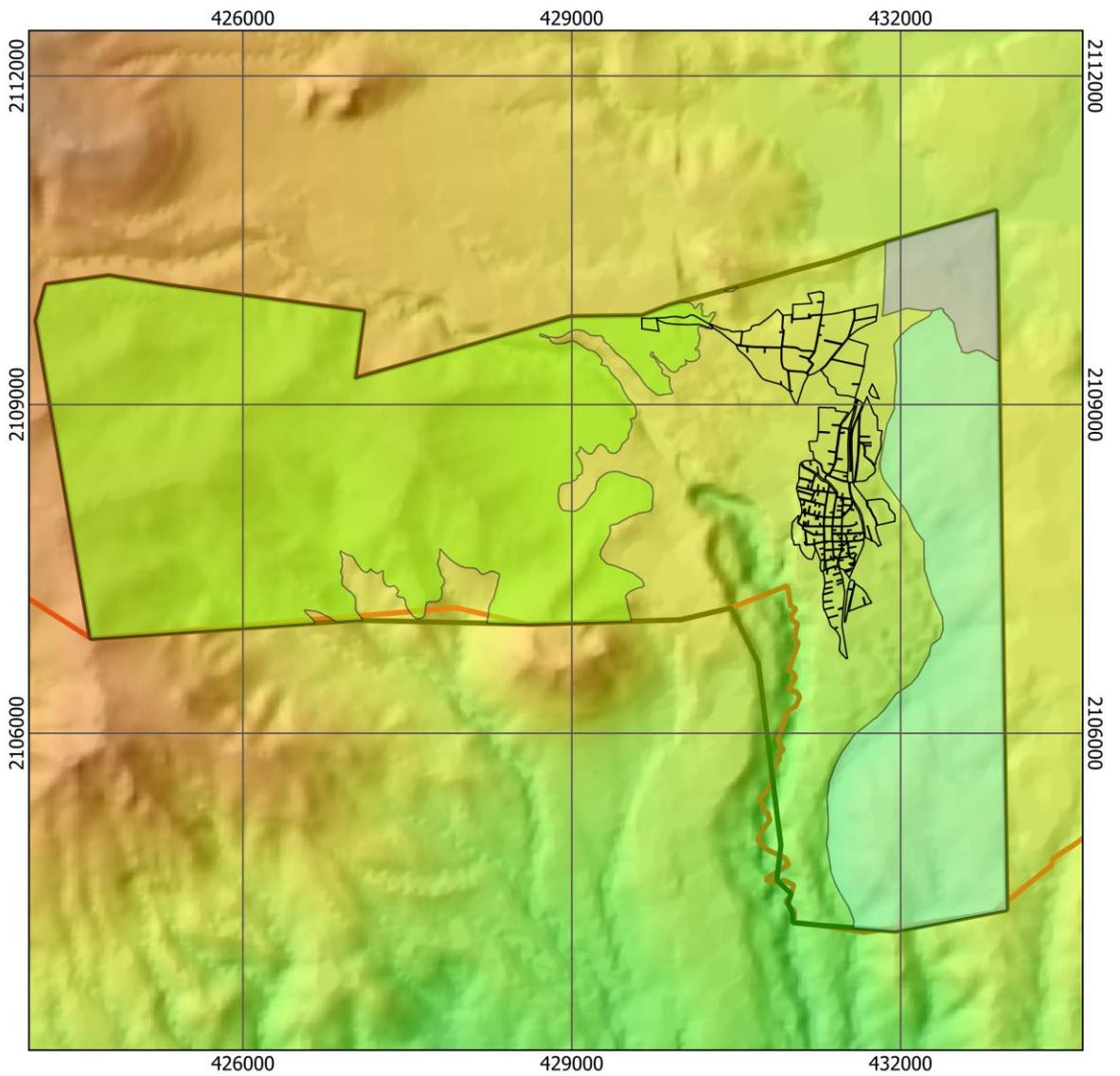
<p>Simbología básica</p> <ul style="list-style-type: none"> Acueductos Limites municipales Referencia geografica Manantiales Corrientes de agua <ul style="list-style-type: none"> Intermitente Perenne Vialidades <ul style="list-style-type: none"> Brecha 	<ul style="list-style-type: none"> Calle de cuarto orden Calle de segundo orden Calle de tercer orden Pavimentada Terracería Vereda Curvas de nivel cada 10 m Zona en conflicto Terreno susceptible a inundación San Pedro Tlanixco 	<p>Simbología temática</p> <p>Uso de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Atp AtpA FBC FBC (A) FBC (P) FBC (P) Pi FBC (Q) FBC Pi 	<ul style="list-style-type: none"> FBL (Al) FBL (Q) Pi Pi FBC Pi FBL (Q) Pi S (Mi) S (Mi)
--	---	---	--



