Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Planeación Urbana y Regional

PROYECTO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN SAN PEDRO ATLAPULCO, OCOYOACAC, ESTADO DE MÉXICO, 2014

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A:

ALEJANDRA DÍAZ HERNÁNDEZ

DIRECTORAS DE TESIS:

M. EN D. M. ELIZABETH DÍAZ CUENCA

M EN D. M. EMMA GONZÁLEZ CARMONA

Toluca de Lerdo, Estado de México; Junio de 2015

Índice

Introducción 4

Capítulo 1. Los Residuos Sólidos en el Desarrollo Local Sostenible 8

1.1 Problemática y manejo de los residuos sólidos un tema mundial 8

1.2 Riesgo ambiental por falta de manejo de RS 11

1.3 Principios del Desarrollo Local Sostenible 16

1.4 Teoría General de sistemas 19

1.5 Conceptos entorno al manejo sustentable de los residuos sólidos 22

1.5.1 Residuos sólidos: Conceptualización, características y clasificación 22

1.5.2 Manejo sustentable de los residuos sólidos 25

1.6 Metodología 26

1.6.1 Formulación de un proyecto de residuos sólidos orgánicos 28

1.6.2 Manejo integral de residuos sólidos 30

Capítulo 2. Residuos Sólidos en México 32

2.1 Panorama nacional sobre el manejo de Residuos 33

2.2 Programas nacionales y planes de manejo de los residuos sólidos 40

2.3 Análisis de las acciones del manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos 42

2.4 Marco jurídico de los Residuos Sólidos 49

Capítulo 3. Situación de los Residuos Sólidos Orgánicos en San Pedro Atlapulco 55

3.1 Diagnóstico sistemático de los RSO en la comunidad 55

3.1.1 Sistema físico 55

3.1.2 Sistema socioeconómico 59

3.1.3 Sistema administrativo 62

3.2 Subsistema técnico 63

3.2.1. Opciones de manejo de los RSU orgánicos 63

3.2.2 Proceso anaerobio: Biodigestor 63

3.2.3 Proceso aerobio: Composta 64

Capítulo 4. Formulación del Proyecto para el Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos. 70

4.1 Diagnóstico del servicio de residuos sólidos en SPA. 71

4.1.1 Generación 71

4.1.2 Recolección 77

4.1.3 Transporte y disposición final 78

4.1.4 Localización 79

4.2 Formulación del proyecto de elaboración y comercialización de vermicomposta 81

4.2.1 Propuesta del servicio de residuos sólidos 81

4.2.2 Mercado 92

4.2.3 Técnico 100

4.2.4 Organizacional 103

4.2.5 Legal 104

4.2.6 Financiero 108

4.3 Evaluación Socio-económica y ambiental 111

4.3.1 Evaluación social 111

4.3.2 Factibilidad ambiental 115

Conclusiones y recomendaciones 118

Referencias 124

Anexos 129

Introducción

El presente trabajo aborda el proyecto para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos en la comunidad de San Pedro Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, Estado de México; en donde al igual que otras localidades del país, existe una problemática provocada por la ausencia de manejo de los residuos sólidos; los cuales son depositados en barrancas, calles y cuerpos de agua. Esto se puede apreciar en el interior de la comunidad y con más impacto visual en el tiradero, que se encuentra a 3 kilómetros de la delegación; provocando con ello, una imagen sucia de la localidad. Debido a esto se presenta contaminación en el suelo, aire y agua; pues los residuos se disponen a "cielo abierto". Por otra parte, existe la posibilidad de que proliferen enfermedades; ya que los residuos causan efectos en la salud como respiratorios, dermatológicos y estomacales. Lo que puede verse reflejado en la salud de la comunidad, imagen desfavorable a la comunidad; punto que debe ser cuidado debido a la importante afluencia turística que deja derrama económica a Atlapulco, principalmente los fines de semana pues arriban alrededor de 5000 personas (datos de campo). Dichas visitas también representan un aumento en los residuos sólidos generados lo que provoca un incremento en el problema.

La contaminación del agua por residuos es evidente en la zona lo que lleva a desarrollar el proyecto, específicamente encaminado a los residuos orgánicos que producen lixiviados los cuales se filtran alterando la calidad del agua. En Atlapulco no existe manejo de los residuos orgánicos por lo que es desechada en su totalidad y debido a la configuración económica que rige la comunidad se generan altas cantidades de este tipo de residuos ya que se ofrecen servicios de comida y paseos en caballo lo que genera residuos que no son controlados ni tratados, incrementando los problemas sociales y ambientales.

Por consiguiente, la problemática del manejo de los residuos sólidos requiere una solución local que resulte factible en términos económicos, sociales, tecnológicos

y, que permita contrarrestar los efectos negativos que tienen los residuos sólidos en el ambiente: agua, suelo y aire.

Cabe mencionar que, este trabajo es parte del proyecto "Gestión de residuos sólidos para la comunidad de San Pedro Atlapulco, Ocoyoacac" con clave 3573/2013CHT, el cual aborda la situación tanto de los residuos orgánicos, como inorgánicos, en este caso solo se abordan los primeros. Además en este proyecto se llevaron a cabo diversas pesquisas de información y algunas de éstas son utilizadas en el presente documento.

Con el propósito de atenuar esta peligrosa situación, con la participación de la comunidad, de manera que se vean involucrados sus integrantes para que posteriormente lo adopten; se formula el objetivo general, así como los objetivos específicos y la pregunta de investigación que llevan a la elaboración del proyecto.

Objetivo general:

Formular un Proyecto de tratamiento de residuos orgánicos urbanos que pueda contribuir al Desarrollo Local Sostenible de San Pedro Atlapulco, Ocoyoacac, Estado de México.

Objetivos específicos:

- Elaborar el marco conceptual que contenga los aspectos de composición, clasificación, barrido, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- Analizar marco jurídico nacional y estatal para la elaboración de un plan de manejo de residuos sólidos, así como las especificaciones que declaran.
- Describir el medio físico y social la comunidad de estudio: San Pedro Atlapulco para contextualizar la problemática del manejo de residuos sólidos.
- Caracterizar los residuos sólidos de la comunidad; composición, cantidad y hábitos de consumo.

- Realizar un diagnóstico sobre del manejo actual de los residuos sólidos en la comunidad.
- Revisar casos de estudio del tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

Pregunta de investigación:

¿Qué aspectos debe considerar el proyecto del tratamiento de residuos sólidos orgánicos para que contribuya en el desarrollo local sostenible de la comunidad de San Pedro Atlapulco? ¿Y cuáles serían los aspectos a considerar para la instrumentación del mismo?

Para ello se decide trabajar bajo un enfoque teórico-metodológico que implica los principios del desarrollo local sostenible, la teoría general de sistemas y el diseño de proyectos de inversión, esto es, se partió de los conceptos básicos como la participación de los agentes locales, los usos y costumbres locales, los recursos endógenos, entre los principales, así como, la visión sistemática para integrar el diagnóstico y con ello definir las estrategias con las cuales se contrarrestara el problema en concreto. Con relación a la metodología para la formulación del proyecto, se desarrolla siguiendo las fases de un proyecto de inversión y se moldea bajo el esquema del proceso de planeación, cuyo fin es definir una propuesta, que en este caso se trata de un proyecto, es decir, la formulación de un proyecto para el manejo de los residuos sólidos orgánicos.

Además se incluyen instrumentos de investigación como la entrevista con las autoridades, encuestas a los miembros de la comunidad y a los visitantes de los valles en Atlapulco, útiles para ampliar el panorama sobre la percepción del problema y para conocer el potencial del producto que el proyecto ofrece.

En el primer capítulo se aborda la problemática general de los residuos sólidos y sus efectos, así mismo se expone la metodología basada en la teoría de sistemas de Bertalanffy y el diseño de proyectos de inversión, con los cuales se fundamenta el presente trabajo. Por otro lado, se exponen los conceptos relacionados con los residuos sólidos para tener un panorama amplio del problema de su manejo. De

igual forma se presenta la relación del manejo sustentable de residuos con respecto al enfoque teórico del Desarrollo Local Sostenible.

El segundo capítulo muestra la situación nacional de los residuos sólidos; en donde se analizan planes y programas de manejo en México. También se despliega el marco jurídico en el cual se encuentra la Ley General de Protección al Ambiente, la Ley General para la Gestión Integral de Residuos Sólidos y las normas referentes a los residuos, entre otras, con el fin de sustentar teórica y conceptualmente el presente proyecto. Además, analizan las acciones emprendidas para minimizar los efectos negativos que provocan los residuos sólidos.

En seguida el capítulo tres expone los componentes del sistema estudiado tales son el económico, social, físico-ambiental y administrativo con el propósito de comprender la interrelación con los residuos. Después se plantean las técnicas opcionales del manejo de residuos orgánicos, como el proceso anaerobio mediante un biodigestor y aerobio mediante la composta. Se escoge el método aerobio por medio de la vermicomposta debido a las características de la comunidad y las necesidades que demanda.

En el capítulo cuatro se muestra la problemática en la comunidad a través del diagnóstico realizado en San Pedro Atlapulco, en todas las etapas del servicio de residuos: Generación, recolección, transporte y disposición final. Una vez examinado el diagnóstico, se formula el proyecto de inversión sobre el tratamiento de los residuos orgánicos, por medio de la vermicomposta o humus de lombriz. Este proyecto se formula con base en las fases de un proyecto de inversión las cuales son: mercado, técnico, financiero, organizacional y legal. Finalmente, se exponen algunos aspectos, socioeconómico y ambiental, que permiten describir la evaluación del proyecto, y a manera de síntesis, señalar la factibilidad del proyecto.

Capítulo 1. Los Residuos Sólidos en el Desarrollo Local Sostenible

El presente capítulo aborda los fundamentos en que se basa el proyecto, mismos que dieron paso a la formulación de la propuesta para el manejo de residuos sólidos orgánicos en San Pedro Atlapulco, en tal sentido se realiza una revisión de la problemática a nivel mundial, nacional y estatal en esta materia.

Por otra parte, se incluyen las bases teóricas referidas a la teoría general de sistemas de Bertalanffy (1968), así como al enfoque teórico del Desarrollo Local Sustentable que delinean la metodología que se desarrolla en el presente trabajo. Además se discuten los conceptos básicos que servirán de apoyo para fines del proyecto, como son residuos, manejo y disposición final, entre otros.

Se destaca el método para formulación de proyectos que incluye estudios de mercado, técnico, organizacional, financiero; evaluación financiera, socioeconómica y por supuesto, ambiental, cabe destacar que el proyecto se presenta con base al Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales (SEDESOL, 1996).

1.1 Problemática y manejo de los residuos sólidos un tema mundial

El acelerado crecimiento de la población mundial en los últimos años, en 2012 ascendía a 7.2 mil millones de habitantes (ONU, 2012), conlleva problemáticas ambientales como consecuencia de las actividades humanas. Uno de los problemas mundiales es la generación de residuos sólidos. El manejo y tratamiento de éstos, son deficientes en muchos países del mundo. Según García (2007), en EEUU se producía el 33% de la basura del mundo para el 2004, pero en 2012 China lo superó. Esto refleja la tendencia de generación de otros países. Además, en un informe del Banco Mundial llamado "*What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*" advierte que los residuos sólidos urbanos generados por los habitantes de las ciudades aumentarán un 70% para el año 2025; lo cual implica que el costo anual de su gestión se incrementará de los 205 000 millones de dólares actuales hasta los 375 000 millones de dólares. Por lo que las ciudades de los países en vías de desarrollo serían las más afectadas,

mientras que el incremento de los costos de su gestión cobraría mayor impacto en los municipios más pobres.

Este comportamiento se explica con el informe titulado *"Residuos y Cambio Climático: Tendencias globales y estrategia marco"* (PNUMA, 2010); donde asegura que los tiraderos a cielo abierto e incluso los rellenos sanitarios que cubren los residuos con tierra, seguido de la incineración de residuos, son los principales productores de metano puesto que provocan mayor impacto al clima. También indican que la generación de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) provienen principalmente por el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, más aún al cubrir los desechos aumenta la producción de metano. Cabe destacar que dicho informe indica que si los residuos orgánicos fueran tratados las emisiones de CO_2 se reducirían hasta un 25% por tonelada. Esto ejemplifica que, de haber una recuperación de residuos orgánicos y un reciclaje de los inorgánicos, los efectos del cambio climático disminuirían.

Sin duda alguna, uno de los problemas por los que atraviesa la humanidad es el cambio climático y, debido a que parte de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono ($CO_{2)}$ y metano ($CH_{4)}$ son producidas por los residuos sólidos; cuyos efectos adversos tanto en la salud como en la economía, por su inadecuado manejo. Con base en los efectos del manejo de los residuos sólidos, los gobiernos se ven en la necesidad de destinar recursos económicos para su gestión; donde muchas veces el sistema es ineficiente causando pérdidas y derroches económicos, en cambio sí se optara por una propuesta adecuada se reducirían gastos con lo cual los impactos al ambiente y a la sociedad serían mínimos.

La problemática de los impactos en el medio ambiente es una preocupación mundial, ésta ha sido discutida en distintas reuniones y conferencias internacionales. La idea es minimizar los efectos negativos con estrategias, tratados y convenios que comprometan cada vez a más países a emplear acciones del buen manejo de los residuos sólidos. Esta preocupación se expresa en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el

Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la 'Cumbre de la Tierra', que tuvo lugar en Río de Janeiro en 1992, de donde se deriva la agenda 21 que incluye el tema de los residuos sólidos, propicia reducir la generación de desechos, el reciclaje y reúso de todo material al máximo; así como el tratamiento y disposición de los mismos en forma segura para garantizar el desarrollo sustentable. De la misma manera anuncia que los gobiernos, el sector privado y las comunidades deben establecer políticas, programas y planes conjuntos en donde los operadores de los servicios y la comunidad desempeñen un papel fundamental que conlleve al manejo racional de los residuos sólidos.

En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2007a), el control de los residuos sólidos municipales (RSM) generados por la población se inició en la época precortesiana y la salud pública en México quedó legalmente sustentada el día 15 de Julio de 1891, fecha en la que se expidió el Primer Código Sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad.

A su vez, los primeros estudios relacionados con los RSM se realizaron hasta la segunda década del siglo pasado, cuando la Comisión Constructora estuvo a cargo del Ing. Miguel Ángel de Quevedo, quién desarrolló estudios de pulverización de residuos sólidos para destinarlos a abono agrícola y de saneamiento en varios barrios de la Ciudad de México (INECC, 2007a).

Los primeros intentos por parte de la federación en el control de los RSM, se inician en el año de 1964, por parte de la Dirección de Ingeniería Sanitaria. Con este organismo se inicia la incorporación de técnicas y métodos de ingeniería para tratar de solucionar el problema, cada vez más creciente, de los residuos sólidos.

La primera obra de gran magnitud para el control de los RSM se realiza en la década de los sesenta; cuando en la ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer relleno sanitario del país, bajo la dirección de profesionales y técnicos de la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (CCISSSA).

A fines de la década de los setenta y hasta 1982, en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), dentro de la Subsecretaría de Asentamientos Humanos y en la Dirección de Ecología Urbana, se llevaron a cabo proyectos, así como la elaboración de normas técnicas para el control de los RSM. Aunado a lo anterior, se realizaron manuales de diseño de rellenos sanitarios y los programas de diseño de rutas de recolección mediante el uso de computadora, así como los proyectos ejecutivos para el confinamiento de residuos industriales (INECC, 2007a).

1.2 Riesgo ambiental por falta de manejo de RS

La falta de manejo de residuos repercute en el ambiente de tal forma que el suelo agua y aire presentan altos grados de contaminación; ya que los residuos mantienen contacto directo al disponerlos sin algún tratamiento previo. El ambiente se va deteriorando al perder su calidad y disminución de sus funciones naturales. Las implicaciones ambientales que se generan por la falta de tratamiento de residuos no se presentan de forma aislada si no que a la vez traen afectaciones sociales de tal manera que, se pueden catalogar en:

a) Riesgos por sustancias tóxicas o peligrosas: Debido a que diversos materiales y productos que se consumen en los hogares, establecimientos industriales, comerciales y de servicios contienen sustancias tóxicas o peligrosas: Corrosivas, reactivas, explosivas o inflamables (SEMARNAT, 2006). La toxicidad de una sustancia se determina de acuerdo con los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos o blancos ambientales. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos adversos potenciales de las sustancias sobre la salud humana.
b) La presencia de compuestos químicos extraños para los ciclos naturales puede también interferir con la movilidad de otros compuestos que son importantes para los procesos biológicos. Los organismos poseen una resistencia variable a los contaminantes, según el grado de aclimatación al tóxico. Por ejemplo, algunas especies de animales son capaces de

acoplar y de disminuir o anular la toxicidad de algunos metales pesados incorporándolos en proteínas; sin embargo, otros compuestos, como los organoclorados, pueden dar lugar a metabólicos de mayor toxicidad que el compuesto que los genera (INECC, 2007b).

c) Los ecosistemas mantienen capacidades de carga limitadas para asimilar sustancias, así la presencia y cantidad de las sustancias introducidas puede representar un riesgo de desequilibrio para ellos, con las consecuencias de degeneración de los ciclos naturales de materiales y agotamiento de recursos.

d) Riesgos de los microbios contenidos en los residuos y de los objetos cortantes: Los residuos sanitarios como pañuelos y pañales desechables, toallas sanitarias y material de curación, que se generan en los hogares, en los diversos establecimientos y en los servicios médicos, contienen agentes patógenos. Éstos pueden causar enfermedades infecciosas, pueden ser virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos (SEMARNAT, 2006).

e) Los microorganismos patógenos presentes en los residuos sólidos afectan al ser humano, sobre todo a las personas que están en contacto con la basura. Estos a su vez pueden contagiar enfermedades a otros. El problema grave que originan los vertederos no controlados, así como la forma de contagio puede ser por contaminación por inhalación de aerosoles procedentes de residuos sólidos a través de las manos, piel, contacto con mucosa, ojos; por heridas o raspaduras y; por ingestión accidental o involuntaria entre otros.

f) Desarrollo de fauna nociva: Los residuos orgánicos que se pudren y contienen nutrientes atraen a multitud de vectores. Colomer M., Francisco J., *et al*. 2007 designa el término como:

> "Se denomina vector sanitario a un organismo vivo (ratas, cucarachas, mosquitos), que es capaz de transmitir una serie de enfermedades causadas por microorganismos (virus, bacterias, protozoos, etc.)"

El mismo vector actúa mecánicamente como vehículo para el trasporte del microorganismo patógeno, traslada el agente patógeno sobre su cuerpo recogido al posarse sobre superficies de residuos infectados. Este vector también puede producirse de manera biológica; cuando el microorganismo patógeno cumpla una etapa de su desarrollo dentro del vector. Los ejemplos más característicos se encuentran en los insectos hematófagos que, al alimentarse de sangre, puede producirse el contagio a otros individuos que sean picados por estos agentes. Los factores que favorecen la proliferación de los vectores son: humedad, presencia de nutrientes, suciedad, materia orgánica en descomposición, residuos, ausencia de control físico, químico o biológico.

g) Contaminación atmosférica: Uno de los problemas más graves que causan los residuos sólidos a la atmósfera es la incineración de los mismos; sea por incendios en los vertederos o por incineración controlada (SEMARNAT, 2006).
h) Con respecto a los vertederos incontrolados, los incendios pueden ser provocados por presencia de materia combustible o por explosiones de metano producida por la fermentación anaerobia que provoca la putrefacción de la materia orgánica.
i) La incineración genera contaminantes tóxicos como las dioxinas y los furanos; los cuales ocasionar problemas a la salud, destacan las malformaciones fetales y cáncer e inmunodeficiencia, entre otros. Además las partículas sólidas pueden causar problemas respiratorios e irritación de heridas y mucosas.
j) En relación con la generación de gases de efecto de invernadero: La descomposición de los residuos orgánicos que se realiza de forma anaerobia y la incineración a cielo abierto producen biogases como el CH_4, que contribuye con un 20% al calentamiento global (Alberto, *et al.*, 2000), CO_2 y óxido nitroso (N_2O) principalmente que representan riesgos para la humanidad y los ecosistemas.

k) Producción de olores: Los procesos de fermentación anaerobia, descomposición y putrefacción a causa de los residuos orgánicos, son los responsables de los olores desagradables que se producen en los vertederos. Cuando el contacto con la basura es persistente e intensivo se puede atrofiar el sentido del olfato, además empeora la calidad de vida de las personas y se presentan fenómenos migratorios. Otra forma de contagio es la producida por vectores como fauna nociva: ratas, moscas o por otros transmisores que afectan a la población en general (Colomer M., Francisco J., *et al*. 2007).

l) Riesgos de los residuos salinos: Los residuos salinos que se disponen en los suelos provocan graves deterioros e interfieren con el crecimiento de las especies vegetales y la vida de los diversos microorganismos que los pueblan, por lo cual se pierden tierras productivas; haciendo con ello, el necesario el control y disposición adecuada de este tipo de residuos (SEMARNAT, 2006).

m) Riesgos de los residuos que se disponen en grandes volúmenes: Los residuos que se disponen en grandes volúmenes en los rellenos sanitarios, como residuos de la construcción o de envases y embalajes de plástico, agotan rápidamente su vida útil y en caso de tirarse en barrancas, cauces de ríos y otros sitios inadecuados pueden provocar inundaciones, constituirse en nichos de vectores de enfermedades y causar otra serie de problemas ambientales y sanitarios (SEMARNAT, 2006).

n) Impactos sobre los recursos hídricos: Una de las consecuencias más graves y de mayor preocupación que pueden generar las malas prácticas para la disposición de los residuos, es la afectación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Debido a que la materia orgánica en putrefacción y descomposición, que contienen los residuos sólidos, provoca una disociación de las macromoléculas orgánicas a formas más sencillas, que tienen un estado líquido y pueden ser fácilmente arrastradas por el agua, formando lixiviados además de

diversos compuestos de nitrógeno y fósforo que son producto de la mineralización de la materia orgánica. Este tipo de contaminación aumenta el contenido de nutrientes en el agua; dando lugar a la eutrofización de la masa acuosa, pudiendo afectar a todo el ecosistema (Colomer M., Francisco J., *et al.* 2007).

Es preciso señalar que la lixiviación se refiere a líquidos formados por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua; provocando por consiguiente, su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (INECC, 2007b).

La contaminación se produce al infiltrarse el agua de lluvia a través de los residuos depositados en barrancas, cauces de ríos, laderas y grietas, posteriormente circula con su carga contaminante hacia los cuerpos de agua ubicados en la vertiente. En el caso de los recursos hídricos subterráneos, la contaminación se presenta mediante un proceso similar, ya que durante y después de los episodios de precipitación pluvial, el agua que se percola por los desechos cargada de contaminantes. Ésta puede migrar al acuífero y afectar su calidad. En otros casos, el acuífero se encuentra muy somero o está constituido por materiales fracturados, lo que incrementa su vulnerabilidad a la contaminación. Este último caso es frecuente en el territorio nacional; implica la contaminación de los recursos hídricos, la afectación de las cadenas tróficas y en un contexto más general, el deterioro de los recursos naturales y de la calidad de vida (INECC, 2006).

En los compuestos orgánicos se encuentran diversos metales tóxicos; los cuales pueden acumularse sobre suelos que, al ser poco móviles pueden retenerse los tóxicos por fenómenos de intercambio iónico, o pueden llegar a masas acuosas superficiales y subterráneas (Colomer M., Francisco J., *et al.* 2007).

Algunos de los contaminantes orgánicos que se han detectado en aguas subterráneas representan un severo riesgo para la salud; sustancias como el percloroetileno y tricloroetileno producen depresión en el sistema nervioso central o afectan el funcionamiento del hígado y riñón, en tanto que el tetracloruro de carbono, el cloroformo y el benceno son agentes cancerígenos (Colomer M., Francisco J., *et al*. 2007).

Dichas las anteriores implicaciones desfavorables por la inexistencia de manejo de residuos en el ámbito ambiental y social se evidencia la necesidad de buscar estrategias para evitar dichos riesgos, entre éstas se considera la labor esencial de participación de los agentes locales, pues son ellos quienes generan los residuos y los que pueden encontrar estrategias apropiadas a su dinámica de vida.

1.3 Principios del Desarrollo Local Sostenible

El desarrollo sustentable se define por primera vez como "la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" en el informe titulado "Nuestro futuro común" en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Según las Naciones Unidas consta de tres pilares: el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente.

En 1992, la comunidad internacional se reunió en Río de Janeiro, Brasil, con la finalidad de abordar los medios para llevar a la práctica el desarrollo sustentable. Durante la nombrada Cumbre de la Tierra de Río, los líderes mundiales adoptaron la Agenda 21, que contaba con planes de acción concretos para lograr el desarrollo sustentable a escala regional, nacional e internacional. Lo anterior, fue seguido en 2002 por la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable, donde se aprobó el Plan de Aplicación de Johannesburgo, dicho Plan se basó en los progresos realizados y las lecciones aprendidas desde la Cumbre de la Tierra, y prevé un enfoque más específico con medidas concretas; metas cuantificables así como plazos.

Figura 1. **Sustentabilidad**

Fuente: Bico, 2013.

La sustentabilidad es un paradigma en donde las consideraciones ambientales, sociales y económicas estén equilibradas en la búsqueda de una mejor calidad de vida, esta forma de pensar, abarca un amplio campo de atención debido a la compleja y total integración de la economía-ambiente-sociedad como se puede observar en la figura 1.

La solución de problemas debe tener una visión orientada hacia este modelo, debido a su naturaleza universal, pues la supervivencia de las generaciones futuras depende del manejo eficiente que las generaciones presentes llevan a cabo de los recursos naturales, los cuales dan lugar al desarrollo social y económico. Se pretende resguardar recursos que permitan la continuidad del avance de las actividades humanas.

Para concretizar el enfoque de sustentabilidad al objeto de estudio se propone el manejo de los recursos naturales desde la esfera local, entendiendo este como un espacio territorial donde los actores locales son quienes se hallan en relación directa con los recursos; puesto que en la mayor parte de los casos, ellos son los usuarios, quienes a su vez, pueden ser obstáculos o promotores de las prácticas que resulten beneficiosas para impulsar el desarrollo local con un manejo eficiente los recursos disponibles (Díaz *et al*. 2011).

Resulta de gran importancia la participación de la población por sus conocimientos, prácticas culturales, habilidades, conocimientos e interacción con el medio debido a que, al estar en contacto con el espacio donde se pretende trabajar los pobladores juegan un papel indispensable pues son los que focalizan los problemas, las posibles soluciones e incluso son los que forman parte del problema y de la solución. Es así que se propone el enfoque de Desarrollo Local para involucrar a los pobladores pues es posible trabajar de forma integrada y holística.

