

## INDICE

<b>DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....</b>	<b>3</b>
INTRODUCCIÓN .....	3
GENERACIÓN.....	4
RECOLECCIÓN.....	6
DISPOSICIÓN.....	7
REQUISITOS PARA EL RECICLAJE, POR DESECHO.....	8
ADMINISTRACIÓN Y COSTO DE LOS SISTEMAS MUNICIPALES .....	12
ANÁLISIS DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS POR MUNICIPIO.....	13
VIDA ÚTIL DE RELLENOS MUNICIPALES ACTUALES .....	19
EMPRESAS E INICIATIVAS DE RECICLAJE EXISTENTES.....	19
Sistema municipal de separación: Cocotiltlan.....	19
Empresa de reciclaje Yollotlalli S.A. de C.V. ....	20
Reciclaje de plásticos Avelop, S.A.....	22
Acopio y composteo escolar .....	22
Talleres de lombricomposteo .....	24
<b>PLAN ESTRATÉGICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE.....</b>	<b>26</b>
INTRODUCCIÓN .....	26
OBJETIVOS .....	27
Diseño e implementación del sistema regional.....	27
Diseño e implementación de los sistemas municipales.....	31

Diseño, gestión y construcción de rellenos sanitarios intermunicipales.....	42
CALENDARIZACIÓN.....	48
IMPLEMENTACIÓN.....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de habitantes y generación por municipio de la región Sierra Nevada.....	5
Tabla 2. Composición de los RSM.....	6
Tabla 3. Area potencialmente fertilizable a través de composta municipal .....	11
Tabla 4. Costo del manejo de los RSM como porcentaje de los impuestos recabados .....	13
Tabla 5. Estimado tiempo de vida de tiraderos municipales representativos .....	19
Tabla 6. Escuelas involucradas en actividades de acopio o composteo .....	24
Tabla 7. Tratamiento requerido para la comercialización de residuos reciclables, por tipo. ....	36
Tabla 8. Estimación de volúmenes recuperables por municipio, primera etapa de reciclaje, suponiendo una tasa de 50% de separación en cada municipio ....	38
Tabla 9. Estimación de ingresos por venta de subproductos. ....	40
Tabla 10 Estimación de residuos sólidos no reciclados en primera etapa .....	43

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Propuesta de organigrama para el Organismo Operador Regional	28
Ilustración 2. Propuesta de organigrama.....	32
Ilustración 4. Propuesta para planta tipo para acopio municipal .....	36

## **Diagnóstico del Manejo Actual de Residuos Sólidos Municipales en la Sierra Nevada Poniente**

### **I. Introducción**

El manejo adecuado de residuos sólidos (RS) en la región de la Sierra Nevada Poniente es uno de los factores fundamentales para el ordenamiento ecológico de la zona. Las implicaciones que tiene o que puede llegar a tener la disposición inapropiada de estos son muchas y pueden ser no solo ecológicas sino también higiénicas, visuales, sociales, económicas e incluso políticas.

Cuando los desechos generados en las poblaciones ubicadas en esta zona no se disponen de manera adecuada representan una amenaza no solo a la calidad del suelo en el que se depositan sino también al agua subterránea, ya que la región está considerada como un punto estratégico de recarga de acuíferos debido a los suelos porosos que la conforman. Los jugos que produce la basura, provenientes sobre todo de la materia orgánica y el agua de lluvia, se mezclan con residuos tóxicos presentes en los desechos, tales como solventes, pilas, aceites, pinturas, desechos sanitarios y hospitalarios, produciendo un líquido oscuro al cual se le llama "lixiviados". Los lixiviados permean el suelo y alcanzan fácilmente el agua de los acuíferos que abastecen los pozos de extracción para consumo humano.

Otro problema que puede ocasionar la disposición inadecuada de los desechos es el taponamiento de coladeras y canales de desagüe. La obstrucción de los cauces provoca inundaciones en época de lluvias en diferentes puntos, aumentando seriamente los riesgos de infecciones gastrointestinales y en la piel.