Elaborado por: Frida Aidee Álvarez Pérez, septiembre 2022

Datos de construcción: Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
Datum WGS 84
Cuadrícula UTM cada 3 km

Fuente: Marco geoestadístico INEGI, 2020
Polígonos ejdales, RAN 2020, Carta uso de suelo 1:50,000

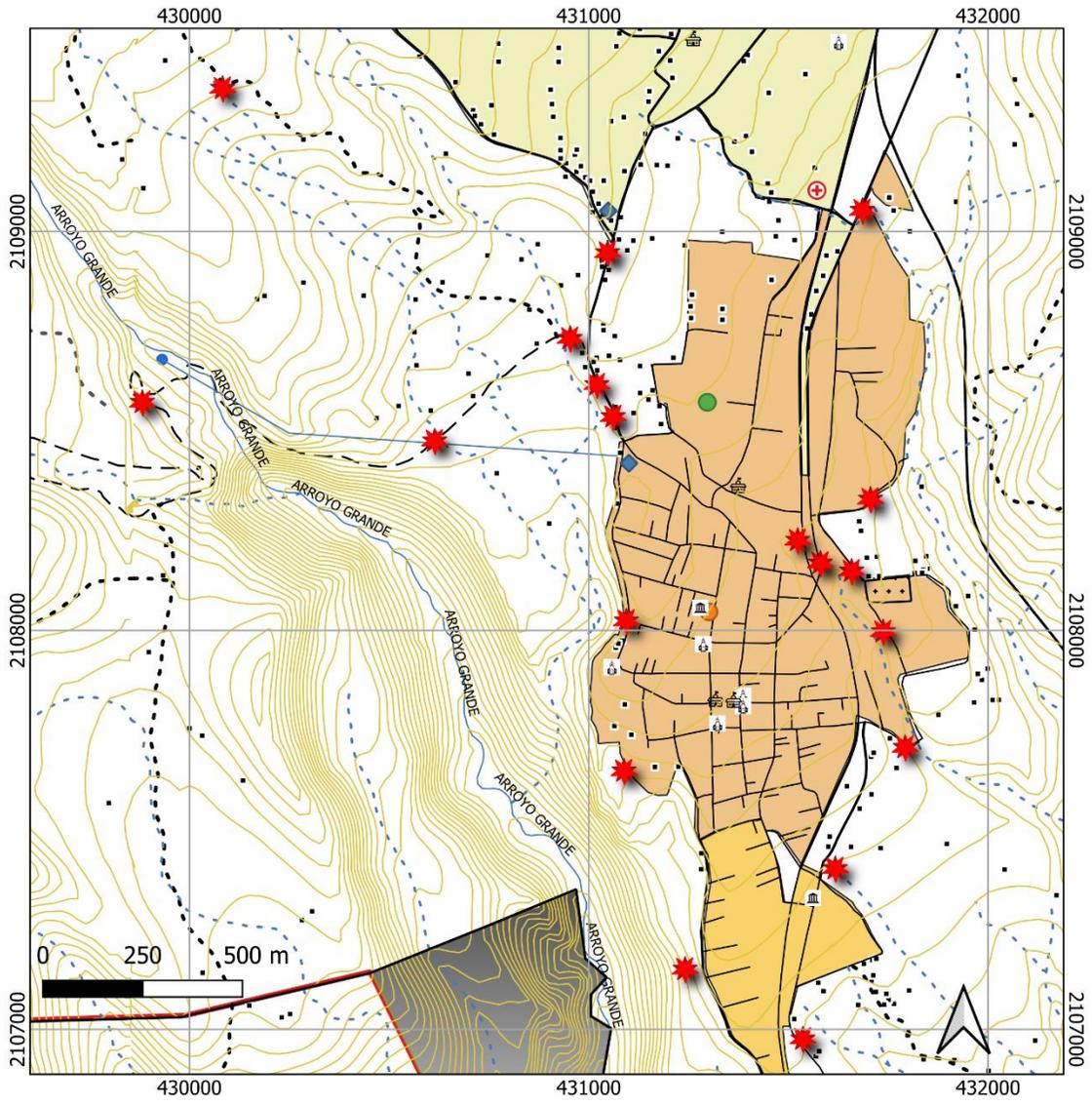


 <p>Universidad Autónoma del Estado de México</p> <p>Facultad de Planeación Urbana y Regional</p> <p>Licenciatura en Ciencias Ambientales</p>		Simbología	
		<p>— Área urbana</p> <p>ANP</p> <p>Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca</p> <p>Parque