Díaz *et.al*. (2011) definen al desarrollo local sustentable como el proceso de transformación de la sociedad local, orientada hacia la resolución de problemas y retos existentes, que pretende optimizar las condiciones de vida de la población mediante un procedimiento organizado y concertado entre los diferentes actores locales, en la perspectiva de una administración eficiente y sustentable de los recursos propios.

Para llevar a cabo el estudio desde ésta perspectiva local se enfatizan tres aspectos primordiales: Primero el estudio resulta complejo ya que interactúan distintas dimensiones económica, social, cultural, físico-geográfica y política; segundo, a nivel local se desenvuelve con la relación hombre-naturaleza que se expresa directamente con agentes definidos; y tercero, se busca el equilibrio en la relación naturaleza-sociedad. Por lo anterior, estudiar el desarrollo involucra adoptar una visión holística, tomando en cuenta las dimensiones que comprendan en la intervención hombre-naturaleza y, con una metodología sistemática (Díaz, *et al*. 2012).

Por otro lado, Boffil (2009), se refiere al desarrollo local sustentable como el proceso endógeno de transformación de las localidades, que se basan en una estrategia de desarrollo local con políticas planteadas para conseguir una efectiva participación de su población en la solución de conflictos y aprovechamiento de oportunidades, para abordar de forma equilibrada e integrada, los aspectos

sociales, económicos y ambientales en un contexto donde se realizan las actividades cotidianas.

Marlin, *et al*. (2004), agrega un principio esencial el cual refiere al aprovechamiento de los recursos locales mediante la participación activa y colaborativa de los actores, el gobierno local, población, iniciativa privada, asociaciones sociales, instituciones educativas o de la administración pública de los diversos niveles de gobierno.

De ésta manera el desarrollo local sustentable se construye a partir de un pilar importante que es la población; quienes juegan un papel decisivo al afrontar conflictos y dificultades en el desarrollo, pues además de participar en la resolución de los problemas, es preciso adoptar ideas que resulten eficientes para el ambiente, la economía y la sociedad; aprovechando racionalmente los recursos naturales pertenecientes al área local. Asimismo la integración y relación entre agentes de gobierno, economía, población e instituciones involucradas, debe facilitar el equilibrio para asegurar el funcionamiento de ésta dinámica debido a que a largo plazo es fundamental que se sustente a sí misma.

Para proponer una alternativa de solución a problemas locales es preciso fundamentar la propuesta con un enfoque sustentable, para que la opción sea viable. Es por ello que al trabajar en una propuesta para el tratamiento de los residuos orgánicos en la comunidad de San Pedro Atlapulco (SPA), se fundamenta con la premisa del desarrollo local sustentable.

1.4 Teoría General de sistemas

La visión transdisciplinaria descrita en el enfoque teórico del Desarrollo Local Sustentable se basa en la Teoría General de Sistemas, se destaca este aspecto porque permite un mejor acercamiento a la realidad, y proporciona una explicación más completa de los problemas. De ahí que en este apartado teórico, se señalen algunos aspectos sobre esta teoría. Una visión holística permite una perspectiva

más completa y amplia del problema o situación al que se mire. Por lo tanto, ofrecer una solución más real y sensata.

La teoría de los Sistemas según Bertalanffy (1968), señala que la totalidad en sí se refiere a los problemas de organización, fenómenos no descompuestos en acontecimientos locales, interacciones dinámicas manifiestas en la diferencia de conducta de partes aisladas o en una configuración superior. Además, él sostiene que un sistema se encuentra conformado por varios componentes que al interactuar se integra una totalidad.

La premisa fundamental se describe como "el todo es más que la suma de sus partes" que tiene un sentido operacional. Claro que se refiere a una identidad investigada resuelta en partes y puede ser constituida o reconstituida, entendiéndose estos procesos en sus sentidos tanto material como conceptual.

Los supuestos básicos de la teoría general de sistemas son:

a) Existe una nítida tendencia hacia la integración de diversas ciencias naturales y sociales.
b) Esa integración parece orientarse rumbo a una teoría de sistemas.
c) Esta teoría puede ser una manera más amplia de estudiar los campos no-físicos del conocimiento científico, especialmente en ciencias sociales.
d) Con esa teoría se desarrollan principios unificadores que atraviesan verticalmente los universos particulares de las diversas ciencias involucradas, que acercan al objetivo de la unidad de la ciencia.
e) Esto puede generar una integración muy necesaria en la educación científica.

Además, ésta teoría afirma que las propiedades de los sistemas, no pueden ser descritas en términos de sus elementos separados; su comprensión se presenta cuando se estudian globalmente. Se fundamenta en tres condiciones básicas:

a) Los sistemas existen dentro de sistemas: Cada sistema existe dentro de otro más grande.

b) Los sistemas son abiertos: Es consecuencia del anterior, en donde cada sistema que se examine, excepto el menor o mayor, recibe y descarga algo en los otros; generalmente en los contiguos. Así, los sistemas abiertos se caracterizan por un proceso de cambio infinito con su entorno, que son los otros sistemas. Cuando el intercambio cesa, el sistema se desintegra, esto es, pierde sus fuentes de energía.
c) Las funciones de un sistema dependen de su estructura: Para los sistemas biológicos y mecánicos esta afirmación es intuitiva. Los tejidos musculares por ejemplo, se contraen porque están constituidos por una estructura celular que permite contracciones.

Se trata de estudiar a los sistemas como entidades, más que como conglomerados de partes, es congruente con la tendencia de la ciencia contemporánea a no aislar fenómenos en contextos estrechamente confinados sino, abrir interacciones para examinarlas y explorar segmentos de la naturaleza cada vez mayores.

Debido a que el esquema mecanicista en vías causales aislables resultaba insuficiente para enfrentarse a problemas teóricos, especialmente en las ciencias biosociales, y a los problemas prácticos planteados por la tecnología moderna. Su factibilidad se volvió clara gracias a distintos adelantos teóricos epistemológicos y matemáticos, entre otros (Bertalanffy, 1968).

Así la teoría de sistemas busca estudiar un fenómeno; entendiendo que éste no se encuentra aislado, y por lo tanto son muchos los factores que inciden sobre su comportamiento, de esta forma cualquier alteración a uno de los elementos que componen al todo modificará su rumbo. Es por ello que para tener esta visión holística el proyecto se fundamenta en la teoría de los sistemas.

Retomando el enfoque del Desarrollo Local Sustentable, es posible entrelazarlo con la Teoría General de Sistemas al considerar todos los elementos que interrelacionan en el espacio, pues así surgen las relaciones entre las partes que desarrollan situaciones favorables o adversas; las cuales se dirigen hacia un

desarrollo del sistema con sus propios recursos que a su vez se logre sin afectar a las generaciones futuras. Es así que cada papel que juegan los componentes tienen relevancia pues al modificar el rumbo de alguno de ellos se pierde el equilibrio y el desarrollo ya no se logra. Dicho lo anterior, se entiende que el proyecto tome en cuenta las esferas o dimensiones que componen el problema para incidir en éste.

1.5 Conceptos entorno al manejo sustentable de los residuos sólidos

1.5.1 Residuos sólidos: Conceptualización, características y clasificación

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2007), precisa desecho como todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose con ello, una masa heterogénea que es difícil de reincorporar a los ciclos naturales.

Los residuos en términos generales, se consideran como aquel material que resta de una actividad humana donde se desecha la materia que ya no sea útil para el usuario. La LGPGIR (2007), denomina un residuo como cualquier insumo, producto o subproducto que se genera en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o procesamiento; que se descarta y puede ser susceptible de aprovechamiento o requiere ser sujeto a tratamiento o disposición final. De hecho, Tchobanoglous, *et al.* (1994), señala que los residuos sólidos son todos los que surgen de las actividades humanas y animales, que se desechan como inútiles o no requeridos.

Los residuos se clasifican en (LGPGIR, 2007):

Residuos Peligrosos: De acuerdo con INEGI (2011), son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contienen agentes infecciosos que les confieren

peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta ley. Su manejo y vigilancia corresponde a las autoridades federales.

Residuos de manejo especial. Tanto INEGI (2011), LGPGIR (2007) como SEMARNAT (2012), coinciden que son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos o que son producidos por grandes generadores, más de 10 toneladas al año de residuos sólidos urbanos. Su manejo y control es competencia de las autoridades estatales.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU), son los 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 la ley de la materia como residuos de otra índole. Son el objeto de estudio de este trabajo, puesto que son competencia de la autoridad municipal y delegacional INEGI (2011), LGPGIR (2007) y SEMARNAT (2012).

A su vez los RSU pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos son materiales que no se descomponen de forma natural o tardan largo tiempo en degradarse, como el plástico, el vidrio, el papel y los metales. Además todos los residuos inorgánicos se pueden reciclar cuando se manejan limpios y secos, libres de materia orgánica. Por otro lado, los residuos orgánicos son los restos de comida y jardín, como: Pan, tortilla, huesos, cáscaras de huevo, frutas, verduras, café, pasto, ramas, flores, hojas, entre otros. También se consideran orgánicos, los residuos como servilletas, bolsitas y empaques de té, filtros de café y el papel de estraza (INECC, 2009).

Según la SEMARNAT (2005), la generación de residuos sólidos urbanos se refiere al resultado de las diferentes actividades productivas que desarrollan las sociedades; generando con ello, una serie de desechos sólidos que pueden tener efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. Además también existen los residuos sólidos municipales (RSM) que son generados en las casas habitación y 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 la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos como residuos de otra índole.

Disposición final de los residuos sólidos

Los RSU son dirigen a sitios de disposición final donde se depositan o confinan permanentemente. Cuentan con características que permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos, esto según la LGPGIR (2007).

Los sitios de disposición final pueden ser, entre otros, vertedero, tiraderos a cielo abierto, tiraderos clandestinos, relleno sanitario, el cual es el más óptimo de todos los espacios, este último es una obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos; ubicada en sitios adecuados al ordenamiento ecológico del territorio y con base en las Normas Oficiales Mexicanas, mediante la cual los residuos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y, se cubren con material natural o sintético para prevenir o reducir la liberación de contaminantes al ambiente, los procesos de combustión no controlada, la generación de malos olores, la proliferación de fauna nociva y demás problemas ambientales y sanitarios (LGPGIR, 2007).

En los sitios de disposición final se llevan a cabo procesos como la lixiviación, propios de los residuos orgánicos, que son líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en

forma disuelta o en suspensión sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan, por lo que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua; provocando con ello, su deterioro y riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (LGPGIR, 2007). Además, debido al ambiente deplorable de estos espacios se favorece la reproducción de agentes infecciosos, como microorganismos capaces de causar enfermedades.

1.5.2 Manejo sustentable de los residuos sólidos

El manejo de los residuos que constituye un conjunto de acciones cuyo objetivo radica en mantener a los materiales que los constituyen en los ciclos económicos o comerciales, así como conservar en equilibrio los ciclos biológicos, mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía, con lo cual no se desperdicia su valor económico y se reduce la contaminación al ambiente (LGPGIR, 2007).

Una de las formas de aprovechar los residuos sólidos es por medio del reciclado. El cual se entiende por la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final; siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos (LGPGIR, 2007). Puede existir un aprovechamiento de los residuos orgánicos, lo cual es el objeto de estudio, por su descomposición puede ser de forma aerobia y anaerobia.

La recolección de los residuos, se puede considerar como la parte fundamental del sistema de manejo integral de residuos sólidos, tiene como objetivo básico preservar la salud pública mediante la recolección de los residuos en todos los lugares donde se generan para transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final, del modo más sanitario posible, eficiente y con el mínimo costo (SEDESOL 2008).

El trasporte se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos recolectados en las fuentes de generación hacia los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final (INECC, 1996).

Por otra parte según INECC 1996 y la LGPGIR 2014 la disposición final se refiere al confinamiento o depositación permanente de los residuos en sitios e instalaciones con condiciones adecuadas, para prevenir y evitar riesgos tanto a la salud humana como los ecosistemas.

1.6 Metodología

La metodología general utilizada en este trabajo parte del método deductivo, que consiste en desarrollar una teoría a partir de hipótesis básicas o conocimientos preexistentes para que manera consecuente se pueda concluir en una nueva teoría formal basada en la unificación de ideas. Para el presente trabajo las premisas previas al proyecto se refieren a la caracterización y el diagnóstico y la teoría o conclusión ante la unificación de ambas resulta la propuesta que se expone como proyecto de inversión, lo cual se maneja de acuerdo con el esquema de la figura 2.

Figura 2. **Metodología general**

Fuente: Elaboración propia, 2015.

De este modo se obtiene el modelo heurístico el cual se integra de las fases que componen el proyecto, se inicia por la caracterización en la cual se describe y analiza el sistema biofísico, económico, social y administrativo de acuerdo con las

características que involucren los residuos sólidos; el diagnóstico de los residuos sólidos en la comunidad, en esta etapa se realiza un estudio exploratorio de los residuos sólidos que se generan en la comunidad, a través de muestras representativas levantadas en cinco días para realizar una separación, peso y registro de los mismos. Asimismo, se obtiene la composición de los mismos; igualmente se indaga sobre el sistema de recolección y el sitio de disposición final, en esta segunda fase se revisa y analiza la legislación en materia, así como el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales. Finalmente en la tercera fase, denominada prospectiva, se realiza el proyecto del tratamiento con vermicomposta de los residuos orgánicos que se desarrolla con los estudios técnicos, de mercado, financiero, y finalmente con la evaluación de factibilidad ambiental y socioeconómica, tal modelo se puede observar en la figura 3.

Figura 3. **Modelo heurístico**

Fuente: Elaboración propia, 2015.

1.6.1 Formulación de un proyecto de residuos sólidos orgánicos

Según la Secretaría de Desarrollo Social, un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema. Esto implica, desde el punto de vista de las ciencias ambientales, la elaboración de alternativas de solución que no perjudique drásticamente al ambiente y que al mismo tiempo se pueda obtener beneficios a la sociedad para mantener un equilibrio entre la eficiencia económica y el bajo impacto al ambiente.

Como plan de acción, un proyecto también envuelve la indicación de los medios necesarios para su realización y la adecuación de éstos a los resultados que se persiguen. En tal sentido, se realiza un análisis económico, técnico, social, financiero, administrativo e institucional. Otro punto importante de consideración es la evaluación que consiste en el balance de las ventajas y desventajas de asignar al proyecto analizado los recursos necesarios para su realización.

Por lo que la estructura general de la metodología de evaluación de proyectos según Miranda (2005) incluye, para presente proyecto, los siguientes puntos:

A) Marco de referencia o antecedentes de estudio

En este punto se verifica que existe un mercado potencial insatisfecho y que es viable desde el punto de vista operativo y con ello, introducir en ese mercado el producto o servicio; es decir identificar a quien va dirigido, por qué, a quién beneficiará y qué problema específico resolverá.

También se demuestra que tecnológicamente es posible producirlo; una vez que se verifica que no existe impedimento en el abasto de todos los insumos, necesarios para su producción. A la par, se define las razones en términos de rentabilidad económica para llevar a cabo su realización.

B) Análisis del mercado

Se determina y cuantifica la oferta y la demanda, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. Este estudio de mercado también es útil para prever una política adecuada de precios, a la par sugiere la mejor forma de comercializar el producto y contesta a la pregunta ¿Existe un mercado viable para el producto que se pretende elaborar?

Al respecto, para el proyecto se pretende identificar el precio que se determinará con los costos de producción y se comparará con otros productos equivalentes, para poder establecer un precio justo.

Para la determinación de la localización óptima del proyecto, es necesario tomar en cuenta no sólo factores cuantitativos, como pueden ser los costos de transporte de material o insumos, sino también los cualitativos; tales como los apoyos fiscales, el clima, la actitud de la comunidad, los centros de generación de residuos, restricciones de tipo legal o ambiental, cercanía a la población objeto del servicio, costos de transporte en el caso correspondiente y otros.

C) Estudio técnico. Este quehacer incluye las siguientes acciones:

- Descripción del servicio que requiere conocer los procesos que intervienen en el desarrollo del mismo.
- Descripción de los procesos a utilizar en el servicio.
- Secuencia de operaciones en la cual interviene la mano de obra, los materiales y la maquinaria necesaria para llevarlas a cabo.
- Determinación del tamaño de la infraestructura. El tamaño de un proyecto es su capacidad instalada y se expresa en unidades de producción por año.
- Selección de maquinaria y equipo con base en la búsqueda de información útil para comparar varios equipos y también es la base para el cálculo y determinaciones posteriores.

- Localización de la infraestructura óptima de un proyecto para contribuir, en mayor medida, al logro de la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital u obtener el costo mínimo.
- Análisis de disponibilidad de materiales.
- Aspectos de insumos y materiales que se necesitan para un servicio de alta calidad, que permita el mejor desarrollo del servicio proyectado.

D) Estudio organizacional y legal

E) Estudio financiero.

F) Evaluación del beneficio social y ambiental del proyecto

Se pretende encontrar los mayores beneficios que la comunidad recibirá al contar con un aprovechamiento de sus residuos orgánicos, tales como los económicos y los ambientales.

1.6.2 Manejo integral de residuos sólidos

SEDESOL (2004), publica un Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales, con el cual se fundamenta el presente proyecto. Al respecto, de destaca el contenido que un plan de manejo de residuos sólidos debe cumplir:

a) Problemática y situación actual que describe y contextualiza el estado de las condiciones actuales entorno a los residuos sólidos y su manejo que deriva en un problema que afecta a la sociedad y al ambiente natural.
b) Estudios de generación, composición y clasificación de los residuos sólidos con base en pruebas que demuestren las características de los residuos sólidos, que servirán para determinar la factibilidad del proyecto.
c) Almacenamiento con la descripción de las formas de almacenamiento de los residuos que el proyecto contempla para llevar a cabo la recolección.
d) Métodos y rutas de recolección que se planifica un método de recolección acorde con las necesidades de la comunidad y la elaboración de rutas de recolección que los vehículos deberán cumplir.

e) Equipo de recolección y transferencia, el cual determina el equipo de transporte de los residuos sólidos. Para el caso de Atlapulco, se tomará en cuenta los dos vehículos que ya realizan recorridos por la comunidad para incorporar algunas adecuaciones y agilizar la recolección.

Comentarios finales

Los residuos sólidos provocan una problemática de interés mundial; ya que afectan en gran medida a la población por los inconvenientes ambientales que los desechos traen consigo. Con esto los gobiernos se ven obligados a realizar gastos para combatir el problema, sin embargo si los esfuerzos fueran dirigidos a la prevención, gran parte de la problemática sería resuelta como lo es la contaminación a suelos, agua y aire. La salud pública no sería afectada por el inadecuado manejo de los residuos.

Los esfuerzos por tratar de frenar los efectos del mal manejo de los residuos se ven reflejados en las distintas reuniones internacionales en las últimas décadas, con el propósito de minimizar los problemas ambientales que afectan a la población.

En este sentido se toma como eje principal la sustentabilidad que enmarca tres dimensiones: Social, económico y ambiental; puesto que un equilibrio entre estas tres esferas pueden llevar a un desarrollo benéfico para todos. Para concretar el sustento teórico, se plantea la propuesta que adopta el desarrollo Local Sostenible; en el cual se integra a la comunidad para dar respuesta a la problemática del manejo y gestión de los residuos sólidos locales. De hecho, se opta por el desarrollo local puesto que el problema surge y afecta a la comunidad, sin dejar de considerar que cada elemento constituye un todo y, de esta forma la propuesta construye una alternativa de solución local, pero a su vez de solución mundial. Por lo tanto, aludir a la Teoría General de Sistemas y el Desarrollo Local Sustentable es de gran importancia para no perder de vista el enfoque sobre el cual se ha fundamentado el proyecto.

Capítulo 2. Residuos Sólidos en México

En el presente capítulo se muestra el panorama del manejo de los residuos en México, abarcando con ello, las escalas federal y estatal para contextualizar la problemática, desde el punto de vista de las acciones que se llevan a cabo como parte del servicio de manejo de residuos que el gobierno está obligado a atender.

También se analizan algunos planes y programas de manejo para realizar la estructura y el enfoque de trabajo, asimismo se identifican los rasgos y la manera en que se encuentra el tema del manejo de los residuos sólidos por el gobierno. Al mismo tiempo, se muestran las acciones que se han llevado a cabo en cuanto al manejo de los residuos orgánicos; lo cual servirá como base para seleccionar el tipo de manejo y, retomarlo en el presente proyecto.

Entonces, es necesario conocer el panorama nacional con respecto a los residuos sólidos para mostrar la situación en que se encuentra el país; ya que la preocupación por el problema de los residuos ha ido en aumento, así los registros relacionados con el tema dan cuenta del contexto tanto nacional como regional en materia.

En este sentido se han identificado planes de manejo de residuos sólidos con pretensiones para aumentar el aprovechamiento de los residuos y disminuir la generación de ellos. Tal es el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y otros programas que van dirigidos a resolver el problema de los residuos como es el caso del Programa Nacional de Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2013-2018; en donde la idea es que cada sexenio elabore un programa nacional.

Y finalmente se muestra el marco jurídico; donde se retoman algunas leyes nacionales, estatales; tales como la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Protección al Ambiente y la Ley General para la

Prevención y Gestión Integral de los Residuos; realizando con ello, un análisis para ser integrado al proyecto en su fundamento legal.

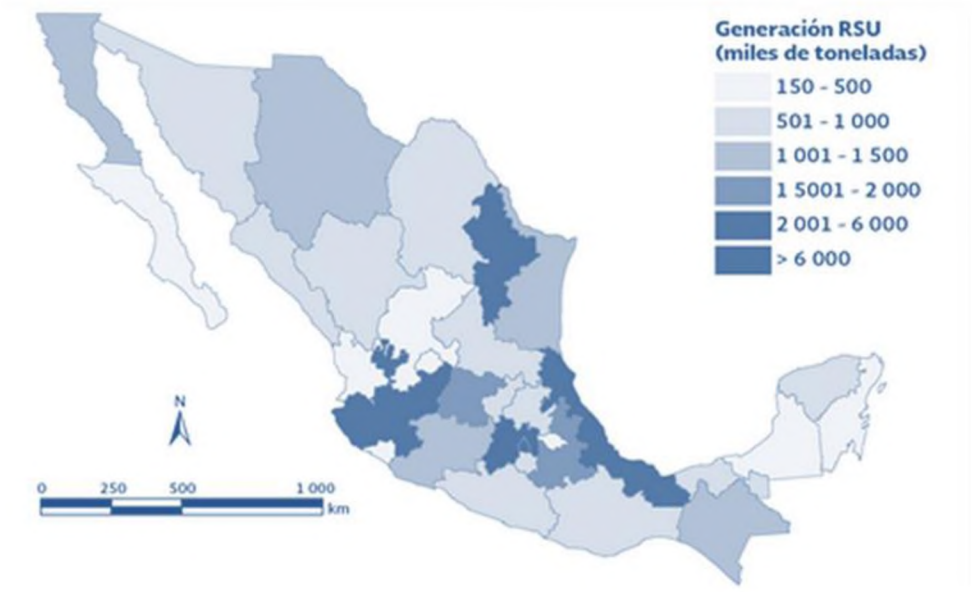
2.1 Panorama nacional sobre el manejo de Residuos

En México la problemática de los residuos sólidos radica en la falta de un manejo adecuado y en la generación. Ésta se calcula de 103 mil toneladas hasta el 2012 diaria de residuos sólidos urbanos (RSU) (Plan Nacional de Desarrollo, 2014). Lo que quiere decir que cada mexicano produce cerca de 311 kilogramos al año.

Cabe señalar que aunque este valor es inferior al promedio per cápita de los países de la OCDE (540 kilogramos por habitante) los datos son cifras promedio que se refleja en datos brutos y no muestran el problema en su forma esencial.

Por otra parte el comportamiento de la población en cuanto a la generación de residuos varía con respecto al nivel social, la ubicación geográfica, la disponibilidad de servicios, entre otras.

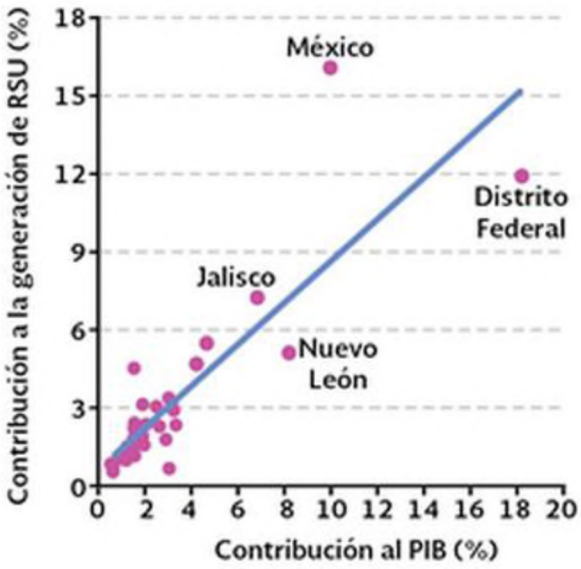
Figura 4. **Generación de RSU por entidad federativa**



Fuente: Retomada SEMARNAT, 2012.

La figura 4 evidencia la relación que existe entre los Estados con mayor producción de residuos y la ubicación de las zonas más industrializadas del país, tal es el Distrito Federal, el Valle de México, Guadalajara y Monterrey no obstante, es posible que tal comportamiento se deba al modo de vida de los ciudadanos de éstos Estados y a la concentración de la población en las ciudades económicas más importantes de México, pues además de ser las más industrializadas también son las más urbanizadas. Por otra parte, en relación con la figura 5, existe una relación directa con la contribución al Producto Interno Bruto y la generación de residuos.

Figura 5. **Contribución al PIB y a la generación de RSU por entidad federativa**



Fuente: SEMARNAT, 2012.