A corto plazo podría parecer que el costo de la disposición de los RS en barrancas, cauces y lotes baldíos es menor que el de otras alternativas, como los rellenos sanitarios. Sin embargo, a la larga, cuando los suelos, el agua de los ríos y los acuíferos estén contaminados, el costo para su restauración y los servicios médicos necesarios para sanar a la población afectada serán mucho mayores, esto sin tomar en cuenta el costo ecológico por pérdida de especies de flora y fauna en la zona.

Por otro lado, el desarrollo de proyectos de ecoturismo como el establecimiento de zonas de acampado, ciclopistas y rapel así como la visita al los bosques de árboles de navidad y las iglesias antiguas es una de los potenciales económicos de la región, pero el efecto visual de los tiraderos al aire libre y los caminos sucios que se presentan a partir de la carretera de Chalco no permite

disfrutar de las ventajas que la Sierra Nevada ofrece y en un momento determinado puede evitar que los visitantes regresen.

Para lograr una disposición adecuada de los residuos sólidos municipales (RSM) se requiere tener un manejo integral de cada una de las etapas que conlleva su procesamiento, es decir: la generación, la recolección, la disposición final y en ocasiones la separación en subproductos para el reciclaje y el composteo con el fin de minimizar la cantidad de RSM que se tienen que disponer. A continuación se describe el panorama general en que actualmente se desarrolla estas etapas en los municipios que comprende la región de la Sierra Nevada para más adelante hacer mención particular de cada uno de los casos.

Cabe mencionar que el presente trabajo considera únicamente once municipios de los trece que comprende la región debido a la similitud entre ellos en lo que a residuos sólidos concierne, excluyendo a los municipios de Chalco e Iztapaluca, los cuales deben ser manejados por separado y para lo cual se requieren mayores estudios.

## **II. Generación**

La generación de residuos sólidos (RS) es un factor dependiente de los usos y costumbres de la población. Varía según la época del año, los días de la semana, la educación y el nivel económico de la gente. Debido a la cercanía con la Ciudad de México, la región ha crecido más en las últimas décadas que en toda su historia. La urbanización se ha dado poco a poco y por ende los desechos han aumentado.

Actualmente la generación promedio estimada se encuentra entre los 0.7 y 0.8 kg / habitante / día en las zonas que permanecen rurales y hasta 0.9 kg / habitante / día en las cabeceras y municipios más grandes.

En la tabla 1 se muestran el número de habitantes según datos del INEGI para el año 2000, así como la generación y recolección de RSM para cada municipio que comprende la región Sierra Nevada. De esta lista, se puede apreciar el grado de urbanización que presentan, ya que mientras menor población tenga un municipio y menor sea su generación por habitante, menores serán las áreas urbanizadas.

**Tabla 1 Número de habitantes y generación por municipio de la región Sierra Nevada**

Municipio	Habitantes (No.)	Generación estimada por habitante (kg/día)	Generación estimada por municipio (kg/día)	Recolección reportada (kg/día)	% estimado de recolección	% reportado de recolección
Cocotitlán	12500	0.8	10,000	9,000	90.0	90
Temamatla	8,500	0.8	6,800	4,000	58.8	75
Tenango del Aire	8,500	0.75	6,375	5,000	78.4	
Juchitepec	18,968	0.75	14,226	3,000	21.1	70
Ayapango	5,800	0.7	4,060	700	17.2	
Tepetlixpa	16,000	0.8	12,800	3,000	23.4	
Ozumba	23,556	0.85	20,023	4,000	20.0	30
Ecatzingo	7,916	0.7	5,541	500	9.0	
Atlautla	25,300	0.8	20,240	12,000	59.3	60
Tlalmanalco	42,000	0.9	37,800	30,000	79.4	
Amecameca	47,000	0.9	61,805	45,000	72.8	80
<b>Total</b>	<b>225,212</b>	<b>0.8</b>	<b>199,670</b>	<b>116,200</b>	<b>58.2</b>	<b>75</b>

La generación total se calculó considerando el total de la población y una generación promedio de 0.8 kg / habitante / día.

De la misma manera en que la generación se ve afectada por los cambios en el tamaño y las costumbres de la población, la composición de los RSM también se modifica con estos factores. En una comunidad rural los desechos producidos, principalmente, están compuestos por materia orgánica y en segundo lugar por botellas de plástico debido al aumento en el consumo de refrescos en los últimos años. Mientras tanto, en las cabeceras más pobladas y con costumbres más urbanizadas la variedad de subproductos que componen los RSM es mucho mayor.