Ecológico, y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán</p> <p>Parque Natural de Recreación Popular denominado Nahuatlaca – Matlazintca</p> <p>San Pedro Tlanixco</p> <p>Tenango del Valle</p>	<p>0 750 1,500 m</p>  

Áreas Naturales Protegidas en San Pedro Tlanixco

Elaborado por: Frida Aidee Álvarez Pérez
Fuente: Áreas Naturales Protegidas, IGCEM, 2015

1:50,000



Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES



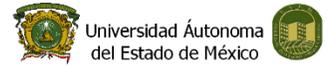
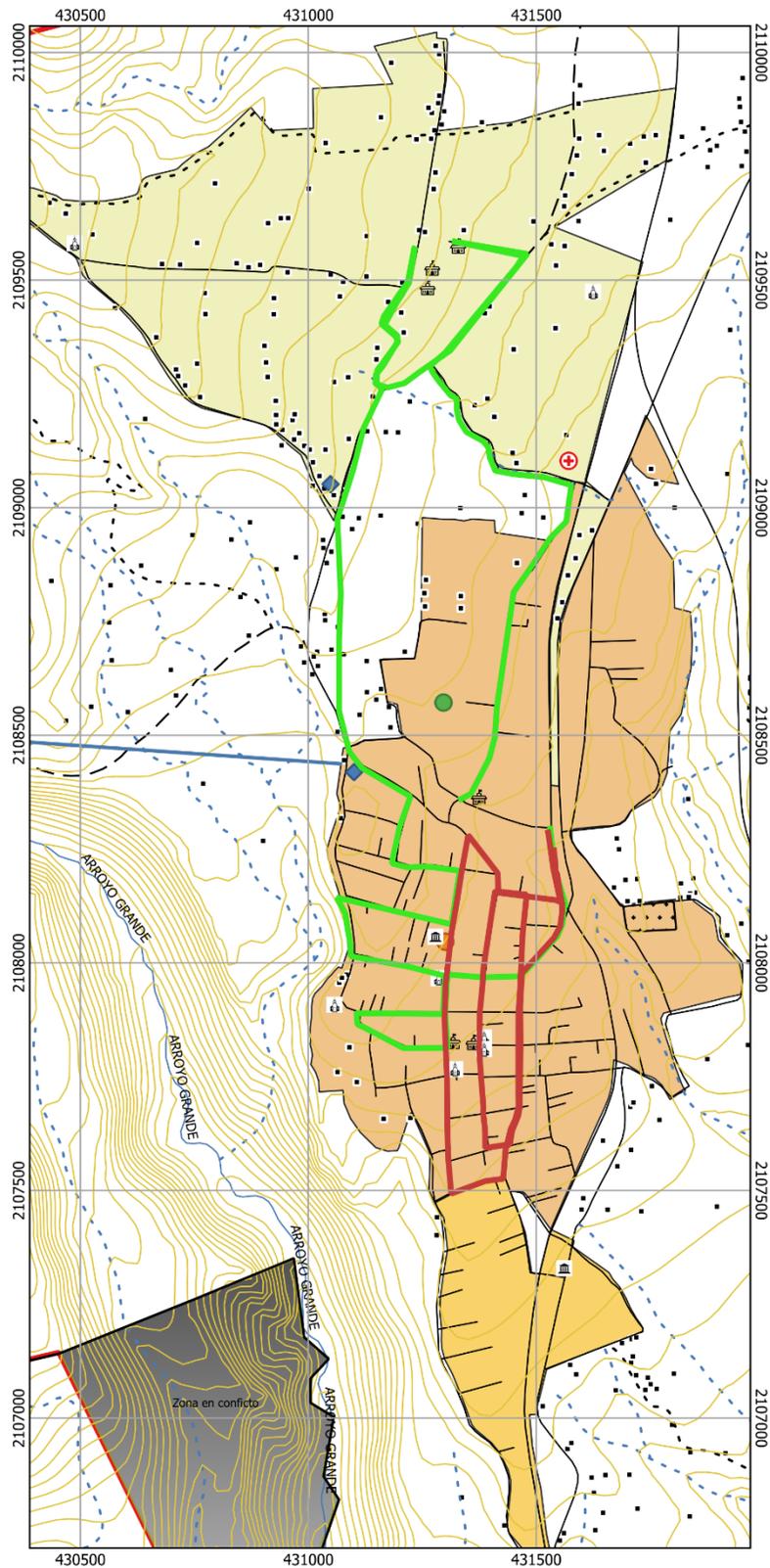
Ubicación de tiraderos a cielo abierto en San Pedro Tlanixco