Con base en este marco, otro problema al cual se enfrenta México es la ausencia de tratamiento de los residuos según; se estima que en 2010 (SEMARNAT, 2012) se recolectaron 84% de los RSU generados y sólo 13 de las 32 entidades realizaban recolección selectiva de RSU, las restantes efectúan la recolección mixta, lo que dificultaba su aprovechamiento. Otra de las circunstancias que se atribuye al problema es la carencia de sitios de disposición final, ya que no se tienen las instalaciones necesarias para un manejo adecuado, ocasionando con

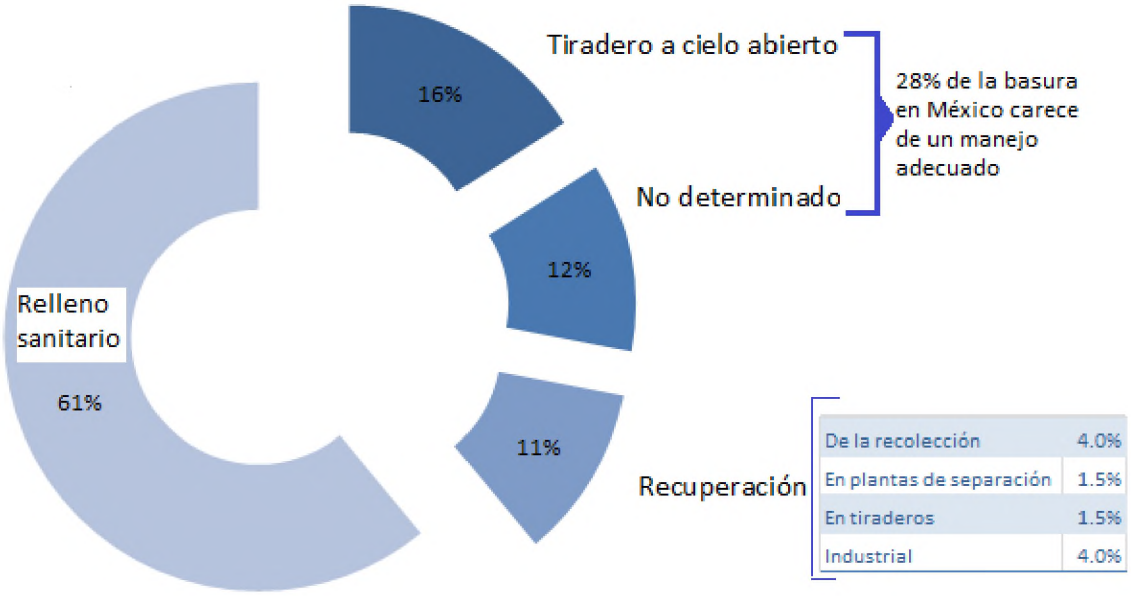
ello un problema al ambiente y a la población, situación abordada en el capítulo 1. Los residuos que se recolectan y depositan en rellenos sanitarios ascienden al 61% por lo que un 16% se dispuso en tiraderos a cielo abierto, 11% se recuperó y del 12% restante se ignora su destino final (PND, 2013).

Al respecto, asumiendo que el 61% de los residuos recolectados son destinados a un relleno sanitario, se podría afirmar que México se encuentra trabajando eficientemente en el manejo de residuos sólidos, no obstante, algunos tiraderos son considerados como relleno sanitario aunque no cumplen con las especificaciones necesarias; por ello las cifras expuestas no muestran la realidad del problema.

Según el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 publicado por el Diario Oficial de la Federación en el 2011, el 90% de las zonas metropolitanas disponían adecuadamente sus residuos, en contraste con el 13% de las localidades rurales o semiurbanas. Este comportamiento debe tomarse con cautela, pues éstos datos divergen con los datos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegaciones 2011, los cuales demuestran que solo el 10% de los municipios cuentan con relleno sanitario, el 67% dispone sus residuos en tiraderos a cielo abierto y el 13% no cuenta con sitios de disposición final. Por lo que, solo el 10% de los sitios de disposición final cumplirían las características adecuadas para recibir los residuos de los municipios.

Como se puede observar en la figura 6 tomada de SEMARNAT 2010, los datos proporcionados no coincidirían con los de INEGI 2011, pues se estaría aseverando que 61% de los residuos recolectados estarían concentrados en el 11% del total de sitios de disposición final correspondientes a rellenos sanitarios que se encuentran en el país, lo cual resulta poco factible ya que no habría espacio suficiente para albergar más de la mitad de los residuos del país en los pocos rellenos sanitarios que operan. Este comportamiento muestra la falta de veracidad de los registros, por lo que dificultan las intervenciones para solucionar la problemática del manejo y gestión de los residuos sólidos en México.

Figura 6. **Disposición final de residuos sólidos urbanos en México 2010**



Fuente: Retomada Semarnat, 2010.

Por otra parte, INEGI 2011 demuestra que en promedio la generación *per cápita* de residuos sólidos es de 0.852 kg/hab/día; con una composición de 39.57% de materiales susceptibles de aprovechamiento, como el cartón, el plástico, vidrio, entre otros; un 37.97% de residuos orgánicos y 22.46% de otros materiales. Para el caso de los residuos orgánicos, los cuales emiten gases tóxicos de efecto invernadero, además de contribuir al cambio climático no pueden ser controlados; debido a que la mayoría de éstos no se tratan y, de tenerlo se disminuirían los GEI.

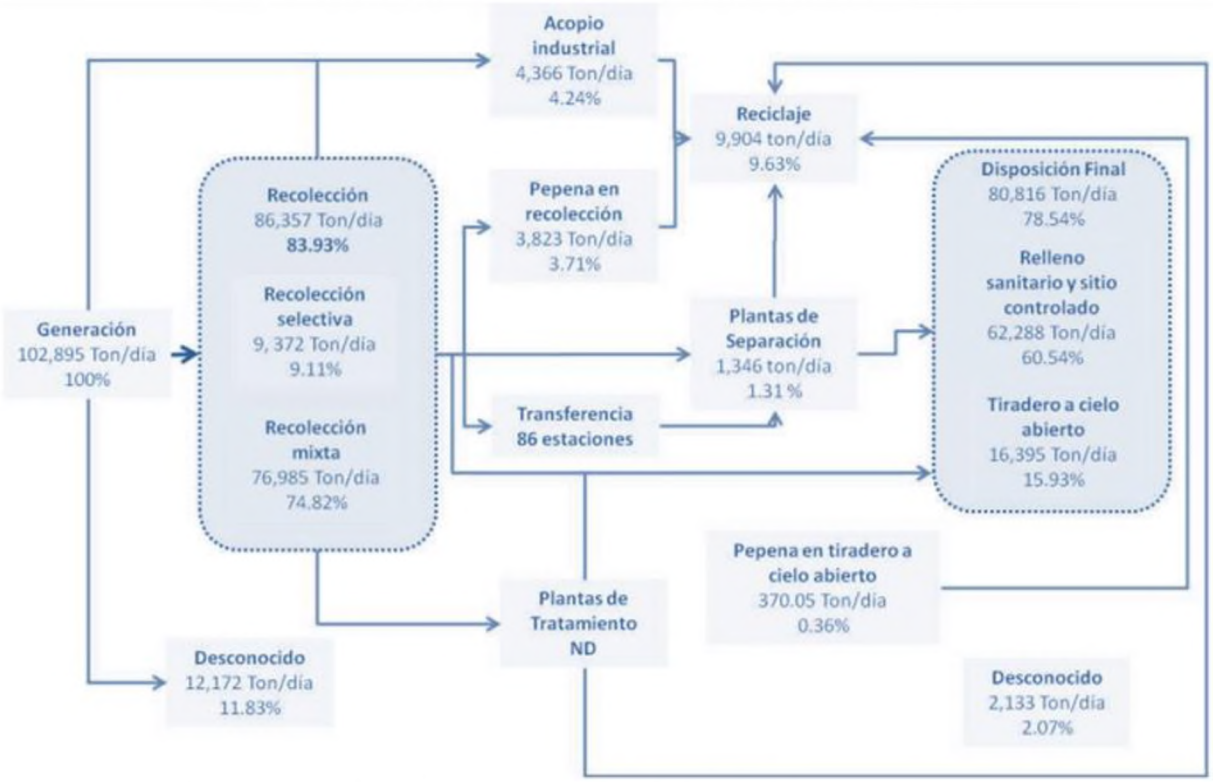
Es por esto que, como parte del objetivo para detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua y suelo por el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 se encuentran algunas líneas de acción relacionadas al manejo de residuos sólidos como:

- Impulsar las actividades de reciclaje a partir de los materiales recuperados de los residuos.

- Impulsar la elaboración e implementación de planes de manejo nacionales para las corrientes prioritarias de residuos.
- Cero tiraderos a cielo abierto. Fomentar su saneamiento y clausura así como la de sitios abandonados y rellenos en desuso.
- Fomentar el aprovechamiento y el manejo integral de los residuos generados por el sector primario.

En la figura 7 se muestra el diagrama del manejo actual de los residuos sólidos en México; en donde se encuentra que la recolección selectiva es de sólo el 9.11% por día a escala nacional; entonces este porcentaje de los residuos orgánicos estaría por debajo del ese porcentaje de aprovechamiento. Cabe resaltar que el desperdicio de residuos tanto orgánicos como inorgánicos es alto, pues se sitúa por arriba del 50%.

Figura 7. **Diagrama Nacional de flujo de los RSU**



Fuente: Segundo Informe de Gobierno del Gobierno Federal, 2014.

Según el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, en 2011 se generaron alrededor de 41 toneladas de residuos, siendo el Estado de México el mayor generador con un 16% del total nacional. Se destaca que teniendo el primer lugar en la recolección apenas se llega a cubrir menos del 60% del territorio mexiquense; lo cual significa que un alto porcentaje de residuos no se disponen adecuadamente.

Si bien es cierto que la mayoría de los residuos generados en el país no tienen tratamiento adecuado, también es claro que ya se han tomado medidas para transformar el manejo, sin embargo han sido inexistentes las acciones de impacto que logren frenar su ineficiencia y las consecuencias que conlleva el mismo.

Existe la apertura en México para recuperar la mayoría de sus desechos; lo que tendría beneficios económicos, al existir un buen manejo y tratamiento de los desechos. Así, la infraestructura para disponer de forma permanente, disminuiría la mayoría de los residuos para ser aprovechados. También se tendría un beneficio al ambiente, porque disminuye la cantidad de contaminantes que los desechos emiten.

Por otro lado, en relación con el Estado de México, según el Diagnóstico Básico para Gestión Integral de los Residuos 2012, el Estado de México cubre alrededor de 50% en la cobertura de residuos sólidos, porcentaje que representa los últimos lugares a nivel nacional en el servicio de recolección. Esto a pesar de ser el estado que más apoyo económico gubernamental recibió para el manejo de residuos sólidos del 2009 al 2012.

La figura 8 indica la situación de disposición final de los residuos; donde se asegura que un 67% de los residuos recolectados se disponen para los rellenos sanitarios y sólo un 7% se encuentra en sitios no controlados. Además se identifican dos plantas de tratamiento, correspondiente al 8% de los residuos que se disponen para estas plantas.

Figura 8. **Situación de los RSU en el Estado de México**

Generación total	14,484				
Disposición	14,484	100%	%		
Disposición en rellenos sanitarios		9,822	67.81	Número de sitios	13
Disposición en sitios controlados		2,388	16.49	Número de sitios	28
Disposición en sitios no controlados (Basureros a cielo abierto)		1,029	7.10	Número de sitios	38
Disposición en plantas de tratamiento		1,245	8.60	Número de sitios	2
				Subtotal	81
				Municipios sin sitio propio	46
		14,484	Totales		127

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente estadísticas 2011.

Fuente: Retomada SEMARNAT, 2011.

A pesar de que la mayoria de los residuos son dirigidos a rellenos sanitarios no existe el tratamiento correspondiente, la recoleccion selectiva aún es escasa aún siendo un punto de gran importancia, pues las pérdidas en residuos son sin duda un derroche injustificable. Cuando la vida útil de un relleno sanitario o un tiradero termina simplemente se abren más, por el contrario si hubiera un tratamiento y reciclaje de los residuos en lugar de pérdidas habrían ganancias. En cambio proliferan sitios no controlados como lo son los tiraderos a cielo abierto, donde es claro que no existe un registro del volumen que ingresa, aunque se asevera que solo poco mas del 7% de residuos se encuentran depositados en estos espacios (SEMARNAT, 2011). El sentido común indicaría que la mayor parte de los residuos se disponen en los sitios no controlados pues en cantidad revasan casi 10 veces a los rellenos sanitarios, convirtiendo con ello a los residuos en basura inservible.

Partiendo de la información anterior se considera que, con relación al proyecto, las acciones tanto nacionales como estatales en residuos orgánicos aún es escasa y

se requiere rescatar para ver reflejado en números las pérdidas que actualmente se efectúan al no existir tratamiendo de residuos. Los datos rescatados no solo muestran la necesidad de implementar nuevas estratégias que aseguren el mínimo de pérdidas y eficiencia en costos, si no que, además se evidencia la carente gestión que México lleva a cabo. Sin duda alguna el problema de los residuos sigue estando latente, por lo cual el presente proyecto busca la minimización del problema en una esfera local de tal forma que los residuos generados por la cumunidad no esten dispersos y cuenten con el debido tratamiento con especial enfásis en el manejo de residuos orgánicos, resaltando además las características del lugar e involucrando a la sociedad puesto que el eje central del proyecto es el desarrollo sustentable.

2.2 Programas nacionales y planes de manejo de los residuos sólidos

En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 se establece como línea de acción para fomentar la valorización y el máximo aprovechamiento de los residuos sólidos, la elaboración y publicación del Programa Nacional de Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2013-2018, sin embargo hasta finales de 2014 no se ha publicado, por lo que el último programa es el correspondiente al 2009-2012 del gobierno presidencial de Calderón.

En el programa se enmarcan objetivos y líneas de acción para la prevención y gestión integral de residuos de manejo especial, residuos peligrosos, residuos minero-metalúrgicos, de la industria petrolera y residuos sólidos urbanos. Se incluye además un método de evaluación para el mismo, entre los que se encuentran indicadores como: Porcentaje de residuos con manejo ambientalmente adecuado; de sitios con normatividad y; de residuos aprovechados, entre otros.

Entre los resultados con respecto a los residuos orgánicos esperados al término del periodo se encuentran la promoción de 32 plantas de tratamiento o aprovechamiento de residuos orgánicos y la promoción de 40 proyectos de disposición final con aprovechamiento o combustión de biogás en esquemas

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de los cuales en el Estado de México se registraron para residuos orgánicos. Además los proyectos tenían la finalidad de aumentar el porcentaje de aprovechamiento de un 11% a un 50% del total de residuos orgánicos generados. Las accionen emprendidas fueron encaminadas a reducir la emisión de GEI que provocan el cambio climático, para también a mejorar las condiciones ambientales de México.

Debido a que el tema de RSU es parte de la agenda pública nacional, la SEMARNAT elabora indicadores para evaluar el estado de situaciones ambientales y el funcionamiento de las acciones que se implementan para mejorar las condiciones del manejo de los residuos sólidos en México. El tema central que se trata en la agenda, se relaciona con el manejo de los residuos sólidos y, los indicadores que se derivan son de presión, estado y respuesta. Los indicadores de presión son: Gasto de consumo final privado y generación de residuos sólidos urbanos, los cuales sirven como medición para conocer la raíz del problema. En los de estado se encuentra la disposición final de los residuos sólidos urbanos, por lo que es conveniente identificar las condiciones actuales del manejo de los residuos, como respuesta: Las acciones de las autoridades locales que dicen disminuir el problema del manejo de los residuos.

En efecto, cada entidad debería desarrollar un Programa de manejo de residuos sólidos con base en su jurisdicción, por medio de un diagnóstico, un fundamento legal, un conjunto de líneas de acción y gestión de los residuos sólidos. Con base en ello, los municipios deben encargarse de la gestión de los residuos. No obstante sólo 19 de las entidades cuenta con un programa de manejo y sólo 74 Municipios trabajan de acuerdo con su propio programa (INEGI, 2014).

Los fundamentos normativos estatales en materia se expresan en la Gaceta de Gobierno del Estado de México 2004 (GEM, 2004), la cual establece el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, en términos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el Código para la Biodiversidad del Estado de México y sus

respectivos reglamentos en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México, dentro del bando municipal establece en el Título V, de los servicios públicos municipales, Capítulo I de la integración con el Artículo 70° sobre el papel del municipio en las actividades de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, que proporcionará el Gobierno municipal.

2.3 Análisis de las acciones del manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos

A pesar de que el tema del tratamiento de residuos orgánicos aún no se desarrolla por completo en México, las experiencias pioneras registradas a finales de la década de los sesenta y principios de los setenta generaron grandes expectativas, y los objetivos de los promotores, como hoy en día, eran recuperar materias primas para la industria de reciclaje, prolongar la vida útil de los sitios de disposición final, y mejorar la calidad de vida de los pepenadores.

Los intentos por lograr los objetivos planteados se vieron reflejados en inversión de capital, adquisición de maquinaria y capacitación de personal, que los gobiernos estatales y municipales encabezaron. Sin embargo, alrededor de la tercera parte de las plantas que fueron instaladas fueron cerradas por cuestiones técnicas, económicas, administrativas, sociales e inclusive políticas; lo cual impidió la viabilidad del funcionamiento de las plantas. Tales fueron los casos de las plantas de Toluca, Guadalajara, Monterrey y San Juan de Aragón. Las de Acapulco y Villahermosa se construyeron pero nunca operaron. También fracasaron las de Oaxaca y Morelia. Por otra parte, las que lograron mantenerse en operación a través de los años, son las de Bordo Poniente, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Jiutepec, Querétaro y Jalapa, entre otros (INECC, 2007a).

De las plantas que aún siguen funcionando, la mayoría son operadas por organismos públicos municipales, seguidos por instituciones educativas. Ejemplo de ello es la operación del Bordo Poniente, "relleno sanitario" más grande de América Latina y de los más grandes del mundo, por el Gobierno del Distrito Federal con 375 hectáreas de terrenos federales y 70 millones de toneladas de basura que permanecen enterradas, en dicho espacio se encuentra una planta de compostaje que diariamente recibe 2, 800 toneladas para ser procesadas (Méndez, 2013). No obstante, las condiciones en que opera el Bordo Poniente representa un riesgo de salud para la población de la Zona Metropolitana del Valle de México, pues no hay un control de los residuos que ingresan ni de la basura que antes fue depositada, tampoco existe el control de los lixiviados; por ello no puede considerarse como un ejemplo exitoso de planta de compostaje como lo indica Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Las otras plantas de compostaje de la Ciudad de México son administradas por instituciones de educación superior o centros educativos. Tal es el caso de las plantas de la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Además, los Centros de Educación Ambiental cuentan con pequeñas plantas de compostaje y ofrecen talleres de capacitación a escuelas secundarias y grupos especializados. La mayoría de las plantas de compostaje son operadas por sus respectivos organismos municipales y en algunos casos se establece una cooperación entre alguna institución social u organización no gubernamental con el municipio (INECC, 2007c).

En un estudio realizado por la INECC en 2005 se obtuvieron los siguientes resultados de las plantas de compostaje que se aprecian en el cuadro 1. El estudio comprende las entidades de México, Morelos y Distrito Federal.

Cuadro 1. **Listado de plantas de compostaje identificadas**

NOMBRE	Entidad federativa	Situación actual
PdC Bordo Poniente	DF	activa
PdC de la Deleg. Álvaro Obregón	DF	activa
PdC de la Deleg. Miguel Hidalgo	DF	cerrada
PdC de la Deleg. Milpa Alta (5 plantas)	DF	activa
PdC de la Deleg. Xochimilco	DF	activa
PdC del Centro de Educ. Ambiental Eco guardas	DF	activa
PdC del Centro de Educ. Ambiental de Xochimilco	DF	activa
PdC de Unidad Habitacional Independencia en la Deleg. Magdalena Contreras	DF	activa
PdC de San Juan de Aragón	DF	cerrada
PdC piloto de la UAM Iztapalapa	DF	activa
PdC de la UNAM	DF	activa
PdC del IPN	DF	activa
PdC del ITESM	DF	activa
PdC de residuos de pescados	DF	activa
PdC de Cuautitlán Izcalli	México	activa
PdC del Centro de Educ. Ambiental Yauclika	México	activa
PdC de Cuautitlán México	México	activa
PdC de Atizapán de Zaragoza	México	activa
PdC de Capulhuac	México	activa
PdC de Texcalyacac	México	activa
PdC de San Lorenzo Huehuetitlan Tianguistenco	México	activa
PdC de Xalatlaco	México	activa
PdC de Amecameca	México	activa
PdC de Nezahualcóyotl	México	reactivando
PdC de Tlalmanalco	México	cerrada
PdC de Tultepec	México	cerrada
PdC de Hueypoxtla	México	N/D
PdC de Tepetlixpa	México	activa
PdC de Tultitlán	México	reactivando
PdC de Cocotitlán	México	reactivando
PdC de Apaxco	México	cerrada
PdC de Huixquilucan	México	N/D
PdC de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez	México	activa
PdC de la Universidad Autónoma Chapingo	México	activa
PdC de Toluca	México	activa
PdC de Valle del Bravo	México	construcción
PdC de Monterrey	Nuevo León	cerrada
PdC de Aguascalientes	Aguascalientes	N/D
PdC de Acapulco	Guerrero	nunca operó
PdC de Tonalá	Jalisco	cerrada
PdC de Zapopan	Jalisco	cerrada
PdC de Querétaro	Querétaro	activa
PdC de Morelia	Michoacán	cerrada
PdC Setzer	Morelos	activa
PdC TepozEco	Morelos	cerrada

PdC de Jiutepec	Morelos	activa
PdC Tehuixtla	Morelos	cerrada
PdCTIPMOR	Morelos	activa
PdC de Cuernavaca	Morelos	activa
PdC Rancho Los Molinos	Morelos	activa
Programa integral Teocelo	Veracruz	activa
PdC de Jalapa	Veracruz	activa
PdC de Mérida	Yucatán	activa
PdC de Oaxaca	Oaxaca	cerrada
PdC de Villahermosa	Tabasco	nunca operó
Cooperativa Orgánica del Centro Ecol. Akumal	Quintana Roo	activa
PdC de Xcaret	Quintana Roo	N/D

Fuente: INECC, 2007c N/D: información no disponible, (año).

En el mismo estudio se observó que el tipo de residuo más común es el generado por la poda de jardín, seguido por los orgánicos de alimentos, estiércol de caballerizas y por lodos resultado del tratamiento de aguas residuales. Los residuos provienen de parques, mercados, separación doméstica de residuos orgánicos y operaciones agropecuarias. El uso principal de la composta es para parques y jardines municipales e instituciones educativas; también se vende, dona o intercambia con agricultores o con la población en general. El tiempo de producción de la composta en los lugares estudiados varía entre 2 y 6 meses.

Por otro lado, tan solo 99 de los 2,438 Municipios de la República Mexicana cuentan con tratamiento de los residuos orgánicos que se llevan a cabo en 80 plantas de tratamiento las cuales se encuentran ubicadas de acuerdo con el cuadro 2. La cantidad promedio diaria de residuos orgánicos enviadas a tratamiento es de 2 748.727 toneladas, siendo el Distrito Federal, Tabasco Oaxaca y Morelos los que más residuos tratan (INEGI, 2012).

Cuadro 2. **Distribución por entidad federativa de las plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánico**

Entidad Federativa	Plantas
México	12
Guanajuato	13
Morelos	9
Michoacán	6

Jalisco	6
Distrito Federal	4
Nuevo león	4
Puebla	4
Veracruz	3
Querétaro	3
San Luis Potosí	3
Nayarit	2
Tabasco	2
Aguascalientes	2
Yucatán	2
Baja california	1
Sonora	1
Chihuahua	1
Hidalgo	1
Chiapas	1

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2012.

Actualmente Jalisco es la entidad que muestra un avance en el tratamiento de los residuos orgánicos; cuenta con 6 plantas de compostaje y 3 en construcción. Además es el único estado que incluye un programa de manejo de residuos orgánicos en documentos oficiales, donde incluye el diagnóstico de las condiciones de las plantas actuales; las características de los subproductos de los residuos; análisis de factores de riesgo, fortalezas y amenazas a los que se encuentran sujetos.

Por otro lado, la experiencia en plantas de compostaje más cercana a la zona de estudio es Capulhuac, donde anteriormente se llevó a cabo la fabricación de composta, lamentablemente dejo de funcionar desde el 2004, fecha en la cual se tiene el último registro de actividad, la figura 7 muestra el estado de la planta cuando estaba en funcionamiento.

Figura 9. **Planta de Capulhuac**

CAPULHUAC
Datos generales
Tipo de planta: Aeróbica y lombricompostaje de 2.6 ha perteneciente al ayuntamiento.
Inicio: El programa se inició en 1998.
Ubicación: El programa se desarrolló en el municipio de Capulhuac, al sureste de la Ciudad de Toluca y cubre una superficie de 21.5 km^2.
Población: 34 101 habitantes (2005) con una tasa de crecimiento anual de 1.4%.
Objetivos del proyecto
El programa fue dirigido principalmente para reducir los desechos que se depositaban en el tiradero, además de manejar gran cantidad de esquilmos y residuos producidos en el municipio, entre 30-45 ton/semana. El sitio de compostaje se encontraba localizado en un costado de un centro de acopio, otra alternativa con la cual también se intentó reducir los volúmenes de desechos enviados al tiradero.
Estadísticas
• La municipalidad generaba 17.6 ton. de RSU por día, de los cuales un 51%, es decir, 8.9 ton. eran de tipo orgánico. • El 100% de los RSU eran recolectados por separado, en orgánicos e inorgánicos, y llevados a la planta de separación y compostaje antes del sitio de disposición final. • Se entregaban a la planta un total de 267 toneladas de residuos orgánicos al mes. • El 98% de los residuos orgánicos de Capulhuac eran tratados en la planta. • La planta producía aproximadamente 90 toneladas de composta por mes.
Descripción del programa
El programa fue administrado por el V Regidor de Capulhuac. Consistía en la recolección selectiva de residuos orgánicos domiciliares 3 días a la semana y la colección de esquilmos y residuos orgánicos de mercados, comercios y otros servicios.
Detalles técnicos del programa

Recepción: Los desechos eran recolectados con 7 camiones, 3 días a la semana, asimismo los particulares también podían ingresar a la planta con vehículos privados para depositar sus desechos.

- No se realizaba preparación para el compostaje, como trituración o molienda, por falta de equipo.
- Los empleados abrían las bolsas que contenían los orgánicos y eliminaban inorgánicos antes de incorporarlos en montones.
- Composta: La materia orgánica se colocaba en 107 pilas de 4 x 16-20 x 1.5 m sobre suelo sin recubrimiento. El proceso duraba 5-6 meses y las pilas se regaban, según la estación, cada 15-20 días partir del 2º mes con mangueras. El agua provenía de un canal de riego.
- Los montones eran volteadas cada 15 días con una retroexcavadora (que no funciona adecuadamente).
- Lombricompostaje: Los 3 a 4 montones con lombrices rojas de California se composteaban 3 meses antes de incorporarse en las pilas.
- Utilización: la cosecha de composta se realiza durante el quinto mes, se cribaba y se empacaba en costales de 50 kg.

Aspectos de medioambiente y social

Son 10 las personas que trabajaban 6 días a la semana en la planta. Todas poseían seguridad social, equipamiento de protección adecuado (guantes, tapabocas, y uniformes). Los empleados participaron previamente en talleres de formación sobre el tema de la producción de composta. La participación de la población fue primordial para el buen funcionamiento de la planta ya que la recolección separada cubre todo el municipio. La planta se cerraba por la noche y el público no tenía acceso directo a la misma.

Particularidades

Debido a que la tradición de la elaboración de la barbacoa es muy importante en el municipio, una gran parte de los residuos que se entregaban a la planta incluían esquilmos de borregos.

Aspectos del medio ambiente natural

No se hacía recolección de los lixiviados. Al principio se hicieron muestras físico-químicas; la última data de noviembre 2004.