En la tabla 2 se describe la composición por subproductos de los residuos que se generan en la región de una manera general dada la falta de información a nivel municipal.

**Tabla 2. Composición de los RSM.**

<b>Subproducto</b>	<b>% en peso</b>
Papel y cartón	14
Plásticos	6
Metales	3
Vidrio	7
Materia orgánica	42
No reciclables	28
Total	100

Esta región se dedica principalmente a la agricultura y cuenta con numerosos mercados y tianguis, por lo que la producción de materia orgánica que se genera es alta, como se puede apreciar en el gran porcentaje de este subproducto que se muestra en la tabla 2. Esto sugiere una posible producción de composta, ya sea a nivel municipal, particular, escolar o doméstico.

La actividad Industrial con que cuenta la región es poca, pero se pueden mencionar algunos casos como la papelera Kimberly Clark y la fabrica de terciopelo Martin, la cuales se encuentran en el municipio de Tlalmanalco, las fabricas de fuegos artificiales y cohetes en el municipio de Ozumba, así como un fabrica de latas en el mismo municipio.

### **III. Recolección**

Cada municipio es responsable de llevar a cabo la recolección de los RSM en las casas, comercios e industrias y de implementar las rutas adecuadas a la distribución de la población, siempre y cuando se trate de residuos no peligrosos. No obstante, en la mayoría de los municipios de la región el servicio dista mucho de ser eficiente. La recolección es uno de los gastos más fuertes que los municipios afrontan. Esto se debe al uso de vehículos grandes, que gastan mucho combustible y requieren composturas y refacciones frecuentes por las malas condiciones de los accesos a los tiraderos.

En términos generales los tipos de vehículos que se emplean son camionetas de 1.5 a 3 toneladas y camiones de 5 a 12 toneladas que pueden ser de volteo, redilas o compactadores. En promedio, cada uno es operado por un chofer y 2 ayudantes dependientes del ayuntamiento pero, por las ganancias que implica la prepepena en la recolección, en ocasiones se unen voluntarios al servicio sin recibir retribución alguna mas que la de la venta del material separado.

Aunado a los gastos antes mencionados, existen problemas que encarecen el sistema y reducen el alcance del mismo como son la subutilización de los recursos, el mal diseño de las rutas de recolección y la oposición por parte de los trabajadores a hacer cambios, sobre todo cuando están sindicalizados (Amecameca). Por lo que para poder lograr una mejora real en el desempeño del sistema de recolección de los once municipios se requerirá hacer un acercamiento particular a cada caso, que involucre a todos los actores y considere sus posibilidades presupuestales.

El alcance actual estimado del sistema de recolección en la región es aproximadamente del 58% de los RSM que se estima que se generan, como se puede apreciar en la tabla 1. El restante 42%, conformado en gran parte por materia orgánica, se da a los animales, es quemado o se tira en ríos y barrancas. Sin embargo, este porcentaje de recolección, según la misma tabla, varía mucho entre uno y otro municipio por lo que en el punto 4 se detalla esta información.

#### **IV. Disposición**

La disposición más común en los municipios de bajos recursos y de origen rural es en tiraderos al aire libre. Esa manera de manejar los desechos surge de las costumbres de los campesinos, ya que su generación en un principio consistía básicamente en residuos de comida, de las cosechas y eventualmente de trapos, cacharros cerámicos o algún fierro inútil. Sin embargo, con el paso del tiempo, surgen los plásticos, las latas y el vidrio desechable, los pañales y las toallas sanitarias, los cuales a falta de infraestructura fueron a dar al mismo lugar que los desechos orgánicos. Esta situación aunada al crecimiento poblacional generaron los grandes tiraderos al aire libre que hoy existen.