- | | | | |
|---|---|---|---|
| <p>Simbología temática</p> <ul style="list-style-type: none"> Tiraderos Tlanixco <p>Simbología básica</p> <ul style="list-style-type: none"> Límites municipales Acueductos Curvas de nivel cada 10 m Manantiales | <p>Servicios</p> <ul style="list-style-type: none"> Centro de Asistencia Médica Escuela Instalación Deportiva o Recreativa Instalación Gubernamental Plaza Pozo Templo | <p>Corrientes de agua</p> <ul style="list-style-type: none"> Intermitente Perenne <p>Vialidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Brecha Calle de cuarto orden Calle de segundo orden Calle de tercer orden Pavimentada Terracería | <p>Vereda</p> <ul style="list-style-type: none"> Zona en conflicto Caserío disperso <p>Subdelegaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> El Zarzal La Azteca Centro San Pedro Tlanixco |
|---|---|---|---|

1:14,000

Fuentes:
Marco geoestadístico INEGI, 2020
Investigación de campo mayo 2022

Elaborado por:
Frida Aidee Álvarez Pérez

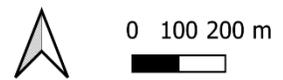


Facultad de planeación Urbana y Regional
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Rutas de recolección en San Pedro Tlanixco 2022

- Simbología temática**
- Ruta sábado 3 t recolectadas
 - Ruta miércoles 5 t recolectadas
- Simbología básica**
- Acueductos
 - Limites municipales
 - Curvas de nivel cada 10 m
- Servicios**
- Centro de Asistencia Médica
 - Escuela
 - Instalación Deportiva o Recreativa
 - Instalación Gubernamental
 - Plaza
 - Pozo
 - Templo
- Corrientes de agua**
- Intermitente
 - Perenne
- Vialidades**
- Brecha
 - Calle de cuarto orden
 - Calle de segundo orden
 - Calle de tercer orden
 - Pavimentada
 - Terracería
 - Casero disperso
 - Cementerio
 - Zona en conflicto
- Subdelegaciones**
- El Zarzal
 - La Azteca
 - San Pedro Tlanixco