Aspectos económicos y comerciales

La composta se vendía a $1000 pesos mexicanos por tonelada. Aproximadamente 8000 costales eran almacenados en la planta. La composta se vendía a agricultores, y a otros municipios, y se regalaba a la población para uso en sus jardines. Los empleados ganaban $2600 pesos mexicanos al mes. La planta fue financiada con el presupuesto otorgado por el ayuntamiento.

Éxitos y problemas

La planta poseía maquinaria bastante especializada y una mecanización del proceso sin embargo, por falta de dinero y de soporte, no se pudo efectuar las reparaciones necesarias. Existía mucho retraso en la separación y la selección de los residuos reciclables entregados en la planta. La trituradora adquirida en 1997 no se utilizó debido a que era inadecuada para los residuos. Se observaron fallas en la gestión de la planta debido a problemas políticos locales.

Fuente: INECC, 2007c.

Sin duda alguna ha habido numerosos proyectos de tratamiento de residuos orgánicos; a pesar de ello los métodos empleados, la forma de trabajo, el presupuesto y los intereses políticos, entre otros han llevado al fracaso de las

plantas de tratamiento. Otras plantas que siguen en funcionamiento son administradas por organizaciones no gubernamentales o instituciones como es el caso de la planta de composteo urbano de Tijuana. En ésta se llevan a cabo talleres de composta y de educación ambiental. Como ésta existen otras organizaciones en el país que fomentan el tratamiento de residuos por medio de la composta domiciliaria. Sigue siendo un reto para el gobierno impulsar y mantener en pie proyectos de esta naturaleza, pues los que actualmente funcionan no son suficientes para cubrir el territorio mexicano.

2.4 Marco jurídico de los Residuos Sólidos

Dentro del contexto legal se integran las bases jurídicas que servirán de sustento para la integración del proyecto. Entre las que se encuentran desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos hasta el Bando Municipal de Ocoyoacac.

En el Título I, Capítulo 1, Artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se declara que toda persona tiene derecho a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Por lo que el manejo adecuado de los residuos sólidos es parte fundamental para hacer cumplir dicho artículo, pues una práctica ineficaz perjudicará el bienestar ambiental de las personas.

En el Título V, Artículo 115° constitucional en el párrafo III se refiere a los servicios que el municipio está obligado a dar; dentro de ellos se encuentra el servicio de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Sin embargo en la comunidad de SPA no se cuenta con dichos servicios, por lo que es necesaria la integración del servicio de limpia.

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en el Capítulo III, Artículo 15, párrafo XII se afirma que toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

Además refiere que las autoridades competentes garantizarán este derecho. Lo anterior involucra la participación integrada tanto de los niveles de gobierno como de los distintos sectores, para lograr brindar el bienestar ambiental a la sociedad.
De la misma forma, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2007 y su Título II, Artículo 6°, también establece las atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la contaminación de sitios y su remediación, que tanto la federación como los municipios les compete cumplir. Para el caso de SPA el deber de cumplir con lo que demanda la ley, es en el municipio de Ocoyoacac en un trabajo conjunto con la federación.

Y en el Artículo 10° se establece que los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final. Dentro del municipio de Ocoyoacac no se cuenta con tratamiento de los residuos sólidos, además tampoco cubren la totalidad de las localidades que lo conforman.

Por otra parte, dentro de la LGEEPA también se encuentra en la Sección VIII, Artículo 41° que dice que el gobierno federal, las entidades federativas y los municipios con arreglo a lo que dispongan las legislaturas locales, fomentarán la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, asimismo promoverán programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, preservar, proteger y restaurar los ecosistemas para prevenir desequilibrios ecológicos y daños ambientales, determinar la vulnerabilidad, así como las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. 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 (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Lo que conviene referir a los efectos del proyecto de residuos sólidos orgánicos este artículo sienta las bases de carácter jurídico, debido a que se realiza un proyecto con finalidad de responder a las necesidades de SPA en materia de residuos sólidos orgánicos, basándose en el Desarrollo Local Sustentable.

Otro de los artículos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) en 2007, que fundamentan el proyecto, es el Artículo 7°, en el párrafo 15 se expone la responsabilidad de la federación para promover la participación de cámaras industriales, comerciales y de otras actividades productivas, así como de grupos y organizaciones públicas, académicas, de investigación, privadas y sociales, en el diseño e instrumentación de acciones para prevenir la generación de residuos, y llevar a cabo su gestión integral adecuada, así como la prevención de la contaminación de sitios y su remediación. Dentro del mismo artículo en el párrafo 25 se declara el compromiso de la federación para convocar a entidades federativas y municipios para el desarrollo de estrategias conjuntas en materia de residuos que permitan la solución de problemas que los afecten. Lo cual se lleva a cabo con la formulación del presente proyecto (DOF, 2007).

Como parte de las competencias de las entidades federativas se determina en el Artículo 9° de la LGPGIR, párrafo 6, establecer el registro de planes de manejo y programas para la instalación de sistemas destinados a su recolección, acopio, almacenamiento, transporte, tratamiento, valorización y disposición final. Además en el párrafo 10 se determina promover la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y procesos que eliminen que reduzcan o minimicen la liberación al ambiente y la transferencia de uno a otro de sus elementos, de contaminantes provenientes del manejo integral de los residuos de su competencia. Para reducir la contaminación al ambiente causada por los residuos orgánicos se lleva a cabo el proyecto que integra las bases mencionadas para su formulación.

En el Título tercero, Artículo 15, párrafo 2 de la LGPGIR se extiende la clasificación de los residuos sólidos a partir de las características físicas, químicas o biológicas inherentes a los residuos, y la posibilidad de que ocasionen o puedan ocasionar efectos adversos a la salud, al ambiente o a los bienes, en relación con sus volúmenes, formas de manejo y exposición que de éste se derive. Para tal efecto, se considerará la presencia en los residuos, de sustancias peligrosas o agentes infecciosos que puedan ser liberados durante su manejo y disposición final, así como la vulnerabilidad de los seres humanos o de los ecosistemas que puedan verse expuestos a ellos. Esta determinación por parte de la LGPGIR servirá como fundamento para la clasificación y separación que se lleva a cabo para la formulación del proyecto, debido a que los residuos orgánicos son separados de los inorgánicos para su estudio.

Posteriormente, el Artículo 18° afirma que los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables. Lo cual es útil para el manejo integral de los residuos.

Finalmente en el Capítulo 3, del Artículo 35° de la LGPGIR se indica que el gobierno federal, los de las entidades federativas y los municipios, en la esfera de su competencia, promoverán la participación de todos los sectores de la sociedad en la prevención de la generación, la valorización y gestión integral de residuos.

Para la producción de *humus* de lombriz se aplica la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, la cual establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el *humus* de lombriz para producción o comercialización en el país. En la norma se establecen las características que el producto debe contener, así como el empaquetado y etiquetado que servirán para elaborar la propuesta acorde con la norma.

Las bases legales que se mencionaron son parte fundamental para la formulación del proyecto de residuos sólidos orgánicos en la comunidad de SPA; ya que fungen como sostén legal del trabajo e impulso del desarrollo sustentable.

Comentarios finales

Es indispensable la participación conjunta e integrada de los agentes involucrados en el manejo de los residuos sólidos para asegurar la funcionalidad del proyecto. Es por eso que se analizan los programas nacionales para conocer el estado y las experiencias de casos que incursionaron en el manejo de los residuos sólidos orgánicos en el país. De hecho, esta revisión permitió integrar algunas experiencias para conducir el proyecto y con base a ello, enfatizar en puntos proclives del manejo e integrar las prácticas exitosas del manejo y gestión de los residuos sólidos.

La preocupación por el tema de los residuos sólidos cada vez es mayor, sin embargo, aún falta mejorar las condiciones de operación de las plantas, así como el seguimiento de las acciones implementadas, la veracidad del registro de información en los diversos ámbitos de la administración; importantes para la toma de decisiones y comunicación entre los diversos ámbitos de gobierno.

La finalidad de este capítulo fue exponer la información concerniente a la normatividad en materia y; las experiencias de las plantas de manejo de residuos sólidos orgánicos. Este análisis permite poner énfasis en las posibles desviaciones operativas que pueden suceder en la implementación del proyecto.

A su vez se reconoce que el interés de las autoridades de los diversos niveles por el manejo y gestión de los residuos sólidos ha disminuido, de manera contraria han proliferado tiraderos clandestinos que tienen un alto impacto en el medio ambiente y en la salud.

Entre las acciones que se encuentran dirigidas al proceso de gestión de residuos sólidos destacan las que fundamentan legalmente el proceso. Al respecto, es claro que la normatividad no siempre se lleva a cabo por la falta de agentes regulatorios en la aplicación. Para efectos del proyecto el contenido de este apartado ha permitido dirigir la propuesta con base en experiencias realizadas en México.

Con base en la disposición legal y la normatividad se enmarca la obligación de proveer un ambiente limpio y sano a la población lo que para ello se indica la gestión de los residuos urbanos por parte del municipio así como de propiciar los medios para hacer cumplir dichas disposiciones federales.

Capítulo 3. Situación de los Residuos Sólidos Orgánicos en San Pedro Atlapulco

En este apartado se describen las características físico geográficas, demográficas, sociales y culturales de la comunidad, así como los antecedentes históricos y la configuración económica, social y ambiental para dar cuenta del contexto del estudio sobre el manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos. Es importante, señalar que a través de la integración de las esferas mencionadas es posible, no solo entender la problemática, sino también explicarla e incidir en ella.

La dimensión físico geográfica incluye la descripción de los rasgos geográficos, tales como los geológicas, edafológicos, climatológicos, topográficos, y los que se refieren al tipo de vegetación.

Los rasgos correspondientes a la dimensión social incluyen los antecedentes históricos de la comunidad, los que conciernen a las características de su población, es decir demográficos y, las actividades que muestran la forma de organización, creencias y conductas que evidencian la dimensión cultural.

Los aspectos económicos integran la dinámica de la población así como el comportamiento que se tiene con respecto a los residuos sólidos que, a su vez afectan a los recursos naturales.

3.1 Diagnóstico sistemático de los RSO en la comunidad

3.1.1 Sistema físico

La comunidad donde se realiza el proyecto de residuos sólidos orgánicos San Pedro Atlapulco se encuentra ubicada en el municipio de Ocoyoacac al este del Estado de México colindando al este con el Distrito Federal, limita al norte con la localidad de San Jerónimo Acazulco, al sur con San Isidro Tultepec, al este con Guadalupe Victoria y al oeste con el Parque Nacional Desierto de los Leones. Con las coordenadas UTM 27´8 N y 58´7 S en la cabecera de la localidad. Además

zonas metropolitanas; la del Valle de Toluca y la del Valle de México, marca su influencia en la comunidad. En la figura 10 se muestra la topografía de la zona de estudio, al norte se encuentra el poblado de Atlapulco y el polígono rojo representa el tiradero, ambos se hayan entre lomeríos, también se observan cuerpos de agua a más de un kilómetro del tiradero y ríos que atraviesan la población.

Figura 10. **Mapa topográfico**

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Por lo que, se refiere a la edafología, las unidades edáficas que conforman el territorio de San Pedro Atlapulco son los andosoles y los cambisoles. La primera de ellas, los andosoles, son suelos negros que se derivan por el alto contenido de materia orgánica que poseen, por lo que son suelos fértiles. Su origen volcánico tiene un horizonte "A" mólico o úmbrico, son porosos y permeables; por lo que, se traduce que son suelos aptos para la agricultura, con una densidad aparente de la fracción de tierra fina y material amorfo. La formación de los andosoles es un proceso muy rápido resultante de la gran área superficial de la ceniza volcánica, que es el material materno, contiene alto contenido de alófano, que le confiere

ligereza y untuosidad al suelo. Los andosoles son suelos altamente permeables, por lo que facilitan la filtración de contaminantes, al encontrarse debajo del tiradero ubicado en la comunidad (Boul 1990 e INEGI s/f).

Por otro lado, los cambisoles son suelos con formación incipiente, se encuentran en una etapa temprana de formación, contienen 60% o más de ceniza volcánica vítrica escorias u otro material vítero piroclástica en las fracciones de limo, arena y grava, carece a la par de cualidades hidromórficas dentro de los 50 cm. superiores. Son de color claro, con cambio de estructura o consistencia debido a la intemperización, ya que carecen de cubierta vegetal. Además presentan una fertilidad media a baja, son bien drenados, de profundidad media, accesibles en su manejo (Boul, 1990)

Los cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial (FAO, s/f). Con base en lo descrito se deduce que debido a lo delgados que son los suelos y al ser perturbados por el tiradero se impide su desarrollo y propicia su pérdida afectando a las especies vegetales y a los organismos que integran la dinámica de los suelos.

Asimismo, se halla materia parental como aluvial, basalto, brecha volcánica y toba. Entre los materiales de origen volcánico se encuentra un basalto que es una roca volcánica de grano fino y el color de verde oscuro a negro; compuesta fundamentalmente por piroxeno y plagioclasa, rica en calcio con cantidades menores de olivino y anfíbol (Tarbuck, 2009).

También se encuentran brechas volcánicas que se refieren a rocas piroclásticas, compuestas fundamentalmente por partículas de tamaño mayor que la ceniza. Estas partículas pueden conformarse por fragmentos con perfil aerodinámico que solidificaron en el aire. Y por último la toba, que es una roca piroclástica común, se compone de diminutos fragmentos (Tarbuck, 2009).

El último material geológico que compone la superficie estudiada es el aluvial. Este se forma en abanicos aluviales que se desarrollan normalmente donde una

corriente fluvial de gradiente alto abandona un valle estrecho en terrenos montañosos. Se forman como respuesta a la caída abrupta del gradiente, que se combina con un cambio de posición y tamaño del cauce (Tarbuck, 2009).

Todo el material parental presente en la comunidad es muy permeable, lo que permite el paso de lixiviados a los cuerpos de agua subterráneos, pues la zona del tiradero se encuentra dentro de la cuenca El Muerto, es posible que los contaminantes infiltren hasta alcanzar los reservorios de agua.

Además, las formas de la superficie de la tierra que conforman la comunidad de San Pedro Atlapulco son laderas y valles. Las laderas son topoformas formadas principalmente por erosión hídrica, intervienen factores de intensidad de lluvia, tamaño de la gota, distribución espacial y temporal. También influye el viento para dar esta forma al relieve en donde la duración, intensidad y velocidad son los principales factores para dar lugar a las laderas (Becerril, s/a).

Los valles son accidentes geográficos más comunes de la superficie de la Tierra. La forma de los costados de la mayoría de los valles es consecuencia de la meteorización, el flujo laminar y los procesos gravitacionales (Tarbuck, 2009). Debido a que el relieve es muy accidentado es más fácil el flujo de los lixiviados y residuos sólidos a cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos.

Asimismo, San Pedro Atlapulco se encuentra dentro de la cuenca "El Muerto" que se ubica en las laderas de la región conocida como el Valle de Toluca, pertenece a la Región Hidrológica 12 Lerma-Chapala-Santiago. El clima que prevalece es el C (w) semifrío subhúmedo de la clasificación de Enriqueta García (INEGI, 2003) con una temperatura media anual de 10.1°C y precipitación anual de 1310.1 mm. (Comisión Nacional del Agua Conagua, 2010). Si bien Atlapulco no posee un clima húmedo, la humedad que presenta junto con las geología del lugar propician el flujo perspicaz de los lixiviados al suelo contaminando, además los cuerpos de agua subterráneos los cuales abastecen a la población tanto de la comunidad como de otras urbes como el Distrito Federal.

3.1.2 Sistema socioeconómico

Desde los primeros años en que se establece esta comunidad, su población se dedicaba a la agricultura rudimentaria; teniendo como principales cultivos el maíz, frijol, chile y calabaza. La cacería se centraba en pequeñas especies y se recolectaban leña y hongos.

Debido a las malas cosechas y a la baja producción, inicia la migración hacia la Ciudad de México en busca de mejores condiciones; ello ocasionó la separación de los campesinos de sus medios de producción y los orilló a enfrentar un mercado de trabajo asalariado. De esta forma las familias con hijos migrantes comenzaron a mejorar su economía e iniciaron actividades comerciales dentro y fuera de la comunidad (Monterroso, 2009).

Para la década de los cuarenta, la comunidad comenzó a relacionarse con el Parque Nacional Miguel Hidalgo y Costilla "La Marquesa". Al principio, solo ofrecían sus caballos para que los visitantes recorrieran el lugar. De este modo se iniciaron en la prestación de servicios recreativos dentro de las tierras del poblado que forman parte del parque, específicamente en el Valle de las Monjas, el cual es de fácil acceso por la carretera federal México–Toluca.

Sin embargo, los cambios mayormente notables se evidenciaron luego de la construcción en 1966 de la carretera que une La Marquesa con Tenango del Valle y Chalma. Esta infraestructura les permitió iniciar la prestación de servicios turísticos en áreas naturales a pie de carretera. Durante la crisis de los sesenta Atlapulco fue una de las pocas comunidades rurales que lograron sobrellevar la situación debido a que incorporaron a la estructura familiar campesina ingresos provenientes del trabajo mercantil y de la prestación de servicios turísticos. En 1980 la Asamblea General de Comuneros determinó la asignación interna de actividades individuales y concedió libertad a los comuneros, para ofrecer servicios turísticos en los valles (Monterroso, 2009).

De esta forma las tierras comunales fueron ampliándose a los servicios turísticos; comenzando por el desarrollo de pequeños negocios relacionados con el comercio, el turismo y la ganadería. Con estos cambios la población de Atlapulco modificó su vocación productiva; de campesina pasó a ser empresaria turística. Actualmente, la mayoría de las familias participa en grupos comunales ofreciendo servicios turísticos.

Han mantenido la población original pues no han permitido el ingreso de personas extranjeras ni mestizos, eso les ha permitido basar su economía en formas de explotación comunal. Con la reforma agraria, la comunidad continuó con el régimen de propiedad comunal, se distribuyeron y legalizaron las parcelas que cada jefe de familia cultivaba y se conformó una nueva manera de organización a través de la Asamblea de Comuneros. La tierra no se vende, todos tienen derecho a ella, siempre y cuando sean originarios del lugar (Monterroso, 2009).

La comunidad de Atlapulco posee 7,110 hectáreas de extensión territorial, en su mayoría bajo el régimen de propiedad comunal. A cada jefe de familia se le dio posesión de una parcela para su consumo individual. De estas hectáreas un total de 3,800 se encuentran conformadas por bosques; debido a ello tienen la capacidad de abastecer agua para sus necesidades y además ofrecer en servicio de agua a los municipios de Huixquilucan, Lerma y la Ciudad de México (Gutiérrez, 1986).

Sus siete valles poseen un gran atractivo natural y, como son cercanos a la Ciudad de México son muy concurridos por sus habitantes. En estas pequeñas extensiones, los comuneros ofrecen servicios a los visitantes como renta de caballos, cuatrimotos o lanchas, venta de alimentos, artesanías y dulces cristalizados. Uno de los inconvenientes de Atlapulco es la irregularidad con la que el turismo ha crecido pues la sobreoferta de algunos servicios, generando competencia y desigualdad en los ingresos que se perciben (Monterroso y Zizumbo, 2009).

De acuerdo con el Censo de Población INEGI 2010, la población total en San Pedro Atlapulco, que es una comunidad rural, es de 4288 conformada por 49% de población masculina y 51% población femenina. De la cual la población económicamente activa corresponde al 56%, la población económicamente inactiva es conformada por el 44% (INEGI, 2010).

Según SEDESOL, el grado de marginación en Atlapulco creció desde el año 2005 al 2010 de bajo a medio. Los indicadores que se toman en cuenta para determinar este grado son población analfabeta y servicios básicos de las viviendas. Sin embargo el grado de rezago social se ha mantenido en el nivel "muy bajo" (SEDESOL, 2013).

En el cuadro 3 se muestran proyecciones de población de San Pedro Atlapulco del 2015 hasta el 2030; por lo que se estima que la población desde el 2010 aumentaría 2414 habitantes que representa más de la mitad de la población inicial. Lo cual significa un aumento en la generación residuos sólidos, que de seguir con la disposición final a cielo abierto sería necesario abrir nuevos espacios de tierra.

Cuadro 3. **Proyección de población**

Año	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Población	5 074	5 666	6 210	6 702

Fuente: Elaboración propia con base en CONAPO, 2014.

Las actividades económicas de la población de San Pedro Atlapulco, según datos recabados en campo, están soportadas en el sector de los servicios, sobre todo los turísticos en las distintas zonas conocidas como "valles", que son un atractivo tradicional de "La Marquesa" el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla. Entre los "valles" turísticos se encuentran: El Potrero, el más visitado por los servicios que ofrece, el Silencio, Rancho viejo, la Carbonera, las Monjas y el Cerrito del ángel. Los servicios que ofrecen son de alimentos, renta de motocicletas, lanchas y pesca deportiva.

En segundo término, se encuentra el comercio y las actividades industriales que se realizan fuera de la comunidad, en las fábricas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca. El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas muestra que las actividades económicas que se llevan a cabo en San Pedro Atlapulco son de acuicultura, industrias manufactureras; entre ellas fabricación de insumos textiles y acabado de textiles, industria de la madera, fabricación de productos metálicos, fabricación de muebles, colchones y persianas. También se encuentra el comercio de venta por mayoreo de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho, así como comercio al por menor. Además cuenta con actividades de transportes, correos y almacenamiento, información en medios masivos. Por otro lado, existen servicios de alquiler de bienes muebles, servicios de publicidad y actividades relacionadas, servicio de apoyo secretarial, fotocopiado, cobranza, investigación crediticia y similar. Y por último, servicios educativos, servicios de salud y de asistencia social, servicios de preparación de alimentos y bebidas. Otros servicios como asociaciones y organizaciones, servicios personales y servicios de reparación y mantenimiento.

Es importante señalar que no se encuentran registros de INEGI sobre las actividades de aprovechamiento forestal, sin embargo de acuerdo con visitas a la comunidad algunas personas aseguran que en tierras de uso forestal de Atlapulco se tiene el programa de Pago por Servicios Ambientales. Por otra parte se extrae leña para uso doméstico, lo cual demuestra que la información que INEGI expone no considera dicha actividad por lo que pudiera no estar actualizado.

3.1.3 Sistema administrativo

El sistema administrativo se encuentra conformado según el sistema político federativo, en donde Atlapulco siendo una localidad de un municipio, es representado por autoridades locales denominados: Delegados, ellos han elegido a cuatro personas, un representante de Participación Ciudadana y, dada la tenencia comunal de la tierra, un Comisariado de Bienes Comunales, cada instancia es apoyado por personal, esta autoridad es elegida por el pueblo y son

puestos honorarios. Y la máxima autoridad es la Asamblea General, la cual se compone por la población de la comunidad que en pleno toman las decisiones sustanciales que atañen a la misma.

3.2 Subsistema técnico

3.2.1. Opciones de manejo de los RSU orgánicos

El tratamiento de los residuos sólidos orgánicos puede darse por medio de dos condiciones la aerobia y la anaerobia. En el caso del compostaje anaerobio se produce energía en forma de biogás, reduce en gran medida el volumen de la materia orgánica, permite altas velocidades de carga, requiere poco espacio, pocos equipos mecánicos y no emite gases contaminantes, olores o gérmenes; sin embargo, produce un *compost* de menor calidad, su arrancado es lento y difícil y las bacterias anaerobias son sensibles a gran cantidad de sustancias tóxicas.

Por otra parte, el compostaje aerobio produce un *compost* de mayor calidad y su puesta en marcha es sencilla; sin embargo, requiere un gasto energético para aportar oxígeno, reduce menos el volumen de la materia orgánica, requiere grandes superficies, tiene un límite en la carga que puede tratar y expulsa gases contaminantes a la atmósfera (Dandachli, *et al*, s/a).

3.2.2 Proceso anaerobio: Biodigestor

La digestión anaerobia se lleva a cabo en un bioreactor (también llamado digestor anaerobio) que proporciona las condiciones adecuadas para el crecimiento de las bacterias involucradas en el proceso. Existen tres generaciones de digestores anaerobios más reconocidos que son:

a) Los tradicionales, generalmente construidos con cemento e instalados en el subsuelo o sobre la superficie del terreno, son simples y baratos, pero resultan ineficientes para producir biogás.

b) Los que están construidos con gran variedad de materiales, presentan mayor capacidad, tecnología e infraestructura, y se identifican desde reactores de flujo ascendente hasta reactores con *biofilm.* La biopelícula está constituida por una comunidad de microorganismos embebidos en una matriz, los cuales crecen adheridos a una superficie inerte. Estos últimos son modernos y muy eficientes, pero de elevado precio.

El biogás obtenido por digestión anaerobia puede utilizarse directamente como combustible o en la generación de energía eléctrica, en conjunción con la energía calorífica (Ramírez, *et al*. 2013).

3.2.3 Proceso aerobio: Composta

La digestión aerobia: De acuerdo con Ramírez, *et al.* (2013), es un proceso exotérmico, debido a que genera cierta cantidad de calor, además de producir dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua. En este proceso implica un diverso conjunto de bacterias, hongos y microfauna.

Una forma de manejo de residuos sólidos es la composta, la cual es utilizada como un acondicionador y recuperador de suelos por su alto contenido en nutrientes; el cual mejora las propiedades físicas del suelo.

El composteo es el proceso aerobio más utilizado para la descomposición biológica de residuos orgánicos en material húmico, el que tiene origen animal y vegetal es llamado *compost*, durante el cual, los microorganismos aerobios se alimentan de su materia y crecen a partir de carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes presentes en los residuos mencionados; además, parte del carbono, que es fuente de energía para los organismos, va hacia la producción de dióxido de carbono (Ramírez, *et al.* 2013).

Una variante de la composta es la lombricomposta o vermicomposta, que es el proceso de bioxidación y estabilización de la materia orgánica, que aprovecha las capacidades biológicas de la lombriz; lo cual le permiten degradar los desechos orgánicos en su intestino. Las especies más utilizadas son *Eisenia foetida* (coqueta roja) y *Eisenia andrei* (lombriz roja de California); cuya digestión produce humus, incluso con la propia lombriz se puede obtener harina de lombriz, que es rica en proteínas y contiene más de 60% en base secas. La digestión anaerobia es el procedimiento por el cual algunos microorganismos descomponen material biodegradable, sin presencia de oxígeno (Ramírez, *et al.* 2013).

Para este tipo de tratamiento existen técnicas que permiten que el proceso del *compost* sea más rápido y de mayor calidad. Además de que se maximiza el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Como el uso de lombrices para la descomposición acelerada de los residuos orgánicos. Para esto las lombrices, mediante el proceso de alimentación, fragmentan los residuos; por lo que incrementa la actividad microbiana así como los índices de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, también alteran las propiedades físicas y químicas de los materiales y, a la par provoca un efecto de composteo o humificación mediante el cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada. El proceso termina con la producción del llamado *vermicompost* el cual se obtiene con los residuos orgánicos que pasan a través del intestino de la lombriz, comparado con respecto al material original es visiblemente diferenciado (Atiyeh *et al*., 2000 citado por Moreno, s/f).