Todos los municipios de la región cuentan por lo menos con un tiradero, el cual consiste en un terreno abierto, una barranca o una falla geológica en donde se deposita la basura. En los municipios de Juchitepec, Tepetlixpa y Ecatzingo no existe control alguno en el sitio mientras que en Tenango del Aire, Ayapango, Ozumba, Atlautla y Amecameca se ha procurado la instalación de una cerca perimetral y el recubrimiento los residuos con tierra. Por otro lado, los municipios de Tlalmanalco, Temamatla y Cocotitlan, comienzan a tomar un mayor interés en la disposición adecuada de los RSM que generan, ya que se han implementado medidas como la instalación de chimeneas de venteo de biogas además del recubrimiento de los desechos con tierra y el cercado del lugar. En los casos de Tlalmanalco y Temamatla se ha descuidado este control como se describe más adelante. Únicamente en el municipio de Amecameca ya se tiene el diseño de un relleno sanitario de acuerdo a las normas pertinente, el cual está en proceso de

construcción y se calcula que se pondrá en operación para el mes de marzo del presente año (2002).

La saturación de los tiraderos, principalmente de los municipios de Tlalmanalco, Temamatla, Ozumba y Cocotitlan, está próxima y cuando llegue el momento cada uno de ellos buscara un nuevo sitio para disponer sus residuos. Esta es otra de las razones por las que urge el establecimiento de un plan conjunto de disposición adecuada, para evitar la formación de nuevos tiraderos.

## **V. Ventajas y requisitos para el reciclaje, por desecho.**

Una de los principales argumentos a favor de la separación y reciclaje de los desechos sólidos es lograr la reducción de los mismos, con un consecuente ahorro de energía, de recursos naturales y de su impacto negativo sobre los agua, bosque, aire y suelo.

Desde esta perspectiva una cultura de reciclaje permite:

Reducir los volúmenes de desechos que requieren de una disposición adecuada.

Reducir la presión sobre recursos no renovables a través de la reutilización.

Lograr mayor racionalidad económica en el manejo de los residuos sólidos.

A continuación se describen los ahorros en uso de energía, menor contaminación ambiental y disminución en gasto de recursos naturales si se reciclan algunos de los desechos sólidos municipales.

### **1) Aluminio**

Anualmente utilizamos 22 millones de toneladas de aluminio a nivel mundial. El aluminio se puede fundir y reutilizar varias veces, con lo cual se ahorra la energía que utilizaríamos para extraer más metal. Si elaboramos una lata de aluminio a partir de otra lata ahorraremos ahorramos energía suficiente para hacer funcionar un televisor durante tres horas. La temperatura que se emplea para fundir el metal se reduce hasta un 95% lo cual disminuye significativamente la contaminación del aire.



## 2) Vidrio

El vidrio se fabrica con la mezcla de arena y otros minerales naturales. Esta mezcla se funde en hornos especiales para convertirse en vidrio, esto requiere una gran cantidad de energía y recursos naturales.

Para reciclar el vidrio se requiere separarlo de otros materiales como plástico, papel, corcho, piedras, entre otros. Se separa principalmente por colores, blanco y verde. Los envases se deben llevar en costales al centro de venta. El vidrio se tritura y se lava y se separan las partes más gruesas. Al vidrio molido y derretido se agrega arena y ceniza y piedra caliza esta mezcla es calentada a altas temperaturas para formar vidrio líquido que es colocado en moldes para formar nuevos envases.

Si producimos una botella de vidrio a partir de material reciclado, se requiere quemar menos combustible para calentar el horno, lo que reduce la contaminación del aire y disminuye la erosión del suelo producida por la búsqueda y extracción de materias primas.

## 3) Papel

Para elaborar una tonelada de papel se requiere de 15 a 17 árboles o bien de 2,385 kgs. de madera.

Existen diversas clases de papel, el cartón (de color café) se reconoce porque si lo ves de lado se ven tres capas, lisas las de los extremos y ondulada la del centro. Cartoncillo, utilizado en cajas de medicina, de cereal y de galletas, reconocible porque al romperlo es de color gris. Otros como el papel periódico, papel bond, directorio telefónico. Cada uno de estos papeles requiere un proceso diferente.

Si se reciclarán la mitad de los periódicos que se venden en el mundo se salvaría 80,000 kms<sup>2</sup> de bosque al día. Si se recicla papel se reduce la contaminación, se ahorra energía y no se talan árboles. El periódico se puede reciclar hasta 7 veces antes de que sus fibras se rompan por completo.