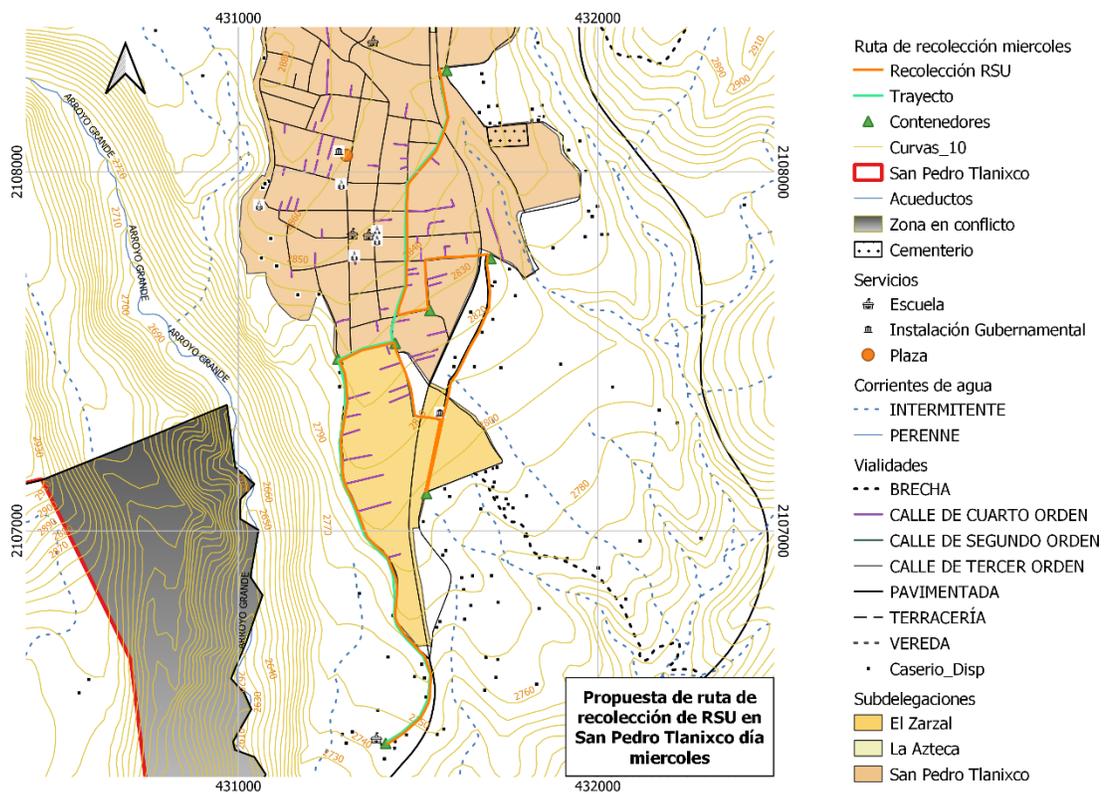
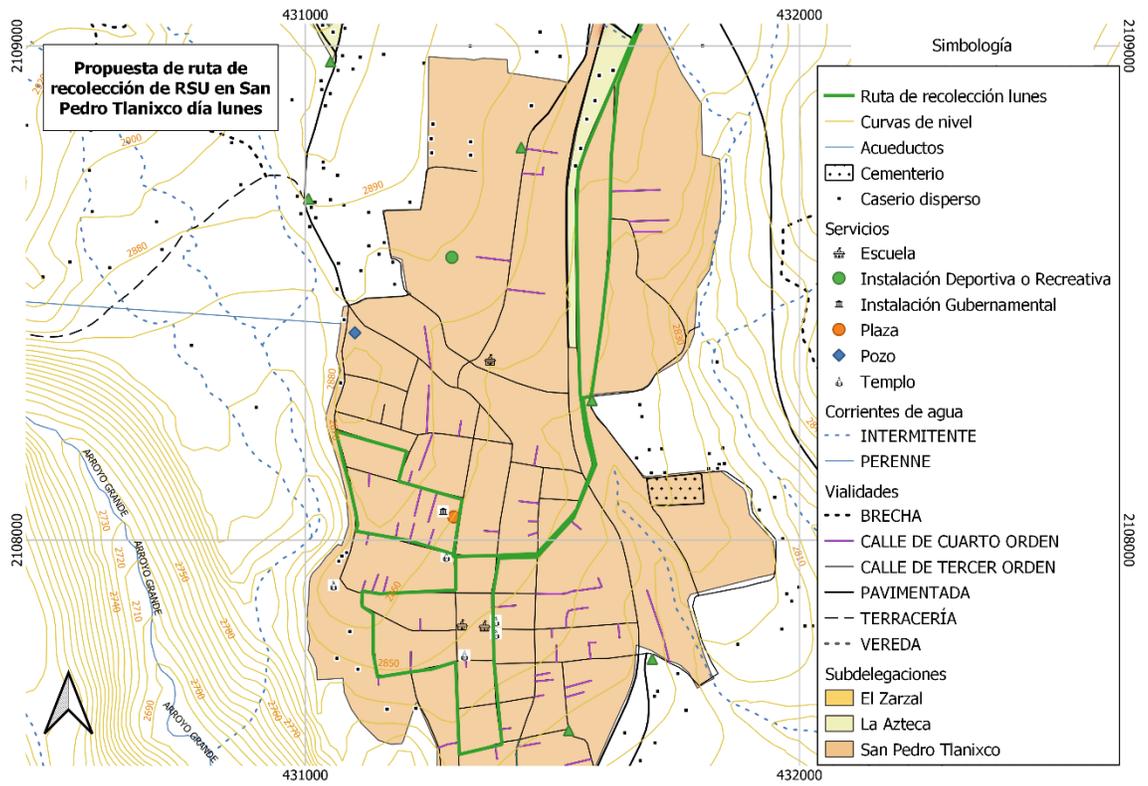
1:12,000