En este proceso, las lombrices son importantes para acondicionar el sustrato y para promover la actividad microbiana. Las lombrices actúan como batidoras mecánicas ya que al desintegrar el material orgánico, incrementa el área superficial expuesta a los microorganismos y mueven los fragmentos y los excrementos ricos en bacterias, como resultado homogenizan el material orgánico (Domínguez *et al*., 2003 citado por Moreno, s/f).

Para realizar el *vermicompost* se emplean distintas técnicas, dependiendo de la cantidad y tipo de residuos que se agreguen a ella, así como el uso que se le quiera dar. Para el caso de estudios se planea el vermicompostaje por medio de montones estáticos o camas de *compost*, dicha técnica se detalla a continuación.

Los montones de compostaje se refieren a la acumulación del material orgánico, dirigido en filas las cuales se posicionan de forma paralela dejando espacio suficiente para poder manejar cada pila. Las medidas deben oscilar entre 1 y 2 metros de ancho y de altura hasta los 50 cm. (Moreno, s/f).

El lugar donde se depositan los montones debe tener un piso firme que puede ser elaborado o acondicionando al suelo que se tiene, el cual debería ser compactado. En caso contrario se deberá disponer de lugares hechas de concreto, tabique o cualquier otro material que sustente la pila.

a) El lugar donde se llevará a cabo el *vermicompost* debe estar adecuadamente aireado para permitir que las lombrices lleven a cabo el proceso.
b) El lugar debe tener protección para que los cambios bruscos de temperatura no interfieran en el proceso de descomposición. La temperatura óptima es de 20°C. Además las lombrices no soportan la luz por lo que la protección deberá ser de un tono oscuro.
c) Se debe cuidar que la humedad permanezca constante, no se debe permitir que el *compost* se encuentre en estado seco.
d) El pH debe mantenerse en un estado básico, es decir se deben tener niveles superiores a seis.
e) La relación Carbono-Nitrógeno debe mantenerse equilibradamente, para una mejor calidad del *compost* (Moreno, s/f).

Además debe ser un lugar que no se encuentre a larga distancia del poblado, para disminuir costos de transporte y para que los residuos lleguen frescos al lugar de compostaje.

Una vez que se tiene el lugar propicio para la elaboración de la vermicomposta, se agregan los residuos orgánicos; cuidando que estén mezclados en todo tipo de residuos; secos y húmedos, debido a que al presentarse mayor cantidad de cada uno de los residuos el *compost* podría presentar problemas. De la misma forma los residuos que se agreguen deben ser triturados previamente, para facilitar el proceso de descomposición.

Para comenzar con la composta, al fondo de cada pila se acomodan materiales gruesos que servirán como "cama" para las lombrices, que provienen de cultivos orgánicos, los cuales pueden ser ramas trituradas, aserrín, arena o fibra de coco, dependiendo de la disponibilidad de material.
Después se agregan los residuos orgánicos que deben ser desechos de comida y estiércol de animal en una capa de 30 cm. Finalmente se incorporan las lombrices a la cama que previamente se preparó dentro de la pila.

Debido a las condiciones que se presentan la comunidad resulta más factible el tratamiento de los residuos orgánicos por medio de la vermicomposta, las condiciones climáticas permiten el desarrollo del *humus* aunque la temperatura este por debajo de la óptima requerida, es posible adaptar el espacio de trabajo para lograr el proceso de descomposición. Para acelerar la descomposición se agregan las lombrices ya que sin ellas la composta convencional tardaría mucho más tiempo en producir *humus* y la calidad sería menor.

Por otra parte, bajo las condiciones económicas que prevalecen en la comunidad de Atlapulco resultaría mayor dificultad financiar la instalación de las pilas y tanques para un biodigestor. El espacio requerido sería mayor y debido a que el centro de tratamiento también contempla los inorgánicos no cabría espacio para ambos residuos. Además, no todo el material que se introduce a las pilas del biodigestor es consumido, también se extraen residuos sólidos que sirven de

compost pero antes deben someterse a otro tratamiento lo cual representaría otro gasto a la inversión.

Por los resultados arrojados en el diagnóstico, que se presenta en el siguiente capítulo, la cantidad de residuos orgánicos generados por la comunidad a la semana bastarían para alimentar a las lombrices de manera constante. Otro de los factores que llevan a elegir la técnica de la vermicomposta es el potencial de mercado que Atlapulco presenta en sus valles turísticos; donde la venta del *compost* sería rentable pues la afluencia de visitantes es alta.

Comentarios finales

Para elegir la propuesta más adecuada al manejo de los residuos orgánicos de Atlapulco fue necesario revisar cada aspecto que compone a la comunidad como el medio físico y el social puesto que dependiendo de las características que se presenten se determina la técnica apropiada, es así que se elige la producción de *humus* de lombriz. De tal forma, se valora las condiciones bajo las cuales se desarrolla el tiradero, físicamente la zona presenta algunas limitaciones principalmente geológicas que aumentan el riesgo ambiental de contaminación del suelo y agua debido a la permeabilidad del material parental, también se encuentran importantes cuerpos de agua aledaños o en contacto directo con el tiradero lo cual resulta perjudicial para la población.

En los aspectos sociales se tienen que la comunidad conserva una organización con buenos cimientos, tal condición es parte de las fortalezas para la propuesta del tratamiento de los residuos orgánicos. Al ser una población con amplios espacios en el mercado turístico por la principal actividad económica destinada a los servicios para los visitantes de los Valles, se reconoce el potencial de mercado en el aspecto económico.

Finalmente se valoran las tres posibles técnicas de tratamiento entre la composta, la biodigestión y la vermicomposta, teniendo mayor puntaje el *humus* de lombriz por lo que el proyecto se dirige a la elaboración de vermicomposta.

Capítulo 4. Formulación del Proyecto para el Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos.

Se expone el proyecto para el manejo de los residuos sólidos en San Pedro Atlapulco mediante la técnica de vermicomposta, como anteriormente se seleccionó. Así como las características económica, social, ambiental, financiera, técnica y administrativa que debe considerar el proyecto.

En este sentido, el capítulo se compone de un diagnóstico del servicio de residuos sólidos en San Pedro Atlapulco incluyendo la generación, composición, recolección, transporte y disposición final tal como se lleva a cabo por parte de la comunidad.

Además, se presenta el estudio de mercado, exponiendo el comportamiento y las tendencias que tienen los turistas de los Valles de Atlapulco los cuales son los posibles compradores de la vermicomposta. De igual forma se revisan precios de productos similares al que se plantea en el proyecto para determinar el precio adecuado que se deberá presentar.

En el análisis técnico se despliegan los pros y contras del sitio actual de disposición final, debido a que con base en un mapa de aptitud se determinó que el espacio actual es adecuado para establecer el sitio de transferencias así como el lugar donde se procese los residuos orgánicos para obtener la vermicomposta.

En el estudio organizacional se plantea el organigrama para el funcionamiento del sitio de transferencia y producción de la vermicomposta. Por último, se presenta el estudio financiero donde se muestran los posibles medios económicos para llevar a cabo el proyecto y la factibilidad tanto económica como ambiental; exponiendo con ello, los puntos que favorecería la aplicación del proyecto confrontado con la ausencia de este.

4.1 Diagnóstico del servicio de residuos sólidos en SPA.

4.1.1 Generación

En San Pedro Atlapulco los residuos provienen principalmente de la casa habitación, escuelas, establecimientos de comida para el turismo de los Valles y otros comercios. No se realiza separación de los residuos en los domicilios ni en ningún otro lugar. Sin embargo, en una encuesta realizada el 20 de noviembre de 2013 a los habitantes de la comunidad de Atlapulco se obtuvo que algunas personas pepenan el cartón y el PET para vender, sin embargo no todas las familias realizan esta actividad ya que se puede evidenciar en la presencia de residuos en las calles y el tiradero.

Composición

Para saber la composición de los residuos sólidos que se generan en Atlapulco se realizó un análisis con una muestra representativa aleatoria de los domicilios y establecimientos de comida, la prueba se realizó en cinco días de la semana: lunes, martes, miércoles, jueves y viernes cada día de un mes distinto.

Las pruebas consistieron en tomar alrededor de 5 bolsas al azar correspondientes a 5 viviendas, que las camionetas recolectoras proporcionaron, después el contenido de las bolsas se extendían de manera homogénea, como se puede observar en la imagen inferior, para proseguir con la separación y pesaje de cada tipo de residuo.

Cabe mencionar que para la toma de muestras se contó con el apoyo de los delegados quienes además, facilitaron el espacio de trabajo y brindaron información clave para el proyecto, asimismo los operadores de las camionetas recolectoras participaron activamente en el proceso. Parte sustancial del proyecto radica en que fue llevado a cabo de la mano con la comunidad por lo que el contenido demuestra la realidad de Atlapulco.

Imagen 1. **Muestra de residuos sólidos**

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Luego de obtener la información de los cinco días de muestreo, se realizó un análisis de los residuos que se generan. El promedio de residuos generados por día es de 17.78 kg. por cada 5 viviendas, dado de que la muestra se tomó de 5 viviendas. Por lo tanto, si el total de viviendas habitadas en San Pedro Atlapulco es de 1016, según INEGI 2010, cada vivienda generaría 3.55kg diarios. Ya que se dividen los 17.78 kg entre 5 para estimar la cantidad generada por una vivienda, en el cuadro 5 se muestran los residuos generados por cada unidad de tiempo. Esto se puede constatar con el Cuadro 4, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 4. **Promedio de residuos sólidos generados al día**

Material	Peso kg	Porcentaje %
Aluminio	0.23	1.29
Orgánica	11.28	63.42
Papel	1.18	6.61
Peligrosos (medicinas, pilas)	0.64	3.60
PET	0.25	1.39
Plástico	1.77	9.94
Tetrapak	0.21	1.17
Unicel	0.23	1.29
Vidrio	0.55	3.12
Otros	1.45	8.16
TOTAL	17.78	100.00

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

El total de habitantes es de 4288 para el 2010, si se divide el total de residuos de toda la comunidad entre el número de habitantes la generación per cápita de residuos sería alrededor de 0.842 kg/día.

Cuadro 5. **Generación de residuos**

Residuos generados por día	Residuos generados al mes	Residuos generados al año
3.606 toneladas	109.68 toneladas	1316.19 toneladas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. **Generación de residuos orgánicos**

Residuos orgánicos generados al día	Residuos orgánicos generados al mes	Residuos orgánicos generados al año
2.292 toneladas	68.76 toneladas	825.12 toneladas

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos indican que la materia orgánica es el residuo de mayor volumen con un 63.42% seguido del plástico y el papel. Además por cada vivienda se estaría generando 2.256 kg. de residuos orgánicos, en total al día 2.292 ton. Con los datos anteriores se estima que a la semana entran al tiradero de Atlapulco 16.044 ton. de residuos orgánicos que son totalmente desperdiciadas al no existir un tratamiento.

En los cuadros 5 y 6 se presentan los resultados de las muestras tomadas por cada día en donde se observa que el comportamiento de los residuos orgánicos aumenta en los días jueves, mientras que los lunes es el día en que menos residuos orgánicos se produce, lo cual tal vez se deba a que los fines de semana la mayoría de los habitantes se trasladan a los valles para ofertar servicio a los turistas.

Cuadro 7. **Proyección de generación de residuos sólidos**

Año	2015	2020	2025	2030
Población	5 074	5 666	6 210	6 702
Residuos por día (ton)	4.272308	4.770772	5.22882	5.643084
Residuos al mes (ton)	128.16924	143.12316	156.8646	169.29252
Residuos al año (ton)	1538.03088	1717.47792	1882.3752	2031.51024

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 7 se elabora la proyección de residuos sólidos que Atlapulco generaría de seguir con la tendencia actual, para el año 2030 casi se doblaría la cantidad de residuos que actualmente se generan al año con 2031.51 toneladas, esto aunado al tiempo de vida del tiradero es posible que para entonces exista

más de un tiradero para poder abastecer la demanda de la población aumentando los riesgos ambientales y sociales e incrementando los costos de recolección, con lo que se demuestra la necesidad de aplicar nuevos instrumentos que permitan la sustentabilidad del lugar.

En los cuadro 8 y 9 se exponen los resultados de las muestras de manera desglosada, donde el día que mayor incidencia de residuos orgánicos presenta es el martes con un 90%.

Cuadro 8. **Resultados por día muestreado**

Material/Día	Lunes Enero	Martes Septiembre	Miércoles Noviembre	Jueves Abril	Viernes Enero
	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)
Aluminio	0	0.25	0.2	0.58	0.12
Orgánica	3.6	11	7.95	24.42	9.32
Papel	1.2	0.5	0.58	0.58	3.02
Peligrosos (medicinas, pilas)	0		0	3.15	0.05
PET	0.65	0.4	0.1	0.03	0.055
Plástico	1.4	1	0.7	3.7	1.84
Tetrapak	0		0.25	0.17	0.62
Unicel	0.1	0.5	0.5	0.034	0.015
Vidrio	0.6		0.2	0.19	1.78
Otros	1.3	0.5	0	1.8	3.65
TOTAL	8.85	14	10.48	34.654	20.47

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Cuadro 9. **Promedio en porcentaje de residuos solidos**

Material/Día	Lunes Enero	Martes Septiembre	Miércoles Noviembre	Jueves Abril	Viernes Enero
	%	%	%	%	%
Aluminio	0.00	0.00	1.90	1.67	0.60
Orgánica	40.70	90.22	75.90	70.47	45.50

Papel	13.60	0.00	5.50	1.67	14.80
Peligrosos (medicinas, pilas)	0.00		0.00	9.09	0.20
PET	7.30	0.00	1.00	0. 09	0.30
Plástico	15.80	9.76	6.70	10.68	9.00
Tetrapak	0.00		2.40	0.49	3.00
Unicel	1.10	0.00	4.80	0.10	0.10
Vidrio	6.80		1.90	0.55	8.70
Otros	14.70	0.00	0.00	5.19	17.80
TOTAL	100	100	100	100	100

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Además se realizó una prueba en uno de los valles turísticos en día lunes, donde se obtuvo la información expresada en el cuadro 10:

Cuadro 10. **Muestra Valle "El potrero"**

MATERIAL	PESO (KG)	%
Plástico	1.800	5.3
unicel	0.980	2.9
Aluminio	2.450	7.2
Papel	0.690	2.0
Vidrio	0.550	1.6
Cartón	0.50	1.5
otros	0.600	1.8
Orgánico	26.560	77.6
PET	0.100	0.3
TOTAL	**34.230**	**100.0**

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Estos datos muestran diferencias marcadas en cada residuo, se observa que un 77% es de orgánica mientras que se infiere que el PET, el cual es uno de los materiales más utilizados por los establecimientos de comida, no presenta ni el 1%, además se ha remarcado la venta de PET en toda la comunidad por lo que

podría decirse que el sesgo se debe a que las personas de los establecimientos separan dicho material para su venta.

Los resultados obtenidos en esta muestra indican un incremento en los residuos orgánicos así como un porcentaje alto de aluminio, esto se debe a que el tipo de servicio que se ofrece es de alimentos pues con el modo de preparación de los mismos se generan en cantidades muy variadas con respecto a la generada en la comunidad, sin embargo la orgánica sigue siendo la de mayor porcentaje.

Debido a que el sitio de disposición final alberga también los residuos de los valles turísticos es necesario tomar en cuenta que el volumen de residuos orgánicos composteables aumentarían principalmente los fines de semana, que es cuando mayor recurrencia de visitantes se tiene.

4.1.2 Recolección

La recolección de los RS que lleva a cabo el municipio para San Pedro Atlapulco solo se realiza una vez a la semana, según habitantes de la comunidad, en un horario nocturno. Además en la gaceta de gobierno del municipio de Ocoyoacac (2004), en el apartado de servicio de recolección y disposición final, se afirma que los habitantes de Atlapulco no quieren el servicio por parte del Municipio.

Sin embargo, el camión que recorre la comunidad por parte del municipio de Ocoyoacac una vez por semana no es suficiente para cubrir la demanda de todos los habitantes por lo que, personas de la misma comunidad se dieron a la tarea de cubrir el servicio, por lo que están dispuestas dos camionetas particulares que diariamente recorren la comunidad; llevando a cabo la recolección de los residuos. Cabe mencionar que no existe regulación de dichos particulares por parte de la delegación ni otra autoridad, debido a ello se generan conflictos entre los recolectores principalmente porque no tienen una ruta definida para cada uno, así como tampoco hay control del ingreso de los residuos al tiradero.

Las personas que realizan la recolección reciben ingresos por parte de los habitantes que solicitan el servicio, establecen una cuota por cada vivienda. En la imagen inferior se puede observar cómo se realiza la recolección por parte de las camionetas a los domicilios.

Imagen 2. **Recolección**

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

4.1.3 Transporte y disposición final

En SPA dos camionetas particulares se encargan de transportar los residuos recabados a un tiradero clandestino, el cual se encuentra a 3 km. de la cabecera del poblado en una barranca. En este lugar, se encuentran personas que realizan pepena de algunos residuos inorgánicos, sin embargo la mayoría de los residuos no son separados, principalmente los orgánicos pues no existe un mercado donde los pepenadores puedan obtener algún beneficio de éstos residuos.

Aunque, según las autoridades, el tiradero es solo para uso de Atlapulco otros residuos ajenos a la comunidad son vertidos en la noche, aseguran algunas personas de la comunidad y delegados.

Imagen 3. **Disposición final**

Fuente: Toma propia, 2014

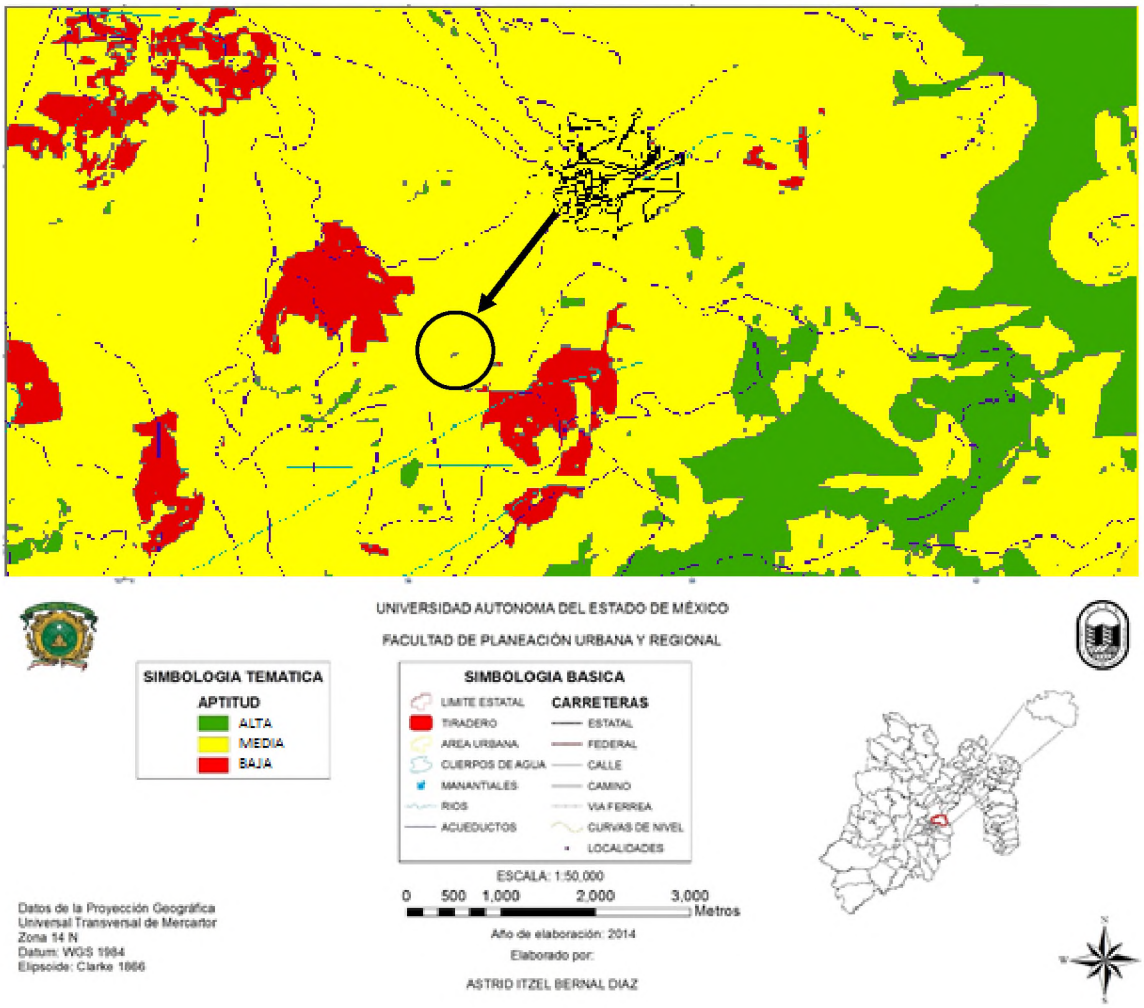
4.1.4 Localización

El sitio de disposición final en donde actualmente se depositan los residuos de la comunidad se valoró para conocer si es viable o no, tanto por las disposiciones legales como por las condiciones biofísicas. Para conocer la pertinencia de las condiciones ambientales se elaboró un mapa de aptitud donde los factores que se tomaron en cuenta fueron tipo de suelo, unidades geológicas, fallas, pendientes, precipitación, hidrología subterránea y superficial, uso de suelo, población y vialidades.

Como puede observarse en la figura 11 el tiradero actual se encuentra en un sitio de aptitud media, considerando que el suelo es andosol, el cual está compuesto en mayor parte de materia orgánica lo que lo hace permeable, se encuentra sobre material basáltico que es un material geológico altamente permeable, cercano a suelos con uso agrícola y forestal.

Con base en las características físicas expuestas anteriormente se puede decir que el lugar no se encuentra apto para un sitio de disposición final sin embargo el lugar cumple con las especificaciones de la Norma técnica estatal ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008. Debido a que nacionalmente no hay una norma que proponga las especificaciones que contiene esta norma. Por lo que se considera que el sitio de disposición final se encuentra bien ubicado para brindar servicio a la comunidad

Figura 11. **Mapa aptitud relleno sanitario San Pedro Atlapulco**



Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

4.2 Formulación del proyecto de elaboración y comercialización de vermicomposta

4.2.1 Propuesta del servicio de residuos sólidos

A. Generación

Separación en el origen.

Para facilitar el manejo de los residuos y de acuerdo a lo dispuesto en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-013-SMA-RS-20 que regula la separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para la valorización y aprovechamiento de los residuos en el Estado de México, se propone que haya separación desde el origen.

Además, esta Norma Técnica Estatal es de observancia obligatoria para todos los generadores de residuos sólidos urbanos en el territorio del Estado de México. Aplicando para los generadores en las diversas fuentes de generación como son casa habitación, establecimientos comerciales y de servicio, tianguis y mercados sobre ruedas que generen residuos sólidos urbanos.

Por ello se integra al proyecto el apartado de separación, las personas deberán entregar al camión recolector sus residuos en tres categorías que son:

a) Reciclables limpios y secos: Todos aquellos materiales de desecho reciclables que se pueden guardar limpios y secos (vidrio, cartón aluminio, botellas).
b) Orgánicos húmedos y composteables: Desechos biodegradables derivados de la preparación y consumo de alimentos y del mantenimiento de áreas verdes que pueden ser composteables; cáscaras de fruta, vegetales, pescado, productos lácteos, etc.
c) Sanitarios y Otros: Desechos no reciclables o composteables (pañales, focos, pilas, etc.).

Como se pretende que los camiones se adapten con contenedores de cada residuo, los generadores pueden entregar sus residuos de forma directa, a excepción de los sanitarios y otros los cuales sería recomendable entregarlos separados en bolsas plásticas bien cerradas para evitar se homogenicen con los demás residuos que se aprovecharán.

Para lograr este objetivo se trabaja en un plan de educación ambiental continúo, mismo en el que participan los pobladores de la comunidad, escuelas, y autoridades con la finalidad de infundir sensibilización a cerca de la importancia del tratamiento de los residuos, la separación, así como el manejo de las 3 R´s: Reducir, reciclar y rehusar.

Algunos puntos del programa ya se han puesto en marcha resultando exitoso en el comportamiento de la comunidad como parte del proyecto central se ha trabajado con escuelas, comuneros y delegados quienes a su vez han apoyado el programa organizando faenas. Derivado del trabajo conjunto con las autoridades también los delegados organizaron un concurso de dibujo en las escuelas donde el tema fue residuos sólidos y comunidad limpia. Dichos sucesos favorecen la adopción del proyecto y alimentan el contenido del mismo, el interés mostrado por la comunidad indica un escenario favorable en la integración de la población para contribuir al desarrollo local sustentable.

Cuadro 11. **Programa de Educación Ambiental para el Manejo de los Residuos Sólidos en San Pedro Atlapulco, 2014**

Tema	Descripción	Población dirigida	Responsable
1.Actividades lúdicas sobre el cuidado en los Residuos Sólidos			
-Obras de teatro -Mercadotécnica ambiental	- El manejo de las R´s a través de la obra de	A la población en general	La UAEM mediante las facultades de Planeación Territorial y

-Limpieza de comuneros	teatro. -Producción de leyendas para el manejo de los RS. -Realización de actividades programadas para la recolección de RS y limpieza pública por parte de los comuneros. Estas actividades se dirigen a la enseñanza pedagógica, mediante actividades interactivas y de información básica. En cuanto a la mercadotécnica se pretende una especie de "propaganda" que muestre capsulas informativas.		Facultad de Humanidades. Los regidores de la comunidad.
2. Talleres sobre el tratamiento de residuos.			
-Elaboración de jabón con aceite doméstico residual **-Elaboración de Vermicomposta.** **-Elaboración de artesanías de vidrio con vidrio residual**	-Información introductoria, lista de insumos, elaboración de jabón. -Información introductoria, lista de insumos, especificaciones y Elaboración.	A los agentes que decidan llevar una actividad.	Investigadores de la Facultad de Planeación Urbana y Regional gestionan con las instituciones correspondientes.

	-Información introductoria, lista de insumos. Elaboración. En esta área se pretende cubrir necesidades de capacitación para llevar a cabo actividades que se requieren para el cuidado de los recursos.		
3.Conferencia y platicas			
-Efectos de quema de basura **-Requerimientos de Fosas sépticas**	Con base a las necesidades de la comunidad se realizaran algunas pláticas.	A los interesados,	Investigadores de la Facultad de Planeación Urbana y Regional gestionan con profesores correspondientes.