Para reutilizar el papel se requiere:

Que este limpio, seco y separado.

Atarlo con mecate o rafia.

El papel blanco (bond) tiene que ir sin etiquetas, ni clips y en el caso de sobres arrancar las ventanas de plástico.

El papel blanco tiene más valor en el mercado, ya que para reciclarlo requiere de menos químicos y blanqueadores y eso reduce la contaminación.

#### **4) PET**

El PET es una resina plástica derivada del petróleo cuyo nombre completo es Poli-etilenteraftalato. Se emplea en la producción de botellas y envases para productos como agua purificada, aceite comestible, medicina, productos de aseo para el hogar, etc.

El PET se usa también para la elaboración de cuerdas, flejes, alfombras, playeras, rodillos para pintar, escobas y muchas cosas más, por lo que es muy importante tomar conciencia de la importancia que tiene reciclarlo.

El volumen que ocupan los envases de plástico en los contenedores y rellenos sanitarios es muy grande. Para reciclarlo se requiere:

- a) Vaciarlo completamente.
- b) Compactarlo para que ocupe menos espacio.
- c) Retirar el anillo de seguridad de la tapa, el anillo esta hecho de plástico PVC (pequeñas cantidades de este material contaminan grandes cantidades de PET al reciclarlo).

#### **5) TetraPak**

Este es un envase de cartón multicapas que se utiliza para envasar alimentos y bebidas. Aproximadamente se depositan 60,000 millones de estos envases mensualmente a los tiraderos de basura. Lo cual equivale a 2,000 toneladas diarias de envases y de recursos.

En el proceso de reciclado se recuperan las fibras contenidas en los envases de cartón y por medio de un lavado suave se recupera casi el total de la fibra de celulosa para utilizarla en la elaboración de nuevos productos. Con el reciclado del tetrapak se ahorra energía.

Para llevarlo a los centros de acopio se requiere, lavar los envases con poca cantidad de agua y dejarlos secar.

#### **6) Desechos orgánicos**

Representando 42% de los residuos totales, los desechos orgánicos representan a la vez el componente más voluminoso y pesado de todos los desechos, y si no se logra la separación, es el desecho que convierte a los demás en "basura".

Por otro lado, representa un recurso urgentemente requerido por los suelos volcánicos de la región, los cuales por ser arenosos, requieren de la incorporación permanente de materia orgánica para mantener su fertilidad. Los desechos

orgánicos que se podrían recuperar y procesar a través de sistemas municipales de reciclaje, podrían servir para mantener la fertilidad de 1255 hectáreas de suelos agrícolas en la región.

**Tabla 3. Área potencialmente fertilizable a través de composta municipal**

<b>Municipio / subproducto</b>	<b>Composta producida* por mes (con 80% tasa de separación)</b>	<b>Ton./año</b>	<b>Cantidad requerida por ha.</b>	<b>Has. cubiertas</b>
Cocotitlán	56.70 ton	680	7 tons.	97.1
Temamatla	25.20	303	7 tons.	43.2
Tenango del Aire	31.50	378	7 tons.	54.0
Juchitepec	18.90	227	7 tons.	32.4
Ayapango	4.41	53	7 tons.	7.6
Tepetlixpa	18.90	227	7 tons.	32.4
Ozumba	25.20	303	7 tons.	43.3
Ecatzingo	3.15	38	7 tons.	5.4
Atlautla	75.60	907	7 tons.	130.0
Tlalmanalco	189.00	2268	7 tons.	324.0
Amecameca	283.50	3402	7 tons.	486.0
<b>TOTAL ACOPIO</b>	<b>732.06</b>	<b>8786</b>	7 tons.	<b>1255.4</b>

\*La cantidad de composta producida representa 60% de la cantidad de desechos orgánicos procesados.

## 7) Aceites Usados

El manejo del aceite lubricante usado es muy importante, tanto por la cantidad que se genera, por su potencial para rehúso directo, recuperación y reciclaje, así como la posible causa de efectos perjudiciales en el ambiente y la salud cuando su manejo es inadecuado.