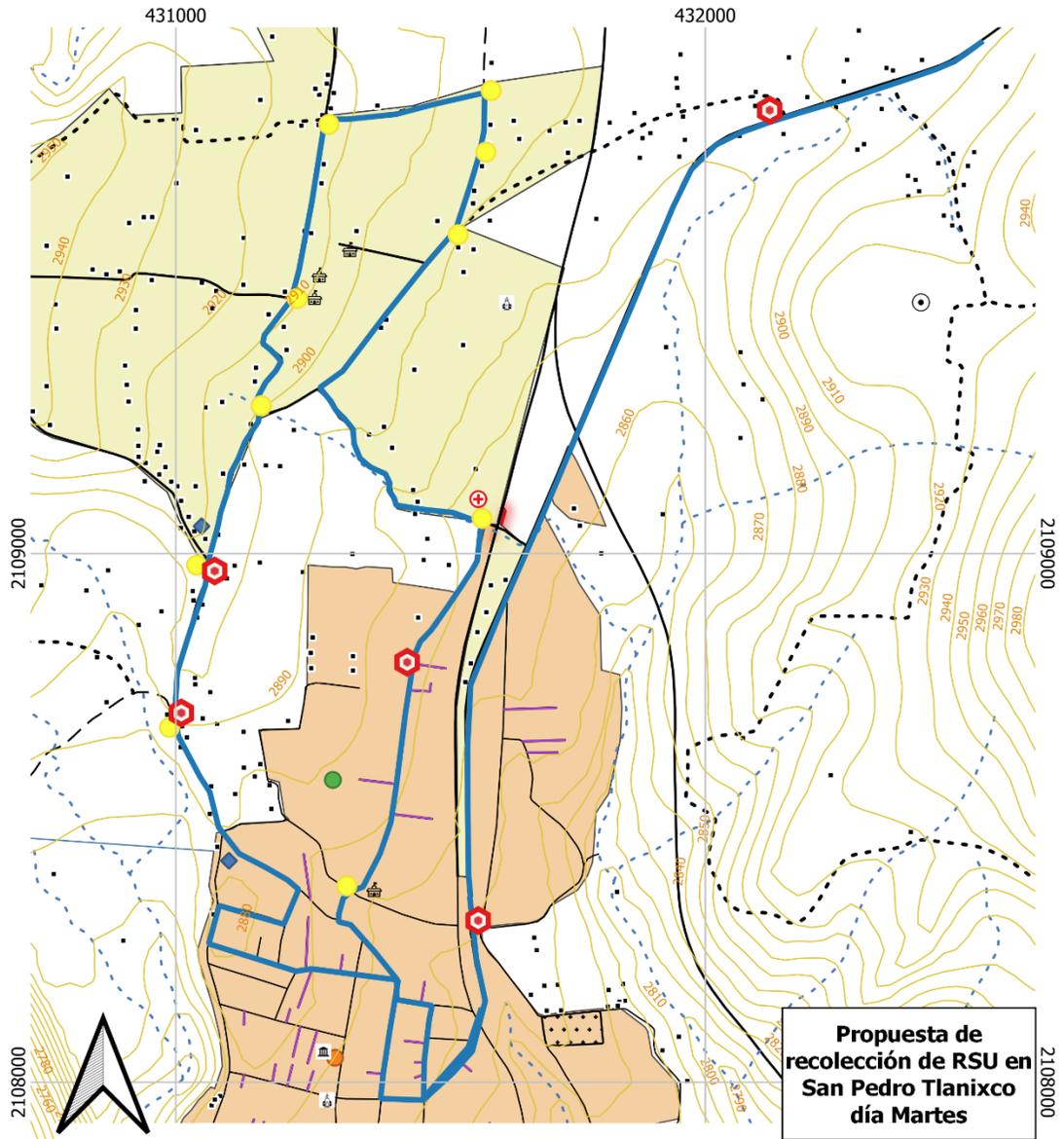


Datos de construcción:
Proyección UTM
Datum WGS 84
Coordenadas UTM cada 500 m

Fuentes:
Marco geostadístico INEGI, 2020