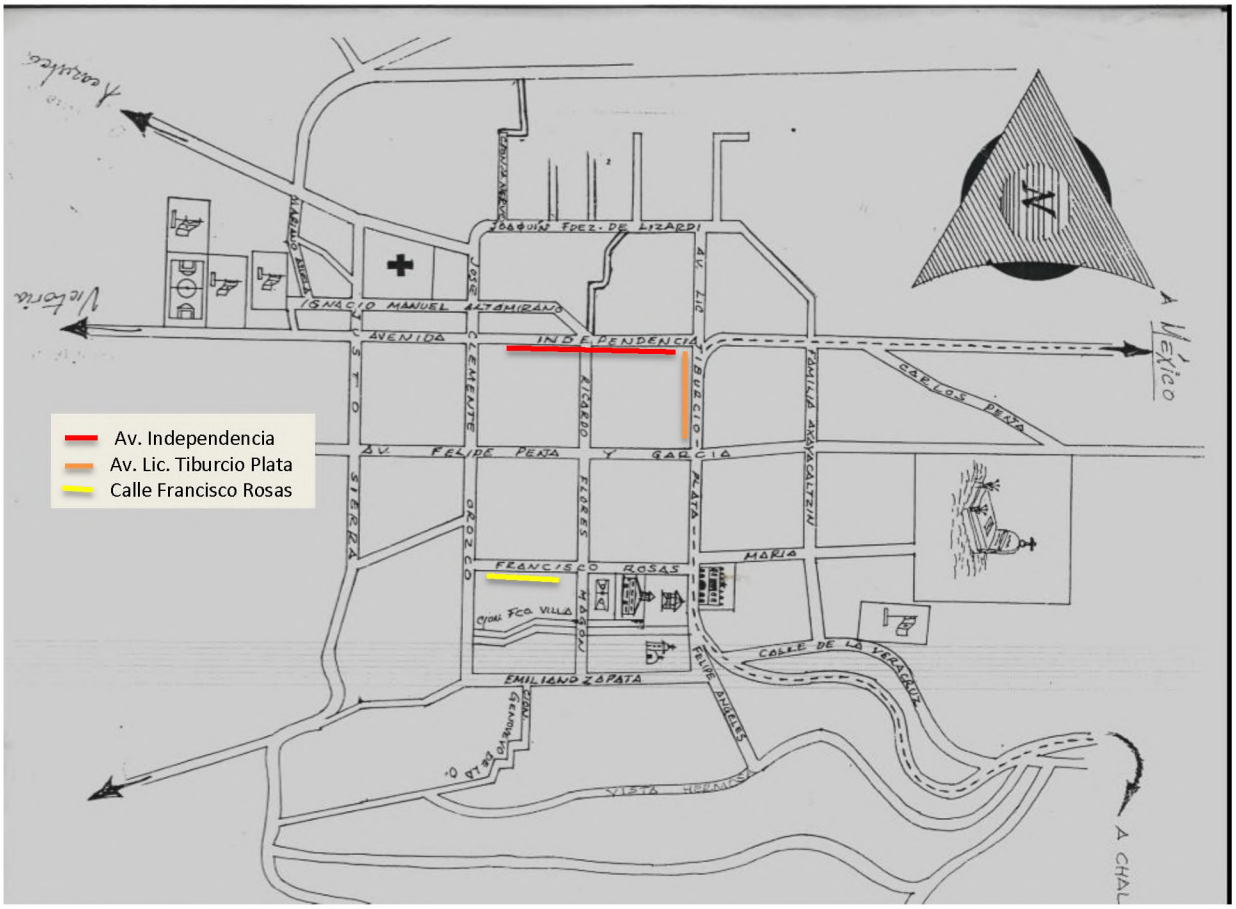
Fuente: Elaborado con base acuerdos con las autoridades de la localidad.

B. Prerecogida

Se determinaron los puntos de la calle Tiburcio Plata y la Av. Independencia, la plaza cívica y la parroquia de la comunidad, ver imagen 4 debido a la concurrencia que existe en éstos, para el establecimiento de botes de basura indicando un color y título para cada tipo de residuo, con la finalidad de facilitar la recolección para el posterior tratamiento a cada residuo, ver en la figura 12. La recolección será por parte de uno de los camiones recolectores; quedando la delegación como encargada para el pago correspondiente como parte del servicio de limpia que debe ofrecerse para mantener las calles limpias; pues actualmente el centro no

cuenta con botes de basura lo que incrementa la contaminación de residuos y visual en las calles.

Imagen 4. **Croquis calles de Atlapulco**



Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

Por ello se propone que los botes sean proporcionados por la comunidad, pueden ser adaptados con materiales que se tengan para no generar costos. Sobre la calle Francisco Rosas un vecino puso a disposición pequeños botes fuera de su domicilio para evitar que se tire basura en la calle. Así con el apoyo de la población las calles se mantendrán más limpias.

Figura 12. **Clasificadores de residuos**

Fuente: http://www.envasescasas.com

C. Barrido

Actualmente no existe barrido de calles como servicio de limpia por parte de las autoridades, sin embargo se llevan a cabo continuamente faenas en las cuales se incorporan prácticamente todas las personas de Atlapulco.

La razón por la que se efectúa la limpieza en calles es por la conservación de la salud humana, además de evitar obstrucciones al sistema de alcantarillado y cuestiones de estética urbana

Puede establecerse un día específico cada quince días para las faenas, así como exhortar a las personas a que realicen el barrido correspondiente a las calles de sus domicilios, por lo menos dos veces a la semana.

D. Recogida

Por las características que tiene San Pedro Atlapulco, actualmente se emplea la recogida manual, mediante la cual el ciudadano deja la bolsa de basura o sus cestos de basura en la entrada de sus hogares, el camión recolector pasa por sus residuos y los transporta hasta el basurero destinado para los residuos de esta comunidad.

En esta comunidad se puede implementar el método de esquina o de parada fija, pues al ofrecer el servicio de esta manera se reducirían costos que se generan actualmente al realizar el recogido particular además, es el método que más se adecua por el número de habitantes, la configuración de las calles, y la disponibilidad de vehículos de transporte. De acuerdo a SEDESOL 1997, la parada fija consiste en que los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio.

Una vez que los usuarios han llegado hasta el vehículo, forman una fila ordenada para que un operador les tome el recipiente y, lo entregue a otro que se encuentra dentro de la carrocería del vehículo, el cual vacía su contenido y lo regresa al operario que se le entregó para que, a su vez, se lo devuelva al usuario, quien después de ser atendido se retira del vehículo. La operación anterior se repite tantas veces como sea necesario, hasta atender a todos los usuarios que lo hayan solicitado.

Éste método puede ser implementado debido a que la población apenas asciende a los 4, 288 habitantes (INEGI, 2012), por lo que sería más eficiente establecer paradas fijas. El vehículo avisará su llegada por medio acústico (campana o bocina) identificada por la población a la que se va a servir. También puede colocarse un anuncio en el lugar de la parada donde indique el horario y los días de recolección. Este es el método más económico de recolección. Igualmente las paradas se encuentran de manera que la gente no camine más de 50 metros con sus recipientes.

E. Transporte

Debido a que la comunidad ya cuenta con dos camionetas recolectoras como se mencionó, se propone que el transporte de los residuos se lleve a cabo por las mismas con adecuaciones a las rutas y a las cajas donde se depositarán los diferentes tipos de residuos que los pobladores entregarán separados.

Las modificaciones de las camioneta para los residuos inorgánicos estaría integrada por tres contenedores uno para inorgánicos otro para orgánicos y el último para sanitarios y otros.

De acuerdo con el diagnóstico se establecen los días en los que las camionetas recogerán los residuos tanto orgánicos como inorgánicos en dos rutas con forme al cuadro 12.

Cuadro 12. **Recolección selectiva**

Recolector	Lugar	Tipo de residuos	Días
Camión municipal	Plazuela , dos primarias, telesecundaria, preescolar, CBT´s	Inorgánica y orgánica	Miércoles y Viernes
Camioneta roja	Ruta 1	Orgánica	Martes, Jueves y Sábado
Camioneta azul	Ruta 1	Inorgánica	Lunes, Miércoles y Viernes
Camioneta roja	Ruta 2	Orgánica	Lunes , Miércoles y Viernes
Camioneta azul	Ruta 2	Inorgánica	Martes , Jueves y Sábado
Camioneta de Valles	Potrero	Orgánica e Inorgánica	Libre

Fuente: Proyecto 3573/2013CHT

F. Rutas de recolección

De acuerdo con las características de Atlapulco analizadas en el diagnóstico se propone un sistema de recolección con base al Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales de SEDESOL, el cual se llevará a cabo por las dos camionetas que actualmente realizan el servicio, pero cada una tendrá una ruta establecida para evitar los conflictos que se tienen con respecto a los domicilios que cada uno atiende. Para ello se proponen dos rutas establecidas la primera de ellas con 24 paradas que abarcan la zona Norte de la comunidad y se delimita por la Avenida Profesor Felipe Peña y García; y la segunda cubrirá el sur con un total de 21 paradas.

Figura 13. **Rutas de recolección en la Comunidad de San Pedro Atlapulco, México**

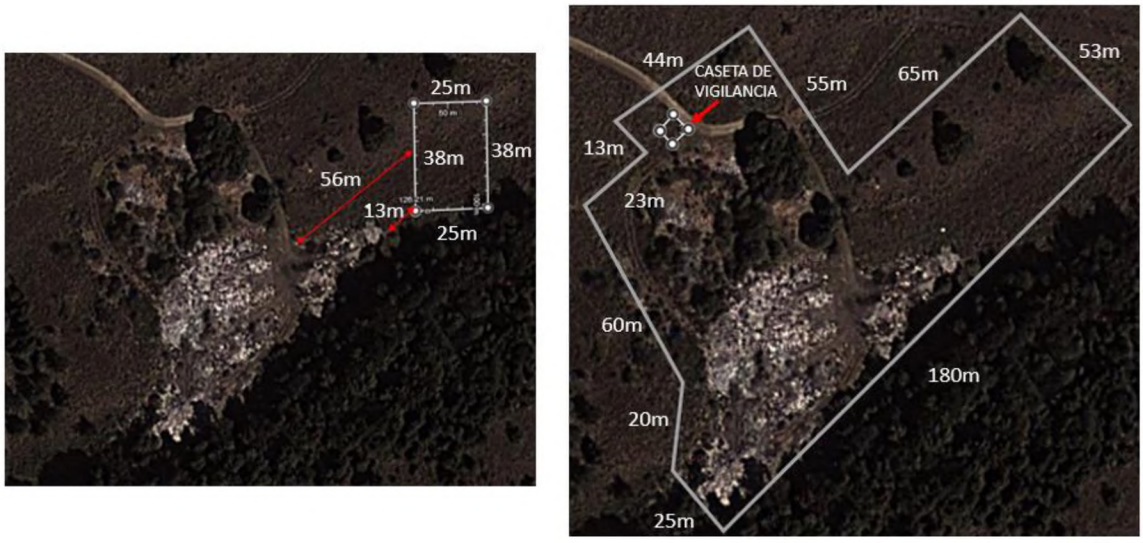
Fuente: Proyecto 3573/2013CH

G. Disposición final

Para la disposición final se propone un centro de tratamiento de residuos, que sea ubicado justo al lado derecho del tiradero actual (ver figura 14), el cual deberá ser saneado. El terreno cumple con la mayoría de las especificaciones de la Norma técnica estatal ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008, debido a que Atlapulco posee características biofísicas muy homogéneas el factor limitante estaría siendo la pendiente, pues geológica y edafológicamente las condiciones naturales no son las más aptas para un sitio de disposición final. Sin embargo llevando a cabo un buen manejo del área elegida para el centro de tratamiento es posible minimizar impactos negativos al ambiente y a la salud, por ello se propone una serie de especificaciones, las cuales deberán cumplirse para su uso apropiado.

El centro de tratamiento corresponderá a un sitio de disposición final controlado, ya que todo residuo que entre estará registrado, así como todo el material que salga y únicamente será permitido el ingreso de los residuos de Atlapulco.

Figura 14. **Sitio de disposición final**



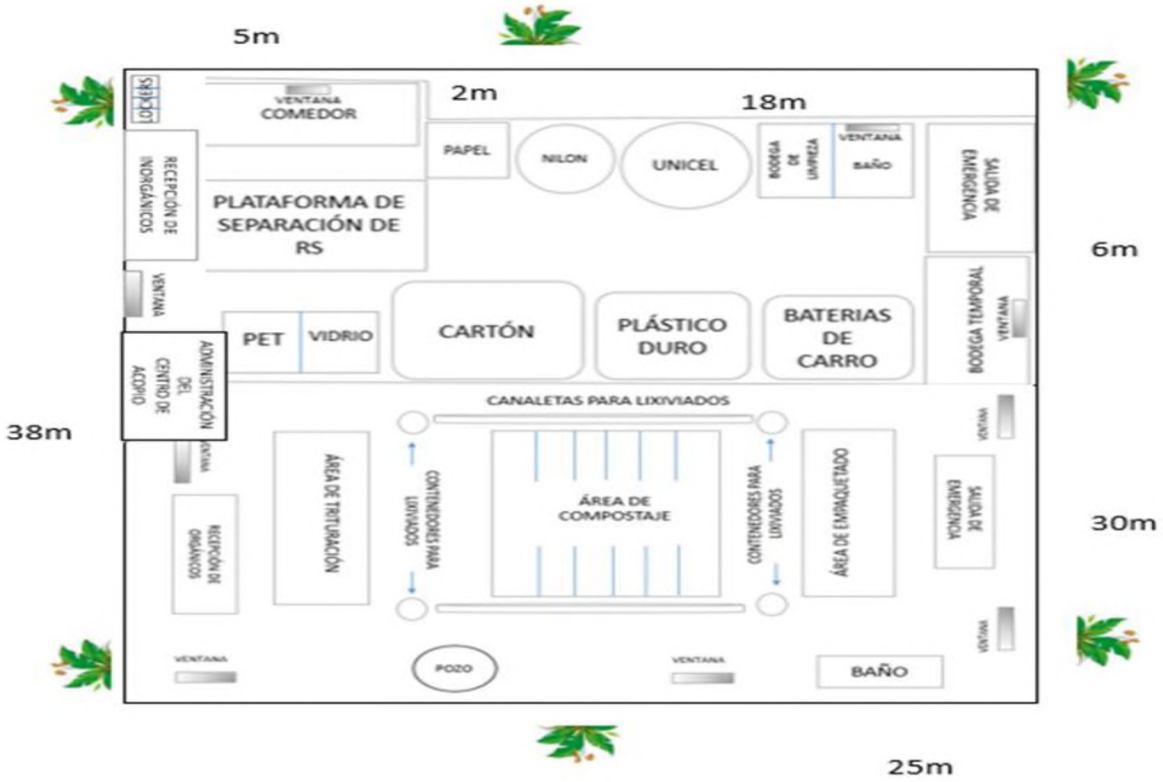
Fuente: Proyecto 3573/2013CH

En la figura 15 se puede observar el plano propuesto para el centro de tratamiento el cual estará dividido en dos secciones: La de los residuos orgánicos y de los

inorgánicos, también estará conformado recepción de los residuos, administración del centro, un comedor, baños, bodega que serán espacios compartidos por las dos secciones. En cuanto al área de los residuos orgánicos el tratamiento que los residuos reciban será aeróbico para obtener vermicomposta, después será puesto a la venta, por lo cual el espacio estará dividido en áreas: De trituración, de compostaje y de empaquetado, que se distinguen en la figura 15. En la figura 16 se exponen las medidas que componen el área de residuos orgánicos.

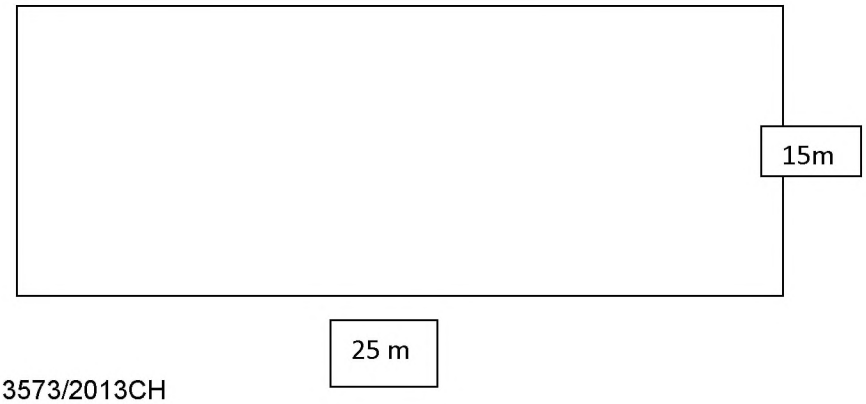
Para la sección de residuos inorgánicos este se divide en plataforma de separación, espacios para cada residuo sean: papel, nilón, unicel, pet, vidrio, cartón, plástico duro y baterías.

Figura 15. **Plano de la obra**



Fuente: Proyecto 3573/2013CH con modificaciones de Quispe, 2010 UTM 27´8 N y 58´7 S

Figura 16. **Área residuos orgánicos**



Fuente: Proyecto 3573/2013CH

4.2.2 Mercado

Se propone que el mercado al que estaría dirigido la vermicomposta es a los turistas de los valles que muestren interés por los fertilizantes y que tengan jardín, huerto o plantas. Con ello se planea que la vermicomposta sea vendida en los establecimientos que ofrecen servicios en los valles turísticos.

Debido al volumen de los residuos orgánicos que se generan en Atlapulco a la semana, el cual es de 16 toneladas se produciría un aproximado de 4 toneladas, puesto que se estima el mínimo de producción de *compost* que la literatura marca en porcentaje de 25%, con el fin de tener un margen de error en caso de ser menor el volumen composteado o de tener pérdidas de los residuos orgánicos. Esto después de haber transcurrido los primeros 3 o 4 meses que es tiempo que tarda en producirse el compost, dado esto los costales de *vermicompost* tendría la capacidad de 2 kg. se estaría obteniendo la producción siguiente.

Cuadro 13. **Producción de vermicomposta**

	Producción semanal	Producción mensual	Producción anual
Compost (ton)	4	32	384
Costales (2kg)	2 000	16 000	192 000

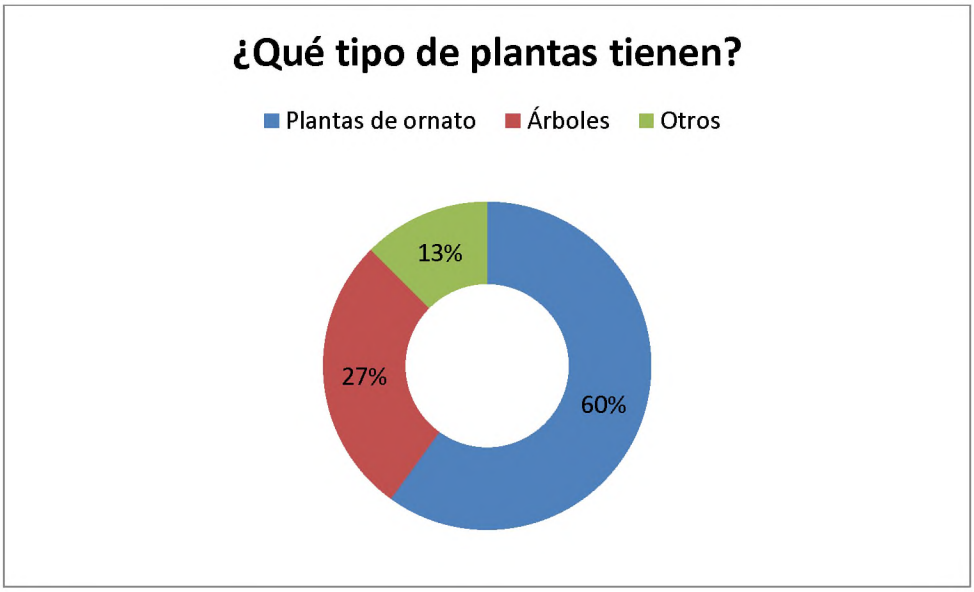
Fuente: Elaboración propia, 2015

Para conocer la factibilidad del mercado se realizaron cuestionarios a los turistas el día sábado 26 de julio de 2014, se elige fin de semana debido a que son los días más concurridos de los valles. La muestra de población cuestionada representa el 6%. Destaca la participación e interés por parte de los comuneros quienes apoyaron en la toma de la muestra.

Con los resultados se estima que cada fin de semana llegan alrededor de 1100 autos a los valles, por lo que el 70% sería cliente potencial debido a que tienen jardín o huerto, entonces la población demandante sería de 770 personas. Por lo que se puede destacar que el potencial de mercado para el fertilizante es óptimo.

Por otra parte el 60% indicó que las plantas que tienen son de ornato seguidas de diversos tipos de árboles, como se observa en la gráfica 1, por lo cual la composición del *vermicompost* debería estar conformada principalmente por Nitrógeno, el cual estimula el crecimiento de las plantas, luego Fósforo, que favorece el color de las hojas, y Potasio que propicia la suculencia.

Gráfica 1. **Tipo de plantas**



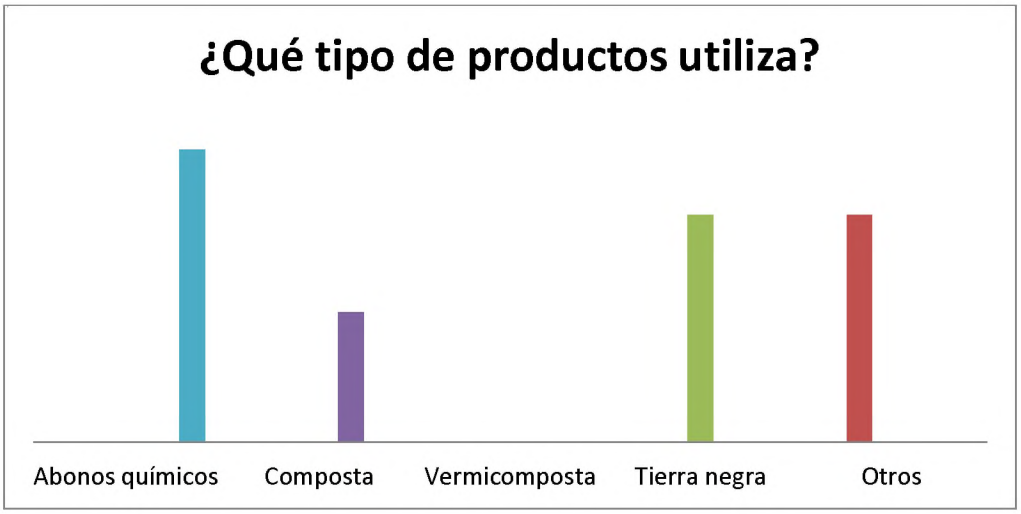
Fuente: Elaborado con base en encuestas 26 julio 2014

La mayoría de los visitantes aseguraron utilizar abono o fertilizante para su jardín, lo cual es un indicador favorable pues los resultados demuestran que solo alrededor de un 39% de los visitantes que tienen jardín no utilizan algún tipo de abono o fertilizante, además el 100% de los encuestados refieren que es necesario utilizar algún producto para mejorar las condiciones de las plantas y con este dato sería posible difundir la utilidad de la vermicomposta para lograr que la mayoría de los visitantes muestren afinidad por el fertilizante.

Dentro de los resultados desfavorables para el proyecto, se obtiene que ninguno de los visitantes encuestados utilizan la vermicomposta como fertilizante, tal como se aprecia en la gráfica 2, sin embargo algunos de ellos se mostraron interesados al conocer la propuesta. Se puede replicar que con información dirigida a los visitantes del proceso para la obtención del fertilizante así como de la composición del mismo, los visitantes se muestren interesados principalmente los que utilizan productos como la composta y tierra negra, aunque al informar acerca de los

beneficios del *vermicompost* es posible que los que indican usar abonos químicos se interesen en el producto.

Gráfica 2. **Productos fertilizantes más ocupados**



Fuente: Elaborado con base en encuestas 26 julio 2014

La mayoría de los encuestados compran los fertilizantes o el abono cada año, sin embargo la cantidad de visitantes que llegan los fines de semana asciende a los 4000, por lo que esta situación no sería una limitante para la venta del producto debido a que se prevé que los visitantes no siempre son los mismos.

Cabe destacar que la cantidad de abono o fertilizante que los turistas compran es en presentación de un kilo, tal como se muestra en la gráfica 3, sin embargo para cada planta se necesita alrededor de 200 g. de vermicompost aunado con la cantidad de compost que se produciría a la semana en el centro de tratamiento, los costales que se ofertan contendrán 2 kilos y quizá en menor proporción costales de 5 kilos.

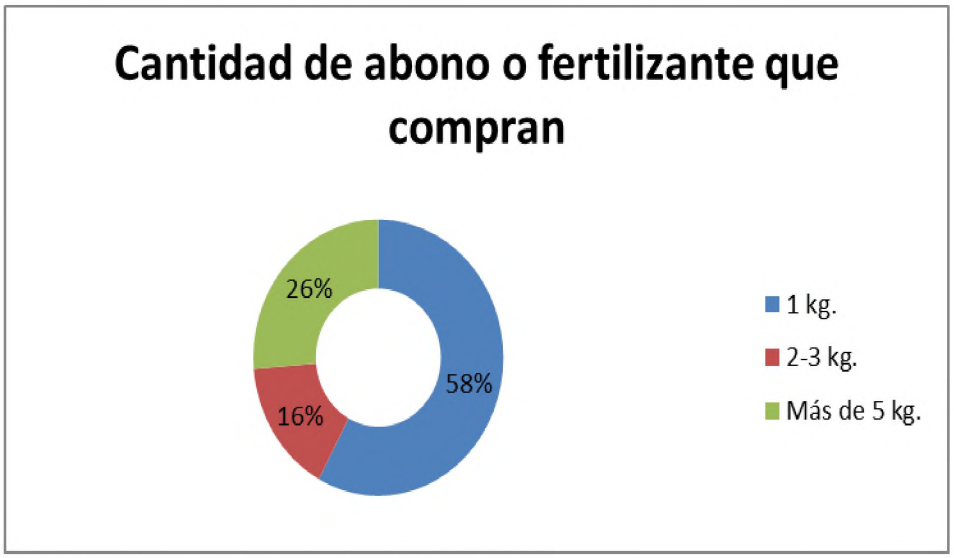
Figura 17. **Presentación vermicomposta**

Fuente: elaboración propia

En la figura 17 se observa la presentación con la cual se distribuirá la vermicomposta para su venta en los valles turísticos, en bolsas de 2 kg. de papel *kraft* con una etiqueta donde se menciona el nombre del producto y el contenido. Al reverso se incluirá un cuadro de contenido de nutrientes, los cuales se obtendrán con las mediciones periódicas de la vermicomposta en el proceso de producción.