Una de las fuentes más importantes de aceite usado es el sector de los automóviles. El 59% de los aceites lubricantes producidos son consumidos por esta industria. Se estima que actualmente este sector consume 700 millones de litros a nivel nacional, los cuales generan 560 millones de litros de aceites usados, 50% de los cuales son producidos por el Distrito Federal y el Estado de México.

La mayor parte de los aceites usados proceden de los cambios de aceites de motores y de cajas de transmisión de automóviles, camiones de carga y de transporte público, que se realizan en talleres mecánicos, servicios de lubricación y agencias automotrices.

En el Estado de México la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos (ubicada en el Edificio Auris, Parque Orizaba No. 37-7º Piso), convoca a los representantes municipales para que se integren al Programa para el Manejo Integral de Aceites Lubricantes Automotrices Usados Generados en el Valle de México y apoya con talleres de capacitación sobre el manejo de los aceite. Estos talleres se imparten en los mismos municipios.

Actualmente están integrados los Municipios de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz y en estos municipios se están generando 184,934 litros mensualmente. También están en proceso de integración Amecameca, Coacalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Nicolas Romero, Tultitlán y Zumpango, con un trabajo inicial con Amecameca.

En este programa, los talleres mecánicos acumulan el aceite usado en contenedores adecuados, sin mezclarlos con sustancias como solventes, anticongelantes, restos de pintura. Estos contenedores son transportados por empresas autorizadas, quienes a su vez los entregan solamente a empresas tratadoras autorizadas. El aceite usado es utilizado como combustible para empresas como es la industria cementera.

## **VI. Administración y costo de los sistemas municipales**

Cada municipio maneja sus residuos sólidos con sus propios recursos, complementados por apoyos puntuales del Ramo 33 del gobierno federal para inversiones mayores, sin que haya una contabilidad específica para monitorear los gastos requeridos, ni considerar su impacto en las finanzas municipales generales.

El problema se agrava debido al aumento constante en los niveles de generación de residuos debido al crecimiento poblacional y la adopción de patrones de consumo cada vez más urbanos.

**Tabla 4. Costo del manejo de los RSM como porcentaje de los impuestos recabados**

Municipio	Costo Anual por Manejo de RS (2001)*	Impuestos recabados (1996)	Costo de Manejo de RS como % de impuestos recabados
Amecameca	\$2,700,000.00	\$1,686,699.00	160%
Atlautla	540,000.00	681,144.00	79%
Ozumba	372,000.00**	650,086.00	57%
Tepetlixpa	204,000.00	415,802.00	49%
Juchitepec	144,000.00	385,220.00	37%

Los costos considerados incluyen: gastos en gasolina, refacciones, personal. No incluyen la amortización de los vehículos ni de la adquisición de terrenos.

\*\* No incluye gastos de personal.

La operación del sistema de manejo de los desechos en los municipios es responsabilidad del regidor de ecología. Esta autoridad cambia con cada nueva administración municipal, resultando en una pérdida de la experiencia acumulada. No manejan un presupuesto determinado, sino tienen que operar a través de otras autoridades (como es la tesorería) sin informes sobre el monto de los gastos y la disponibilidad del presupuesto. Esta situación ha prevenido la construcción de estructuras que podrían permitir una administración sana con miras al autofinanciamiento del proceso.

## **VII. Análisis del manejo de residuos sólidos por municipio**

A continuación se hace una descripción del manejo que se le da actualmente a los residuos sólidos en cada uno de los municipios que comprende la región de la Sierra Nevada.

### **1) Cocotitlan**

Según las autoridades del municipio, en promedio se recolectan 9 Ton / día de las 10 Ton / día que se estima que se generan. Llegando a captar hasta el 90% de la generación. Es importante mencionar que esto corresponde con el porcentaje de generación reportado. El municipio utiliza 3 vehículos para la

recolección, dos camionetas de 2.5 toneladas de capacidad y un camión de volteo para las épocas de mayor generación. Cada camioneta ocupa a 3 empleados, un chofer y dos ayudantes.