Polígonos ejidales RAN, 2020
Investigación de campo mayo-junio 2022

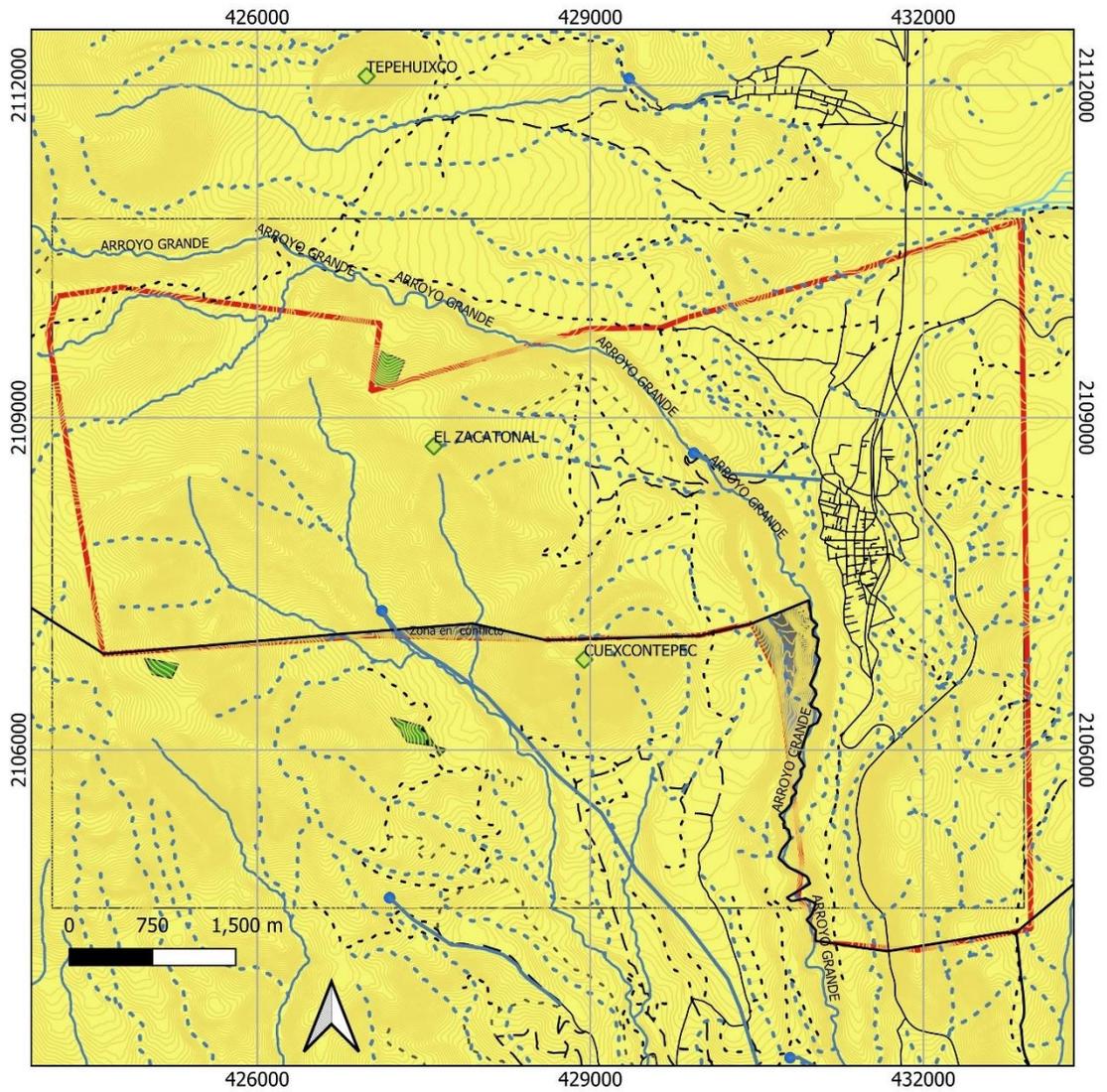
Elaborado por:
Frída Aídee Álvarez Pérez 2022