Debido a que los nutrientes que requiere la planta son siempre los mismos deberá controlarse agregando material rico en nitrógeno como lo es el estiércol, potasio que se obtiene de los residuos y el nitrógeno.

Gráfica 3. **Cantidad de abono o fertilizante**



Fuente: Elaborado con base en encuestas 26 julio 2014

Más del 50% de los encuestados respondieron que lo que más influye para que decidan comprar un fertilizante es que otras personas se lo recomienden, por lo que la propuesta de informar a los visitantes acerca del producto y sus beneficios sería de gran importancia para atraer compradores, sólo un 26% respondió que lo que más les interesaría es el precio bajo y entre otras respuestas se encuentra la composición del producto y que les sea funcional para sus plantas.

Aún nos enfrentamos a la falta de divulgación del producto pues solo un 23% respondió que si conoce de la vermicomposta, pero la mayoría de las personas ya conocen la composta simple y debido a que el *humus* de lombriz es un tipo de compostaje, es posible que acercando información del producto aumente el número de visitantes que conozcan el fertilizante. A la entrada se implementaría un módulo de información donde se muestre la composición, los beneficios y el proceso para llevar a cabo el fertilizante, un aspecto clave que podría atraer la atención de los turistas sería exponer como en cada etapa, de la elaboración de la vermicomposta y de manera el proyecto incide en el desarrollo local sustentable, se integra la población ya que los visitantes residen en ciudades donde la participación social es más difícil de llevar.

El 50% de los encuestados aseguraron que pagarían entre 21 y 30 pesos por el kilo de vermicomposta lo cual es un indicador favorable, pues tomando en cuenta que la vermicomposta en centros comerciales se encuentra alrededor de los 14 pesos, el precio al que pudiera ofertarse el producto estando entre 10 y 20 pesos el kilo no sería una limitante para su venta.

Por otra parte se analiza el precio de fertilizantes y abonos químicos los cuales se consideran como competencia de la vermicomposta. Existen ya en el mercado algunos fertilizantes (ver cuadro 14) tanto orgánicos como abonos químicos unos de los cuales se encuentran en algunos centros departamentales, como se puede observar en el cuadro siguiente, los contenidos que se tienen son Nitrato, Fósforo, Potasio y materia orgánica. Solo se encontró un fertilizante de *humus* de lombriz hecho a base de residuos orgánicos, cáscara de café, estiércol de borrego, estiércol de vaca, el precio es de $29 el costal de dos kilos que además es el más barato de todos los fertilizantes. En el cuestionario realizado el 50% de los turistas indicaron que pagarían de $21 a $30 por cada kilo por lo que si el precio disminuyera sería una ventaja.

Cuadro 14. **Comparación de precios**

Lugar de venta	Nombre del fertilizante	Contenido	Precio	Contenido
Sam´s Club				
	Fertilizante univers		**$75**	**Nitrógeno, Fósforo, Hierro**
	Alimento para pasto		**$102.59**	**Nitrógeno, Potasio, Hierro, Fósforo**
Home depot				
	Vigoro organics		**$79**	**Materia orgánica composteada**
	Humus de lombriz	**2 kg**	**$28**	**Residuos orgánicos, cáscara de café, estiércol de borrego, estiércol de vaca**
	Magic rot	**1 kg**	**$139**	**Nitrógeno, Nitrógeno**

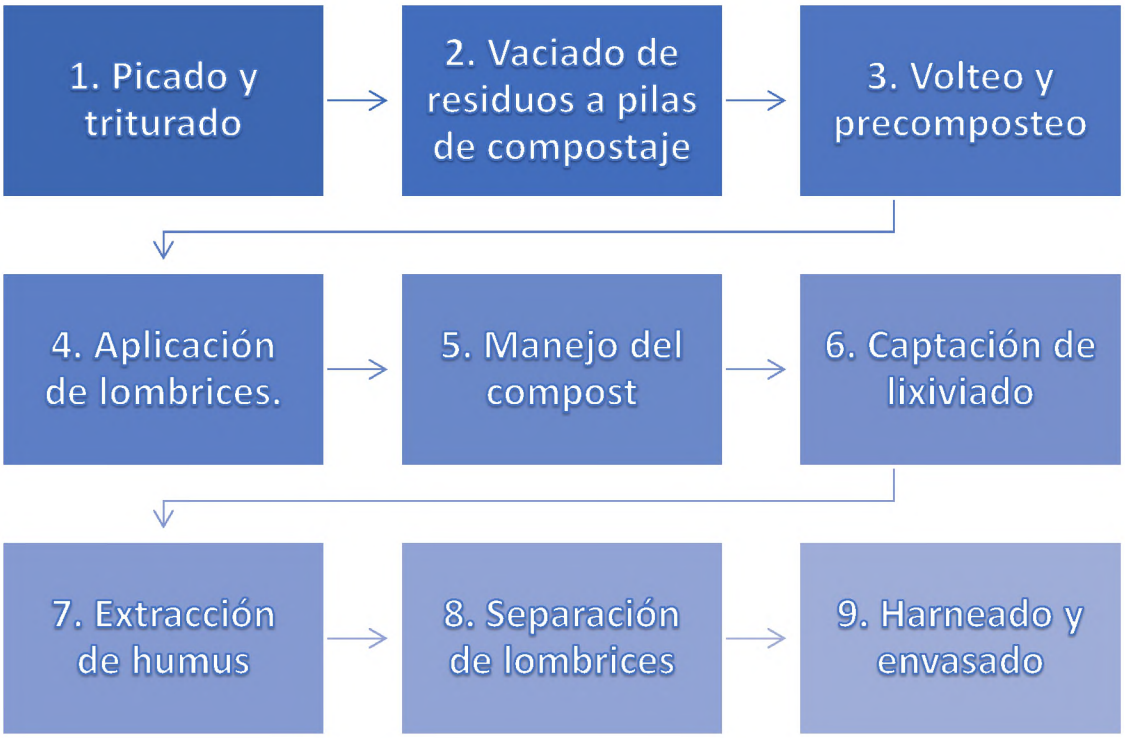
				amoniacal, $P_2 O_6$, K_2O, Auxinas, Ácidos fúlvicos
	Súper abono natural	**5 kg**	**$85**	**Materia orgánica, estiércol**
	Tabaco en polvo	**1 kg**	**$38**	**Materia orgánica 66-50%**
	Organodel		**$39**	**85% materia orgánica, 60% humus, Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Azufre, Cobre, Zinc, Manganeso, Hierro**
	Ferti plus +		**$80**	**Fertilizante foliar, Manganeso, Azufre, Boro, Molibdeno, Calcio activo, Nitrógeno P2O5, K20, Magnesio, Hierro, Cobre, Zinc**
Wal Mart				
	Tierra orgánica plus ultra	**5 kg**	**$58.50**	**Abono de borrego, Tabaco en polvo**
	Super abono natural "Rancho los molinos"	**5 kg**	**$75**	**Materia orgánica 56.68%, Abono de borrego, Tabaco en polvo**
	Alimento y abono para pasto "Rancho los molinos"	**1 kg**	**$37**	**Materia orgánica 33.25%, Nitrógeno 10.16%, Fósforo 2.96%, Potasio 10.27**
	Nutrigarden	**5 kg**	**$79**	**Abono de borrego 80%, Materia orgánica 20%**

Fuente: Elaboración propia, 2014

De acuerdo con los datos anteriores el precio del humus de lombriz de entre los $21 y $30 que se propone se oferte el producto va acorde a los del mercado, en cuanto al contenido sería similar ya que se pretende para el caso de Atlapulco sea de residuos orgánicos y estiércol de caballo y borrego que son los animales que más se crían en el lugar.

4.2.3 Técnico

Figura 18. **Proceso de producción de vermicomposta**



Fuente: Elaboración propia con base a Quispe 2010.

1. Picado y triturado: En este proceso se trituran los residuos orgánicos con el objetivo de que su desintegración sea más fácil y rápida, además algunas cáscaras pueden ser más duras por lo tanto si no se realizara este paso la descomposición tardaría varios meses, lo cual representaría un aumento en el gasto de producción.

2. Vaciado de residuos a estanques de compostaje: Una vez triturados los residuos se deben trasladar en carretillas a las camas donde se realizará el precomposteo, al colocar los residuos se deben cubrir con material seco, como pasto, paja o rastrojo para mantener la humedad de la composta. Por las condiciones climáticas templadas del lugar se recomienda cubrir parcialmente la cama con algún plástico, para favorecer el incremento de temperatura que se requiere para que los organismos degradadores realicen el trabajo de descomposición.
3. Volteo y precomposteo: En esta fase se realiza un volteo por cama de compost cada semana durante aproximadamente 2 meses, en donde las condiciones de humedad y temperatura deben estar en condiciones óptimas para la descomposición. SAGARPA indica que la temperatura adecuada para las primeras semanas es de 50°C a 60°C, si no incremente es un indicador de un desorden en la relación Carbono-Nitrógeno. Por ello desde esta fase es necesaria la asistencia del técnico que verifique las condiciones físicas de la composta.
4. Aplicación de lombrices: Después de realizar el precomposteo, los residuos estarían listos para alimentar a las lombrices, se sugiere trabajar con la roja californiana (*Eisenia andrei*) pues es la especie que produce mayor *humus* en menor tiempo, el compost debe estar cubierto por paja o pasto seco para cuidar la humedad y la temperatura.
5. Manejo del *compost*: La temperatura adecuada para que las lombrices lleven a cabo un buen funcionamiento es de 25°C, el pH debe mantenerse de 6.5 a 7.5 y la humedad adecuada es de 70 a 80% por ello es necesario regar las camas cuando estén secas o agregar pasto o rastrojo seco para mantener las condiciones adecuadas. Además la composta debe voltearse al menos una vez por semana y agregar residuos orgánicos cada que la lombriz lo vaya necesitando.
6. Captación de lixiviado: Se debe evitar que la composta se humedezca con la lluvia, ya que un exceso de humedad propiciaría la putrefacción de la composta. Las camas deben estar ligeramente inclinadas para logar la

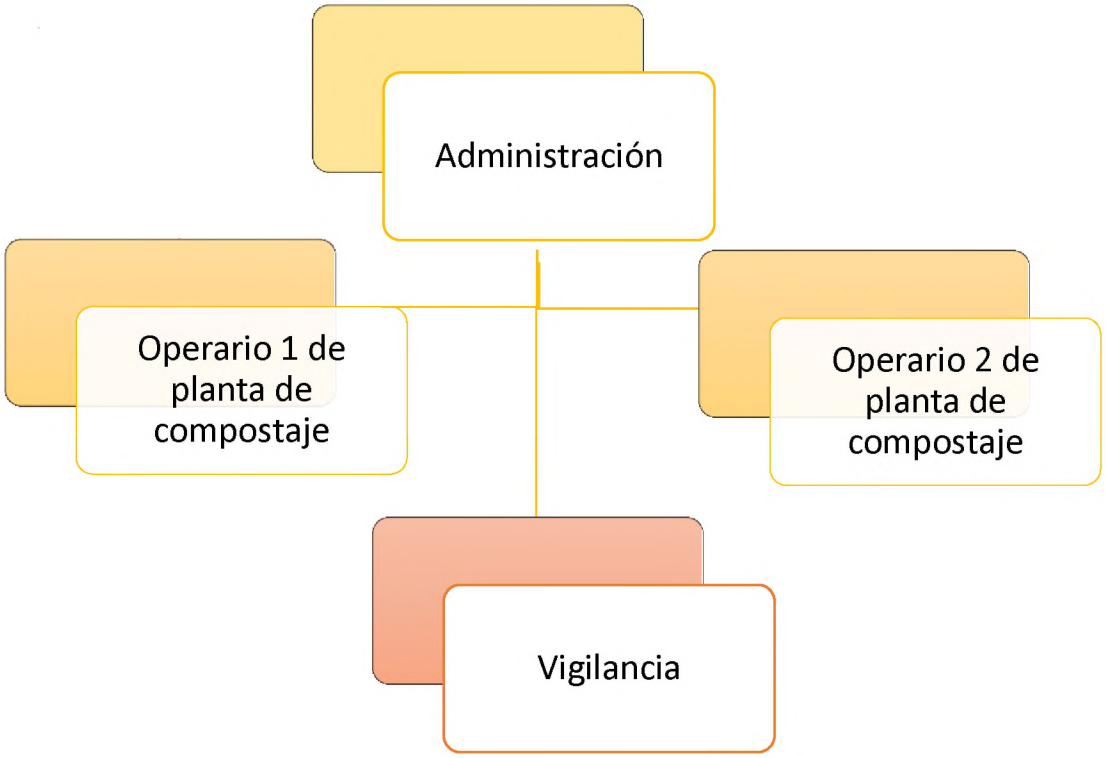
captación de los líquidos escurridos del *compost* que se depositaran en un sistema de tubos ubicados al final de los estanques de *compost*, el líquido deberá extraerse continuamente.

7. Extracción del *humus*: Transcurridos los primeros 3 meses o hasta que el humus tenga la consistencia (tierra de campo) requerida el material debe ser extraído. La composta debe tener un color pardo oscuro, oler a tierra húmeda, tener consistencia suave y en forma de pequeños gránulos de tierra.

   Para retirar el *humus* es necesario reunirlo en un solo lado del estanque y en el lado que quede vacío agregar más residuos orgánicos, previamente composteados, para que las lombrices puedan trasladarse hacía la parte donde se encuentra el alimento. Ya que el *humus* tenga la menor cantidad de lombrices se va sacando de la pila pudiendo poner el material en carretillas.
8. Separación de lombrices: Luego de extraer el *humus* de las camas, el material se acomoda en montículos pues de esta manera la parte superior va perdiendo humedad, por lo que las lombrices se dirigen a la parte inferior donde todavía hay humedad, luego de que la mayoría del material quedó libre de lombrices se repite el procedimiento las veces que sean necesarias. Las lombrices pueden ser agregadas a una cama donde la temperatura y humedad ya estén controladas.
9. Harneado y envasado: Después de obtener el *humus* de las camas con los pasos anteriores se procede al harneado con un tamiz para evitar que trozos de residuos que no fueron procesados por las lombrices se escapen en el empaquetado, el material que no haya pasado por el tamiz debe ser regresado a las camas para seguir con el proceso de composteo. Luego el *humus* tamizado debe ser empaquetado en los costales determinados para dos kilos.

4.2.4 Organizacional

Figura 19. **Organigrama de centro de tratamiento**



Fuente: Proyecto 3573/2013CH

- Administración. Las funciones de esta área se delinean como sigue: Elaboración y comercialización de la vermicomposta. Tendrá la facultad de definir y ejecutar acciones en pro del centro de tratamiento de residuos. Este tendrá la obligación de rendir cuentas a los Delegados, mantener el monitoreo semanal de las condiciones físicas como el pH, la temperatura, la relación Nitrógeno- Fósforo-Potasio, humedad, entre otras; en las que se esté desarrollando la composta para controlar los posibles cambios que se pudieran presentar.
- Operario 1 de la planta de compostaje: Distribución de los residuos orgánicos a las pilas o estanques de compostaje previamente triturados, volteo de composta cada semana y aplicación de las lombrices.

- Operario 2 de planta de compostaje: Volteo de camas de *vermicompost* una vez por semana por cada pila, tamizado del material orgánico. y empaquetado de la vermicomposta.
- Vigilancia: Las funciones como vigilante será vigilar que las camionetas que vayan a depositar los residuos sólidos sean las destinadas de la comunidad, asimismo tendrán la función de no dejar ingresar a ninguna persona ajena a los trabajadores al centro de tratamiento.

  También se encargará de verificar que las instalaciones queden perfectamente cerradas y prever que no se cause algún accidente mientras el centro permanece cerrado.

4.2.5 Legal

Para llevar a cabo un buen funcionamiento del centro de tratamiento se propone el siguiente reglamento que incluye especificaciones de regulación y control, con la aplicación del mismo se asegura un orden tanto en los trabajadores como en la administración.

Reglamento Interno del Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos de San Pedro Atlapulco

Disposiciones Generales

Ámbito de aplicación

Artículo 1.-El presente reglamento es de cumplimiento obligatorio para todos los usuarios, trabajadores, servidores de apoyo y visitantes que hagan uso del centro de tratamiento.

Objeto

Artículo 2.-Este reglamento tiene por objeto, regular y asegurar el funcionamiento del centro de tratamiento, así como la distribución y comercialización de todos los productos que del sitio se obtengan.

Definiciones

Artículo 3.-Sirvan para el objeto e interpretación de este reglamento las siguientes definiciones:

De la dirección

Artículo 4.-la dirección se integrara por una persona capacitada para llevar el adecuado funcionamiento del centro de tratamiento.

Artículo 5.-Corresponde a la dirección:

I.-Designar y planear los espacios necesarios para el manejo de los residuos.

II.-Emitir reglamentos y anexar reglas con el fin de regular la actividad dentro del centro de tratamiento.

III.-Es facultad de la dirección contratar personal y designar el área de trabajo correspondiente.

IV.-Emitir las credenciales necesarias para la identificación de quienes laboran.

V.-Establecer horarios de trabajo.

VI.-Establecer horario de carga y descarga.

VII.-Establecer los precios de los productos generados por el centro ce acopio.

VIII.-Capacitar al personal para el correcto desempeño.

IX.-Establecer sanciones cuando así se requiera.

X.- Controlar todo lo referente al centro de tratamiento.

Del horario y del uso de los espacios

Articulo 6.- El horario de operación del centro de tratamiento será de lunes a sábado de 7:00 am – 6:00 pm.

Artículo 7.-Se respetará el área para la cual fue diseñado cada espacio (según el plano); los cuales son:

I.-Recepción principal.

II.-Recepción de residuos orgánicos.

III.- Área de precomposteo.

IV.-Pilas de composteo con lombriz.

V.- Área de empaquetado y bodega.

Articulo 8.- Se deberá respetar la función para la que este establecida cada área del centro de tratamiento.

De los Productos

Artículo 9.- La vermicomposta (humus de lombriz) se distribuirá a los establecimientos de los valles turísticos para su venta.

Artículo 10.-El precio de venta será negociado por el responsable del centro de tratamiento.

De los trabajadores y usuarios

Artículo 11.- Todos los trabajadores, usuarios y personas externas que ingresen al centro de tratamiento tendrán la responsabilidad de cuidar las instalaciones y mantener limpia su área de trabajo.

Artículo 12.-Todos los trabajadores deberán portar una identificación otorgada por la administración que indique su puesto desempeñado y nombre.

Artículo 13.-Cada trabajador hará lo que expresamente se le es conferido y para lo cual este calificado, a menos que se requiera de su ayuda en otro punto del centro de tratamiento.

Artículo 14.-El trato dentro del centro de tratamiento deberá ser de cordialidad y respeto

Restricciones de uso e instalaciones

Artículo 15.- No está permitido el ingreso de sustancias alcohólicas u otras sustancias toxicas, enervantes e inflamables ni fumar dentro del centro de tratamiento.

Artículo 16.-Las entradas y salidas deberán estar libres de obstáculos en todo momento.

Artículo 17.-No se permite el estacionamiento de automóviles ajenos a los que operan la descarga y carga de residuos.

Artículo 18.-Únicamente se podrá ingerir alimentos en el área designada.

Artículo 19.-Se prohíbe la extracción de cualquier material que se encuentre en el centro.

Artículo 20.-Se prohíbe la introducción de cualquier material ajeno al centro de tratamiento.

Artículo 21.- Se prohíbe la entrada a toda persona ajena a la planta.

Aspectos Sanitarios y de Seguridad

Artículo 22.- Las instalaciones deberán desinfectarse para evitar la proliferación de fauna nociva

Artículo 23.- Todos los trabajadores deberán portar cubrebocas, guantes y otro equipo de seguridad que su puesto lo demande.

Artículo 24.- A la entrada del centro de tratamiento deberá instalarse

I.-Extintor certificado

II.-Botiquín de primeros auxilios

III.- Señalamiento de punto de reunión y ruta de evacuación.

Sistemas de Carga y Descarga

Artículo 25.-El vigilante será el responsable de cuidar que la carga y descarga se lleven de forma acorde a lo establecido por cada espacio.

Artículo 26.-Solo se permite el ingreso de una camioneta recolectora al centro de tratamiento para la descarga por lo que las camionetas deberán ingresar en horarios distintos.

Artículo 27.-Toda entrada y salida de material deberá ser controlada mediante una bitácora.

De las Sanciones

Artículo 28.-La dirección podrá imponer sanciones a quien no respete el presente reglamento que van de amonestaciones, multas o revocación de puesto según los criterios del director.

4.2.6 Financiero

A continuación se presentan los materiales que se requieren para iniciar el proyecto, la cantidad de cada material y el costo para obtener el costo total de inversión fija de $222,463.00, tal como se desglosa en el cuadro 15.

Cuadro15. **Inversión fija[1] (Precios de 2015)**

CANTIDAD	MATERIALES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	Obra	$195,000.00	$195,000.00
20	Pilas de compostaje	$350.00	$7,000.00
1	Pozo	$3,000.00	$3,000.00
	Malla cobertor	$4,000.00	$4,000.00
1	Bomba de agua	$3,800.00	$3,800.00
1	Trituradora	$10 000.00	$10 000.00
2	Carretillas grandes	$890.00	$1,780.00
2	Diablo mediano	$1,100.00	$2,200.00
2	Pala recta	$135.00	$270.00
2	Pala ovoide	$135.00	$270.00
2	Picos	$265.00	$530.00
2	Bieldos	$295.00	$590.00
2	Harneros (tamiz)	$250.00	$500.00
1	Balanza	$200.00	$200.00
	Lombrices	$250.00	$250.00
1	Muebles de baño	$1,250.00	$1,250.00

1	Mobiliario (7 sillas y 2 Mesas)	varios	$1,823.00
Total			**$222,463.00**

Fuente: elaboración propia.

La inversión diferida, expresada en el cuadro 16, se refiere a aquellos aspecto no tangibles pero necesarios para la formulación del proyecto en el caso de la vermicomposta se requerirá la capacitación en la elaboración del *humus* de lombriz que impartiría la Asociación Suelo Fértil en donde se requerirá todo el material que sea solicitado por parte de la Asociación mencionada en los cursos de capacitación, así pues la inversión estaría dada en especie. Otro rubro es la asesoría técnica para el proyecto que se llevaría a cabo por la UAEMéx expresada en el presente proyecto y por último se necesita el terreno el cual será proporcionado por la comunidad (Ver cuadro 16).

Cuadro 16. **Inversión diferida**[2]

RUBRO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	INVERSIÓN TOTAL
Capacitación para la vermicomposta	Asociación Suelo Fértil	En especie
Asesoría para el proyecto	UAEMéx	Técnico
Terreno	Comunidad	En especie

Fuente: Elaboración propia, 2015

Se estima que las ganancias por venta de vermicomposta estarían alrededor de los 320 mil pesos mensuales si se llegaran a vender los 800 costales de 2kg, esta estimación ya considera el margen de error, tal como se expresa en el cuadro 17.

[1: Inversión fija aquella que se realiza en bienes tangibles, se utilizan para garantizar la operación del proyecto y no son objeto de comercialización por parte de la empresa y se adquieren para utilizarse durante su vida útil.

2: Inversión diferida aquella que se hace sobre la compra de servicios o derechos que son necesarios para la puesta en marcha del proyecto; tales como: los estudios técnicos, económicos, jurídicos, los gastos de organización, los gastos de montaje, ensayos y puestas en marcha y patentes, los gastos por capacitación y entrenamiento de personal, gastos financieros durante la instalación.**]**

Cuadro 17. **Presupuesto de ingresos[3] por venta de vermicomposta (precios de 2015)**

Concepto	Mensual	Anual
Precio por bolsa	$20.00	$20.00
Cantidad por bolsas	$16,000.00	$192,000.00
Subtotal Ingresos	$320,000.00	$3,840,000.00

Fuente: Elaboración propia, 2015

Los costos por el desarrollo del proyecto anualmente se estima en 298 mil 200 pesos; considerando con ello material de limpieza, papelería y salarios de los trabajadores del centro de tratamiento. Estos costos son continuos, es decir, se generan cada mes como parte del funcionamiento del proyecto como pueden observarse en el cuadro 18.

Cuadro 18. **Presupuesto de costos[4] (precios de 2015)**

MATERIALES	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Material de limpieza (cubetas, escobas, jergas, guantes, cubrebocas)	$400.00	$4,800.00
Papelería	$150.00	$1,800.00
Bolsa de estraza para empacar vermicomposta	$300.00	$3,600.00
Salarios (cinco personas)	$24,000.00	$288,000.00
Total	$24,850.00	$298,200.00

Fuente: Elaboración propia, 2015

[3: Ingresos es una recuperación voluntaria y deseada de activo, es decir, un incremento de los recursos económicos. Se derivan de las transacciones realizadas con el mundo exterior que dan lugar a alteraciones positivas en el patrimonio neto de la misma. (Rodríguez Martín, Alejandro Ramón)

4: Costos es la suma de erogaciones en que incurre una persona física o moral para la adquisición de un bien o de un servicio, con la intención de que genere ingresos en el futuro. (Paul A. Samuelson, William D. Nordhaus. "Economía " Ed. McGraw-Hill. México 1992. Págs. 144,158-166.)

5: Depreciación reconocimiento contable de la pérdida de valor de un activo ya sea por el paso del tiempo, como por su utilización, precisa el desgaste y/o agotamiento que sufre todo activo al ser utilizado.

*Para el caso del proyecto se obtuvo por el método lineal con la fórmula:

Depreciación = valor total del activo / número de años de vida útil del activo fijados contablemente.**]**

Para conocer el tiempo en que se recuperaría la inversión inicial para el proyecto la cual es de $222 mil 463 pesos, ver cuadro 19.

Cuadro 19. **Inversión recuperada**

Concepto	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Ingresos	$3,840,000.00	$3,840,000.00	$3,840,000.00	$3,840,000.00	$3,840,000.00
Costos	$298,200.00	$298,200.00	$298,200.00	$298,200.00	$298,200.00
Utilidad bruta	$3,541,800.00	$3,541,800.00	$3,541,800.00	$3,541,800.00	$3,541,800.00
Depreciación[5]	$18,921.47	$6,671.98	$4,760.49	$6,398.49	$2556.293333
Utilidad neta	$3,522,878.53	$3,535,128.02	$3,537,039.51	$3,535,401.51	$3,539,243.71

Fuente: Elaboración propia, 2015

En un escenario deseable la recuperación de la inversión fija se obtendría en el primer año de ventas de la vermicomposta suponiendo que el 100% de las bolsas son vendidas.