La disposición final se da en un tiradero al aire libre llamado "Paraje el Jagüey" – propiedad comunal de San Andrés Metla, Mide 1.4 hectáreas y tiene de 12 a 14 años de antigüedad. Este sitio se encuentra próximo a una escuela de esta población, lo cual ha levantado protestas, manifestaciones y bloqueos al paso de los camiones de recolección por parte de los habitantes de la población. Por esta razón, en el último año se cercó para evitar la dispersión de la basura, se hicieron canaletas para juntar los lixiviados, se colocaron tubos para canalizar el biogas y se hicieron cubrir los desechos continuamente con tierra y tepetate a manera de capas uniformes.

Durante el trienio anterior, el gobierno municipal realizó campañas en los barrios y las escuelas para la separación doméstica de los desechos (orgánicos/inorgánicos). Se instalaron tambos de 200 litros en los camiones de recolección y se estableció un centro de acopio para el almacenamiento y venta de los subproductos.

Con este sistema se logró la separación de hasta el 50% de la basura y se generaron ganancias para el mismo municipio. Sin embargo con el cambio de administración el programa se discontinuó. En el punto numero 5 de este trabajo se hace una descripción más amplia de esta experiencia.

## **2) Temamatla**

Se recolectan entre 3 y 4 Ton / día de las 6.8 Ton / día que se estima que se generan, es decir el 59%. Para la limpieza del primer cuadro el municipio cuenta con 10 trabajadores de limpia. Existen 3 vehículos para la recolección. Un camión con capacidad de 8 toneladas con compactadora y 2 camionetas de 1.5 toneladas. Las camionetas son operadas por 5 trabajadores. Cuenta también con una patrulla ecológica.

En el mes de noviembre de 2001, para poder participar en el programa "Por un Estado Limpio" convocado por el gobierno del Estado de México, el municipio inscribió una propuesta de control para el tiradero al aire libre que se encuentra en el predio "El Potrero" en el km 47/12 de la vía del ferrocarril México-Cuautla. Este sitio comprende una superficie de 1.5 hectáreas aproximadamente, fue adquirido mediante un convenio con los ejidatarios del lugar y se ha empleado durante 15 años.

Como parte de la propuesta se mejoraron los accesos, se niveló el terreno y se cubrió con una cama de tepetate, se implementó un canal de desagüe de

lixiviados y una laguna de evaporación para los mismos y se coló una chimenea para la captación de biogás. Así mismo, se cercó el lugar con malla ciclónica y se construyó una caseta de vigilancia. Sin embargo, una vez concluido el programa los regidores no dieron continuidad a este trabajo y los residuos rebasaron la laguna de evaporación así como las chimeneas que permitían el escape de los gases de descomposición. Cabe mencionar que este tiradero se encuentra ubicado sobre un suelo de alta porosidad, y por lo tanto de fácil infiltración.

### **3) Tenango del Aire**

La recolección de RS en el municipio es de 5 Ton / día de los 6.4 Ton / día que se estima que se generan equivalentes a un 78% de eficiencia. Trabajan 2 barrenderos en la limpia de las principales calles. También se cuenta con un camión de 12 toneladas, operado por 3 personas, el cual realiza 3 viajes diarios. Cada viaje transporta entre 1 y 1.5 toneladas. El costo aproximado de la recolección es de \$18,000 mensuales, el cual incluye combustible, salarios y refacciones mínimas.

La disposición final se lleva a cabo en un tiradero la aire libre ubicado en la entrada a Tenango por el camino a Temamatla. El terreno es propiedad del ayuntamiento, mide alrededor 3,000 m<sup>2</sup> y no cuenta más que con una cerca alrededor para evitar la dispersión de la basura. Alrededor del sitio viven varias familias y se lleva a cabo la pepena clandestina. Además de los residuos domésticos y del mercado, este tiradero recibe los desechos del CABI, una unidad militar ubicada en Temamatla que genera básicamente materia orgánica, latas, papel y plásticos. En el transcurso del año se recibió una propuesta del IPN para realizar un estudio de generación y posteriormente una propuesta para tener un mayor control del tiradero al aire libre.