Propuesta de recolección de RSU en San Pedro Tlanixco día Martes

- | | | | | |
|--|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> — Ruta de recolección martes ● Puntos de espera ⬢ Contenedores — Curvas de nivel — Acueductos ⬢ Cementerio | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Centro de Asistencia Médica ⚙ Escuela ● Instalación Deportiva o Recreativa ⚙ Instalación Gubernamental ● Plaza ◆ Pozo ⚙ Templo | <ul style="list-style-type: none"> — PERENNE ⬢ BRECHA — CALLE DE CUARTO ORDEN — CALLE DE TERCER ORDEN — PAVIMENTADA - - TERRACERÍA | <ul style="list-style-type: none"> - - - Corrientes de agua - - - INTERMITENTE — VIALIDADES — Puentes | <ul style="list-style-type: none"> ⬢ VEREDA ▪ Caserío disperso Subdelegaciones El Zarzal La Azteca San Pedro Tlanixco ⊙ Antenas |
|--|---|--|--|--|



Identificación de sitios aptos para relleno sanitario manual en San Pedro Tlanixco de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT

1:50,000

Elaborado por:
Frida Aidee Álvarez Pérez, noviembre 2022

Datos de construcción:
Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
Datum WGS 84
Cuadrícula UTM cada 3 km

Fuente: Marco geoestadístico INEGI, 2020
Polígonos ejdales, RAN 2020

<p>Simbología básica</p> <ul style="list-style-type: none"> Acueductos Límites municipales Referencia geográfica Manantiales <p>Corrientes de agua</p> <ul style="list-style-type: none"> Intermitente Perenne <p>Vialidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Brecha Calle de cuarto orden Calle de segundo orden 	<ul style="list-style-type: none"> Calle de tercer orden Pavimentada Terracería Vereda Curvas de nivel cada 10 m Zona en conflicto San Pedro Tlanixco <p>Sombología temática</p> <ul style="list-style-type: none"> No apto Apto
--	---

Zonas aptas para la localización de un relleno sanitario manual en San Pedro Tlanixco

Simbología básica

- Acueductos
- Referencia geográfica
- Manantiales
- Casertio disperso

Servicios

- Centro de Asistencia Médica
- Escuela
- Instalación Deportiva o Recreativa
- Instalación Gubernamental
- Plaza
- Depósito de agua
- Templo

Corrientes de agua

- Intermitente
- Perenne

Vialidades

- Brecha
- Calle
- Pavimentada
- Terracería
- Vereda

Curvas de nivel cada 10 m

- Cementerio
- Zona en conflicto
- San Pedro Tlanixco

Simbología temática

- Zonas aptas para relleno sanitario manual

Elaborado por:
 Frida Aídee Álvarez Pérez, noviembre 2022

Datos de construcción:
 Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Datum WGS 84
 Cuadrícula UTM cada 1.5 km

Fuente: Marco geostadístico INEGI, 2020
 Polígonos ejidales, RAM 2020