4.3 Evaluación Socio-económica y ambiental

4.3.1 Evaluación social

La evaluación social muestra los beneficios, costos y externalidades; se destacan en los beneficios, en general, la formación de conciencia, mejora de la salud, generación de empleos, y construcción de identidad. Por otro lado, tanto los costos como las externalidades se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. **Evaluación social**

BENEFICIOS	COSTOS	EXTERNALIDADES
Conciencia ambiental, a partir de la Educación ambiental	Material didáctico	• Separación en el origen • Reducción de residuos • Cambio de actitud de los pobladores ante los RS • Toma de conciencia • Adopción de las 3R´s
Cohesión, participación y organización comunal		• Apropiación del proyecto • Responsabilidad para entregar la basura • Trabajo en equipo desde las familias

		• Adopción de nuevos valores: responsabilidad, respeto • Compostas domiciliarias
Cambios de hábitos de consumo		• Reducción de volumen de residuos per cápita • Ahorro económico familiar
Salud		• Ahorro en gastos de salud • Mejoras en la salud pública
Generación de empleos	Sueldos de los trabajadores	• Nuevos ingresos de algunas familias • Empleos nuevos en el centro de tratamiento
Atractivo turístico	Montaje del módulo de información en los Valles	• Expansión del conocimiento de vermicomposta • Atención de los visitantes de los Valles • Nuevos ingresos por venta de costales de vermicomposta
Localidad modelo por manejo de residuos	Inversión en el proyecto	• Ventaja con las comunidades aledañas en tratamiento de residuos
Calles limpias	Realización de faenas	• Mejora imagen urbana • Mejor ambiente de convivencia
		•
		•
Tratamiento de residuos	Construcción del centro de tratamiento	• Disminución de conflictos entre comunidades
Ruta de recolección		• Satisfacción comunitaria • Servicio de recolección • Viviendas libres de focos infecciosos

Fuente: Elaboración propia, 2015

Conciencia ambiental a partir de la Educación ambiental

La conciencia ambiental formada por un programa de la Educación ambiental, que se muestra arriba, como parte del proyecto del manejo sustentable de los residuos sólidos, muestra las características de la problemática y las características de la población a la que va dirigido; en este caso con las consideraciones de la educación formal, no formal e informal. Con la realización del proyecto, los pobladores tomarían conciencia con respecto al manejo sustentable los residuos sólidos ya que sería evidente el problema y ellos serían parte de la solución. El objetivo sería trascender en la problemática del manejo de los residuos sólidos, a través de alternativas de la solución para los pobladores pues al tener el problema tangible es posible que tomen parte en el buen manejo de los residuos, lo que reflejaría en la reducción de los residuos, así como la separación para facilitar el tratamiento de éstos.

Cohesión social, participación organización

La comunidad estaría inmersa en el proyecto por lo que todos tendrían un papel activo como generadores al separar los residuos, incluso podrían realizarse compostas domiciliarias, una vez demostrada la utilidad de este abono. En todo momento se fomenta el trabajo en equipo desde las familias hasta la comunidad en su totalidad, además la comunidad puede apropiarse fácilmente del proyecto ya que el centro de tratamiento y la propuesta en general lo operarían los integrantes de la comunidad. Lo que propone el proyecto es la gestión y manejo de los residuos sólidos orgánicos, en el cual la comunidad adoptaría un valor de responsabilidad y respeto con las rutas que se establecen para facilitar la recolección y ahorrar costos de transporte.

Cambio de hábitos de consumo

En el programa de educación ambiental se enfatiza la adopción de las tres R´s reducir, rehusar y reciclar, por los habitantes de la comunidad que tendrían el compromiso de modificar sus hábitos de consumo y manejo de los residuos sólidos, debido a que se pretende reducir el volumen de los mismos, de ahí que se

tendría un ahorro económico dentro de las familias con la recuperación de todos los residuos los cuales no se desperdiciarían si se adopta el proyecto.

Localidad modelo por manejo de residuos

El sistema de manejo de residuos que integra de forma participativa con todos los pobladores de la comunidad con beneficios comunitarios puede atraer la atención de otras comunidades aledañas las cuales pudieran adoptar el sistema.

Mejora en la salud

Los efectos al ambiente que conllevan el mal manejo de los residuos sólidos traen consigo la proliferación de enfermedades por lo que con el proyecto se podrían minimizar los efectos negativos a la salud que a su vez también habría un ahorro de gastos en la salud.

Generación de empleos

Con la puesta en marcha del proyecto el centro de tratamiento demandaría la participación de al menos 6 o 7 personas inicialmente, pudiendo incrementar el número de trabajadores al ir creciendo la demanda.

Nuevo atractivo para valles

Muy pocos lugares mantienen un manejo adecuado de los residuos por lo que al ser la comunidad una localidad responsable con sus residuos sólidos podría atraer la atención de los visitantes a los valles e incluso contagiar la concienciación que la comunidad reflejaría con la venta de los productos del centro de tratatamiento y participación de las personas de los valles puede hacerse gran difusión al proyecto incrementando el realce de Atlapulco.

Calles limpias

Sin el proyecto, se observa a simple vista las calles con gran cantidad de residuos sólidos lo que provoca una mala imagen para la comunidad, en cambio al adoptar el proyecto incluso las calles estarían más limpias el ambiente se respiraría limpio

pues los malos olores y la mala imagen que producen los desechos serían eliminados.

Tratamiento de residuos

Existen fuertes conflictos entre comunidades debido a la contaminación de agua que se recibe río abajo, puesto que Atlapulco es una zona de recarga de agua muy importante por sus características físicas, con el proyecto la contaminación de agua y suelo pueden frenarse, el agua que se comparte con las otras localidades no llegaría sucia tampoco habría desplazamiento de residuos sólidos, que son uno de los principales contaminantes del agua.

Rutas de recolección

El proyecto considera dos rutas para la recolección de los residuos sólidos en dos partes de Atlapulco, con la idea de atender a las demandas de la comunidad a través del servicio de recolección y mantener con ello las viviendas y zonas comerciales libres de focos de infección, así como el manejo explícito en el centro de tratamiento.

4.3.2 Factibilidad ambiental

Por otro lado, la factibilidad ambiental se expresa en los beneficios, costos y externalidades, se muestra en el cuadro 21.

Cuadro 21. **Evaluación ambiental**

BENEFICIOS	COSTOS	EXTERNALIDADES
Disminución de la contaminación al aire		• Disminución de emisión de GEI (CH_4 y CO_2) • Combate contra el cambio climático • Cumplimiento de convenios y convenciones internacionales
Disminución de contaminación al agua		• Minimización de contaminación a los acuíferos por lixiviados • Reducción de contaminación a los

	cuerpos de agua por residuos sólidos • Mejora en la calidad del agua DBO
Disminución de contaminación al suelo	• Disminución de lixiviados
Menor perturbación al ambiente	• Ecosistema
Imagen escénica	• Mejora de imagen del ambiente, disminución de afecciones al ambiente por residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia, 2015

El metano y el dióxido de carbono son los gases de efecto invernadero que tienen mayor peso en el efecto invernadero. La preocupación internacional y nacional se centra en disminuirlos, fenómeno que afecta a la humanidad y a los ecosistemas, que tiene como consecuencias cambio del clima, desastres naturales, entre otros. Es así que México se compromete a disminuir sus emisiones de gases contaminantes y fomentar proyectos que ayuden a disminuir los efectos del cambio climático, planteados en el Protocolo de Kioto y la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Los GEI actúan como absorbentes de calor en el efecto invernadero donde se da de forma natural el calentamiento de la tierra al ingresar calor del sol parte es retenida y parte se regresa al exterior, sin embargo actividades antropogénicas provocan que el fenómeno se acelere con la emisión exponencial de estos gases lo que provoca un mayor calentamiento de la tierra produciéndose el llamado cambio climático.

Parte de las emisiones de GEI las aportan los residuos sólidos con un 5% del total de gases emitidos por actividad humana, en los tiraderos se produce aproximadamente 50% de metano y 50% de dióxido de carbono (PNUMA, 2012).

Para el 2010 se estima que los residuos sólidos contribuyen con el 2.9% de GEI emitidos por actividades antropogénicas en México de lo cual la emisión de metano representó un 13.3% del total de CH_4 y 5.2% de CO_2 (INECC, 2012b); aumentando con ello desde 1990 a más de 50%. Según Bogner *et al.* (2007), mediante un tratamiento biológico se puede reducir hasta un 90% de metano.

Con lo anterior se precisa desarrollar proyectos y programas que combatan el cambio climático, el presente proyecto está dirigido al tratamiento de los residuos sólidos y en especial a los orgánicos, pues haría frente al combate contra el cambio climático, con el presente proyecto Atlapulco podría disminuir en gran medida la emisión de CH_4 y CO_2.

Conclusiones y recomendaciones

Con respecto al marco conceptual del manejo de los residuos sólidos, este trabajo muestra las bases teóricas y metodológicas de la Teoría General de Sistemas, del Desarrollo Local Sostenible y de los proyectos de inversión, no solo en la comprensión, explicación, sino también en la incidencia en la problemática derivada de su manejo. Para lo cual los fundamentos de los enfoques teóricos permitieron el desarrollo del proyecto.

Emanado de la problemática que se origina de los residuos sólidos generados en San Pedro Atlapulco se tiene la necesidad de cesar las externalidades derivadas y, al mismo tiempo involucrar a la población para resolver esta problemática, es así que este trabajo surge con bases teóricas y metodológicas de la Teoría General de Sistemas, del Desarrollo Local Sostenible y de los proyectos de inversión. La utilidad de los enfoques teóricos radica en que permiten la integración de los componentes que forman el problema; sea en el diagnóstico; sea en la formulación de estrategias de solución. Además, el proyecto se fundamenta en el Desarrollo Local Sostenible; por lo que se integra con las esferas de la sustentabilidad: Sociedad-ambiente-economía. Esto se refleja en cada etapa del proyecto: Mercado, técnica, organizacional, financiera y legal. Para ello, fue trascendente el trabajo conjunto con la comunidad de San Pedro Atlapulco.

En relación con el análisis del marco jurídico nacional y estatal para la elaboración de un plan de manejo de residuos sólidos se encontró que los fundamentos legales no solo dan cuenta del marco legal del manejo y gestión de los residuos sólidos en general, sino en particular del sustento legal para la integración del proyecto relacionado con la producción de composta. El análisis de la normatividad federal, estatal y municipal incorpora los apartados esenciales que soportan el proyecto. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el Título I, Capítulo 1, Artículo 4°; en el Título V, Artículo 115° constitucional en el párrafo III . También la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al

Ambiente (LGEEPA), en el Capítulo III, Artículo 15, párrafo XII, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2007 y su Título II, Artículo 6°, Artículo 10°, la Sección VIII, Artículo 41°, Artículo 7°, en el párrafo 15, en el Título tercero, Artículo 15°, párrafo 2 y el Artículo 18°de la LGPGIR y de manera puntual, para la producción de humus de lombriz se aplica la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007.

La problemática del manejo de residuos sólidos llamó la atención de la población y autoridades de Atlapulco, de hecho se evidenció su profundo interés con la participación activa en promoción y asistencia a los talleres de educación ambiental, actividades dirigidas a la reducción de residuos, talleres con comuneros, disposición para aportar información; lo que permitió realizar el proyecto.

Con base en la información nacional rescatada en torno a los residuos sólidos se concluye que las acciones realizadas aún no son suficientes y adecuadas al problema, sin embargo se identifican cada vez más esfuerzos encaminados a contrarrestar la problemática. Además se encuentra una gran inconsistencia en la información entre instituciones que manejan la temática de los residuos sólidos; por lo que las incongruencias podrían repercutir en los planes y programas de manejo pues las propuestas podrían ser ficticias. Por otra parte la normatividad mexicana referente a residuos indica ser amplia correspondiente al marco nacional y estatal. Dado que el manejo de residuos corresponde a los municipios es necesario trabajar con las localidades pues cada una es distinta y los aportes de conocimiento empírico funcionarían al ser aplicadas de manera particular, además un trabajo conjunto propicia el desarrollo local.

Con la evaluación ex ante del proyecto se identificaron los beneficios ambientales y sociales que conllevaría su puesta en marcha, en contraste con los problemas que actualmente ocasiona la generación de los residuos. En los beneficios destacan la reducción de emisiones de GEI, la reducción en los lixiviados que se infiltran al suelo contaminando las aguas subterráneas, la disminución del deterioro y contaminación del ambiente y la disminución de vectores que provocan

enfermedades, entre otras. Con base en esta esta situación es necesaria una intervención de manejo planeada, pues los problemas serán más evidentes con el paso del tiempo.

Con respecto a la técnica seleccionada para el manejo de residuos sólidos orgánicos, con base en las características de los residuos generadas por la comunidad de San Pedro Atlapulco, se eligió la vermicomposta, pues se tiene el potencial para realizar el proyecto con inversión de instituciones como la SEMARNAT, la participación del consejo de mayores, la delegación y la comunidad en general.

La vermicomposta se justifica porque las muestras obtenidas de los residuos de la comunidad avalan que un 63% corresponde a residuos orgánicos, por lo que el tratamiento de ellos a través de la producción de vermicomposta traerían a la comunidad ingresos por su venta en los valles turísticos de Atlapulco y en su uso en los cultivos locales.

Del trabajo de campo se identificó, que para un mejor manejo de residuos y con el fin de mejorar el servicio de recolección se trabaje con dos rutas: Una unidad de transporte para residuos orgánicos y otra para los inorgánicos, intercambiando con ello las rutas, de lunes a sábado.

Además se propone un centro de tratamiento de residuos que se ubicaría en un lado del sitio de disposición final actual; pues las condiciones físicas del lugar cubren con los requerimientos de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008, con ello, el centro tendría espacio para la transferencia de los residuos inorgánicos y la producción de vermicomposta con los residuos orgánicos.

El mercado potencial se determinó a través de encuestas realizadas a los turistas, a la par, por sugerencia de los comuneros, se propone una estrategia de educación ambiental dirigida a los turistas para incitar el consumo de la

vermicomposta en los valles y generar concienciación ambiental para que la comunidad tome un papel participativo en el manejo sustentable de los residuos sólidos. La viabilidad del proyecto es factible pues lo demuestran las evaluaciones sociecomica, ambiental y financiera; que, aunque el fin no es particularmente financiero y dado que el terreno seria donación, muestra utilidades desde el primer año.

Con lo anterior se considera la participación de la comunidad para lograr el éxito del proyecto, no sólo por la obtención de beneficios económicos por la venta de los residuos y la vermicomposta, sino porque las condiciones ambientales mejorarían y por ende, la salud de los habitantes de Atlapulco y de los habitantes aguas abajo.

Entonces la naturaleza del proyecto que se propone tiene una esencia de participación comunitaria; por esta razón, su puesta en marcha incidiría de manera directa en el cuidado del entorno de la comunidad y en el consiguiente desarrollo local, pues el problema de los residuos sólidos lo convierte en una oportunidad para mejorar las esferas social, ambiental y económica de la comunidad.

Cabe destacar la necesidad que es el sitio de disposición final una vez que se desee concretizar el proyecto propuesto, debe recibir un saneamiento para no afectar el desarrollo del centro de tratamiento; por lo que será conveniente abordar el saneamiento de dicho lugar en otra investigación.

Con respecto a la caracterización de los residuos sólidos y el diagnóstico sobre del manejo actual de los residuos sólidos en la comunidad, se identifica que en el país, a pesar de que la mayoría de éstos se canalizan a los rellenos sanitarios, no existe el tratamiento correspondiente, por ejemplo, la recolección selectiva es baja. Esto habla de la rapidez de apertura de nuevos rellenos sanitarios y de la proliferación de los tiraderos clandestino a cielo abierto; pues la cantidad de emisión rebasa casi 10 veces los rellenos sanitarios. De ahí la importancia del

proyecto de generación de composta a partir de los residuos orgánicos que genera la comunidad.

Posteriormente, y de manera sucinta, la formulación del Proyecto para el Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos en San Pedro Atlapulco mediante la técnica de vermicomposta, muestra su viabilidad a partir de la exposición de las características económica, social, ambiental, financiera, técnica y administrativa; ya que el residuo de mayor volumen con un 63.42% y con una clara tendencia de doblar la cantidad en los próximos 15 años, esto aunado al tiempo de vida del tiradero. Este comportamiento sustenta la factibilidad ambiental expresa en los beneficios, costos y externalidades, tales como, en el primer caso: La disminución de la contaminación al aire, agua, suelo y ambiente, así como a la mejora de la imagen escénica; en el segundo con la disminución de emisión de GEI, especialmente de CH4 y CO2, combate contra el cambio climático, cumplimiento de convenios y convenciones internacionales, reducción de contaminación a los acuíferos por lixiviados, reducción de contaminación a los cuerpos de agua por residuos sólidos, mejora en la calidad del agua DBO, disminución de lixiviados y mejora de la imagen del ambiente y disminución de afecciones al ambiente por residuos sólidos entre otros.

Finalmente se responde a las preguntas de investigación que se plantearon al inicio del proyecto: ¿Qué aspectos debe considerar el proyecto del tratamiento de residuos sólidos orgánicos para que contribuya en el desarrollo local sostenible de la comunidad de San Pedro Atlapulco? ¿Y cuáles serían los aspectos a considerar para la instrumentación del mismo?

El proyecto debió considerar aspectos económicos: población económicamente activa, ocupada, nivel de ingresos, actividades económicas de sustento, servicios; sociales: comportamiento poblacional, pirámide de la población; culturales: actividades comunitarias, historia de la comunidad, usos y costumbres; biofísicos: tipo de suelo, clima, topografía, vegetación, geología, hidrología; y técnicos: sistema de manejo de residuos, localización del sitio de disposición final. Todo lo anterior con la finalidad de formular el proyecto para el tratamiento de residuos

orgánicos que además, incluyera las fases del manejo, acorde a las características de Atlapulco para propiciar el desarrollo local sostenible.

Por otra parte los aspectos que se consideran para la instrumentación del proyecto fueron organizacional: descripción de la tarea administrativa del centro de tratamiento de residuos y sus funciones; mercadológicos: identificación del cliente potencial propuesta del producto sea vermicomposta y características del mismo; legales: reglamento interno del centro de tratamiento para asegurar el buen funcionamiento; técnico: elaboración de la propuesta para las fases del manejo sustentable de los residuos en la comunidad; y financieros: fuente de financiamiento de los gastos necesarios para levantar y operar el centro.

Se concluye que tanto los objetivos como la pregunta de investigación del trabajo se realizaron exitosamente dando pie a otras investigaciones como el saneamiento del sitio de disposición final y el tratamiento de los residuos inorgánicos.

Referencias

- Bogner, J., M. 2007, "Waste Management, In Climate Change: Mitigation. Contribution of Working" Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Boul S. W., Hole F. D. y Mccracken R. J., 1990 "Génesis y clasificación de suelos" México: Trillas

- Comisión Nacional del Agua, 2010, "Normales climatológicas" [En línea] Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75 Consultado: 30/03/2015

- Comisión Nacional de Población, 2014, "Datos de proyecciones" [En línea] Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos Consultado: 10/12/2014

- Colomer M., Francisco J. y Antonio G., 2007, "Tratamiento y gestión de residuos sólidos" México: Limusa, Universidad Politécnica de Valencia

- Consumer, Eroski 2012, "El Banco Mundial alerta de que los residuos sólidos urbanos aumentarán un 70% hasta 2025" [En línea] Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2012/06/07/210280.php Consultado: 07/03/2014

- Diario Oficial de la Federación, 2013, "Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales 2013-2018" (PROMARNAT) [En línea] Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5326214 Consultado: 25/05/13

- García F. Antonio, 2011, "Los residuos sólidos: Una problemática mundial" [En línea] Disponible en: http://www.elsigloweb.com/nota.php?id=75370 Consultado: 05/03/2014

- Gobierno del Estado de México, 2004, Gaceta de Gobierno [en línea] Disponible en: http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2004/dic315.pdf Consultado: 05/11/2013

- Gobierno del Estado de México, Secretaria del Medio Ambiente, 2009, "Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México" [en línea] Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos/solidos/documents/pepgir/PEPGIR%20Estado%20Mexico.pdf Consultado: 13/11/2013

- Gobierno de Nuevo León, 2014, "Manual de residuos" [En línea] Disponible en: http://www.nl.gob.mx/pics/pages/sdsustentable_ma_base/Manual-Residuos.pdf 08/10/2014 Consultado: 10/03/2014

- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2008, "Jornadas técnicas de vermicompost" [En línea] Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa Consultado: 26/10/2014

- Instituto Nacional de Ecología INECC, 2012ª, "Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos" [En línea] Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf Consultado: 09/12/2014

- Instituto Nacional de Ecología INECC, 2012b, "Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero" [En línea] Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/685/inventario.pdf Consultado: 23/01/2015

- Instituto Nacional de Ecología INECC, 2009, "Residuos orgánicos" [En línea] Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://vivienda.inecc.gob.mx/index.php/residuos/el-manejo-de-los-residuos/residuos-organicos&safe=active Consultado: 10/03/2014

- Instituto Nacional de Ecología INECC, 2007ª, "La situación de los residuos sólidos en México" [en línea] Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/133/situacion%20en%20mexico.html Consultado: 19/11/2013

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, 2007b, "El manejo actual de los residuos sólidos: condicionantes y consecuencias." [En línea] Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/283/cap2.html Consultado: 20/02/2014

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, 2007c, "Experiencias de la producción de composta en México" [En línea] Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/499/experiencias.html Consultado: 26/02/2015

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, 1996, "Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas" [En línea] Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/105.pdf Consultado: 08/10/2014

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014, "Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas" [En línea] Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx Consultado: 03/01/2014

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012, "Residuos Sólidos Urbanos" [En línea] Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb1162&s=est &c=34150 Consultado: 26/02/15

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011, "Sistema de Consulta de Estadísticas Ambientales [en línea] Disponible en: http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/ambiental/map/indexV3_FF.html Consultado: 19/02/14

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010, "Censo de Población y Vivienda 2010" [en línea] Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=273 29&s=est Consultado: 11/02/14

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s/f, "Unidades y Subunidades de suelo" [en línea] Disponible en: http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf Consultado: 30/03/2015

- Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos, 2007, "Reforma" [En línea] Disponible en: http://www.in-geco.net/site/Documents/LGPGIR%20REFORMA%2019_JUN_2007.pdf http://www.elsigloweb.com/nota.php?id=75370 Consultado: 10/03/2014

- Mendez, Ernesto, 2013, "Bordo Poniente: el hedor domina el oriente del DF" [En línea] Disponible en: http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/03/05/887324 Consultado: 26/02/15

- Monterroso Salvatierra, N., & Zizumbo, L., 2009, "La reconfiguración neoliberal de los ámbitos rurales a partir del turismo: ¿Avance o retroceso?" Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, 16(50), 133–164. [en línea] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-14352009000200006&script=sci_arttext Consultado: 12/08/2014

- Moreno Reséndez, A., (s/f), "Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales" Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [en línea] Disponible en: http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio5/10-vermicomposta.pdf Consultado: 25/10/2014

- Municipio de Ocoyoacac. (s/f), Bando Municipal. [En línea] Disponible en: http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/bdo/bdo065.pdf Consultado: 21/11/2013

- Naciones Unidas, (s/f), "Gestión Ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las agua cloacales" [en línea] Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm Consultado: 27/11/2013

- Naciones Unidas, 2012, "*World Population* 2012" [en línea] Disponible en: http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/trends/wpp2012.shtml Consultado: 15/01/2015

- Naturland, 2011, "*Vermicompost*: Un abono de alta calidad para mejorar la fertilidad del suelo" [En línea] Disponible en: http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/International/Espanol/06_2011_Vermikompost_Homepage_ES.pdf Consultado: 22/04/2014

- Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 [En línea] Disponible en: http://www.ecotec2000.de/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf Consultado: 26/02/2015

- Programa de las Naciones unidas para el Medio Ambiente, 2010, "Waste and Climate Change" [En línea] Disponible en:

http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/spc/Waste&ClimateChange/Waste&ClimateChange.pdf Consultado: 19/01/15

- Quisoe Limaylla, Aníbal, 2010, "Cómo manejar y aprovechar la basura orgánica de las ciudades" México: Colegio de Postgraduados
- Ramírez Castillo María Leticia, Cuatutle Tecanhue Gerardo y Méndez Amaro Leticia (revista ciencia y desarrollo marzo.abril, 2013, http://www.cyd.conacyt.gob.mx/264/articulos/tratamiento-residuos-solidos-organicos.html) Consultado: 22/04/14
- Secretaria del Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 2012 "Residuos" [en línea] Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/cap7_residuos.pdf Consultado: 28/11/2013
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012, "Residuos sólidos urbanos y de manejo especial" [En línea] Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial Consultado: 10/03/2014
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, 2006 "Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos" [En línea] Disponible en: http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/bases_legislar_prevencion_gestion_integral_residuos.pdf Consultado: 20/02/2014
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014, "Residuos sólidos urbanos y de manejo especial" [En línea] Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial Consultado: 22/04/2014
- Tarbuck, Edward J., 2009, "Ciencias de la tierra : una introducción a la geología física" Madrid : Prentice Hall
- Templatelite, 2010, "Rellenos sanitarios" [En línea] Disponible en:http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://residuosindustriales.blogspot.com/2010/03/rellenos-sanitarios.html&safe=active Consultado: 24/03/2014

Anexos

Cuestionario para identificar la demanda de vermicomposta*.

Objetivo: Identificar las necesidades y preferencias de las turistas amas de casa que tienen jardín en su casa, para adquirir vermicomposta.

*vermicomposta: Es el producto que se obtiene del proceso de descomposición de materiales orgánicos a través de las lombrices.

0. ¿Tiene usted jardín, o huerto familiar, o plantas de ornato?

Sí___ No___

Si la respuesta es positiva continuar y si es negativa dar gracias y no realizar el cuestionario.

1. ¿Qué tipo de plantas tienen?

a) Plantas de flores b) Plantas verdes

2. ¿Utiliza algún abono o fertilizante para sus plantas?

a) Sí___ b) No___

3. Si la respuesta es no, ¿Estaría dispuesto a utilizar fertilizante para sus plantas? (Pasa a la pregunta 6 y siguientes)

a) Sí ____ b) No _____

4. Si la respuesta es sí, ¿Qué tipo de productos utiliza?

a) Abonos químicos ___ b)Composta ___ c) Vermicomposta (*Humus* de lombriz) _ __ d)Tierra negra____

Si la respuesta es c) pasar al cuestionario B

5. ¿Con qué frecuencia consume estos productos?

a) Una vez al mes ____ b) Cada seis meses _____ c) Más de un año _____

6. ¿Qué cantidad de producto compra?

a) 1 kg._____ b) 2 a 3 kg. _____ c) 5 kg ____ d) Más de 5 kg. _____

7. ¿Qué es lo que más le interesa (ría) cuando compra un abono? (Anotar 1: Más importante; 2: Medianamente importante y 3: Menos importante)

a) Precio bajo____ b) Recomendación de otros_____ c) La marca conocida _____

8. ¿Conoce el abono orgánico llamado vermicomposta (*Humus* de lombriz)?

a) Sí ____ b) No ____

9. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por kilo de vermicomposta (*Humus* de lombriz)?

a) 10$ a 15$____ b) 16$ a 20$____ c) 21$ a 30$____