### **4) Juchitepec**

Se recolectan aproximadamente 3 Ton / día, lo que representa el 21% de las 14.2 Ton / día que se estima que se generan. Existe un camión de 5 toneladas y una camioneta de 3 toneladas operados por 3 personas cada uno para realizar la recolección. El costo aproximado de la recolección de los RSM es de \$12,000 mensuales, incluyendo gasolina, salarios y refacciones. Cada 8 días dos barrenderos se ocupan de la limpieza de las carreteras y las orillas del municipio.

La disposición final se hace en una barranca al aire libre ubicado en la colindancia con el municipio de Tenango del Aire, a un lado de la carretera. Esta cercanía ha provocado conflictos entre los dos municipios debido a que el agua de lluvia arrastra los residuos depositados fuera de los límites de Juchitepec. No existe ningún control en el sitio y se tiene pepena clandestina.

### 5) Ayapango:

Se recolectan 0.7 Ton / día de las 4 Ton / día que se estima que se generan, teniendo una eficiencia del 17%. Cuenta con una camioneta con compactador de 3.5 toneladas y un camión de volteo de 10 toneladas como apoyo en los días de mayor generación. Trabajan 5 personas por los dos vehículos.

Existe un tiradero al aire libre ubicado en el paraje Tepenacasco, cerca de los campos de cultivo. Mide aproximadamente 500 m<sup>2</sup>. Cuenta con malla ciclónica y la basura se cubre y compacta con tepetate y tierra. Dentro del tiradero trabaja una familia a la que el municipio da un apoyo económico además de las ganancias que obtiene por la venta de los desechos separados.

### 6) Tepetlixpa

La recolección del municipio es de 3 Ton / día, que representa el 23% de las 12.8 Ton / día que aproximadamente genera. Se tienen 2 camiones de volteo para la recolección, uno de 8 toneladas y otro de 10 toneladas. Cada uno cuenta con dos contenedores los cuales podrían aprovecharse para hacer algún tipo de separación, aunque hoy en día no se hace. Hay dos operadores por camión y dos ayudantes del servicio de limpia para las principales avenidas. El costo aproximado de la recolección de los RSM es de \$17,000 mensuales, incluyendo gasolina, salarios y refacciones.

Existe un tiradero al aire libre que si bien no cuenta con control alguno es el único de la región que esta ubicado en una zona de baja infiltración, lo cual lo hace menos peligroso que el resto de los tiraderos. Se trata de una antigua mina de grava ubicada en la carretera México - Cuáutla. Mide alrededor de 5000 m<sup>2</sup> y tiene 12 años en funcionamiento con una profundidad aproximada de 10 m.

### 7) Ozumba

En promedio se recolectan 4 Ton / día, lo cual representa el 20% de las 20 Ton / día que se estima genera el municipio. Existen 3 carros de volteo de 10 toneladas y un camión compactador nuevo encargados de realizar el servicio, operados por 5 personas cada uno. El servicio de limpia de las calles lo realizan 3 personas, sumando en total 23 empleados en el manejo de los RS. El gasto en refacciones, combustible y equipo para el personal por mes es aproximadamente de \$31,000, sin tomar en cuenta los salarios del personal.

El municipio de Ozumba cuenta con el tianguis más grande de la región durante los martes, por lo que la generación de materia orgánica es muy alta. La disposición final se realiza en una depresión del terreno de 1 hectárea que se encuentra cerca de la vía del ferrocarril sobre el camino viejo a Juchitepec. Hoy en día cuenta con una malla ciclónica y los desechos son cubiertos con tierra.



## **8) Ecatzingo**

La recolección de RS es alrededor de 0.5 Ton / día que representa el 9% de las 5.5 Ton / día que aproximadamente se estima se que generan en el municipio. Los camiones que se emplean para acarrear los desechos no son exclusivos de este servicio. Durante dos días a la semana se emplean camiones de 10 toneladas de transporte de material para llevar a cabo la tarea. No existe tampoco personal especializado.

Las escuelas cuentan con tambos para hacer separación de desechos orgánicos e inorgánicos. Posteriormente, se pretende que éstas hagan su composta y la regalen a los campesinos de la región.

La disposición final de los residuos se hace desde hace 3 meses en el tiradero a cielo abierto del municipio vecino de Atlautla. Anteriormente se hacia en una barranca del municipio sin control alguno, llamada El Charro, donde se estaba interfiriendo con un proyecto de ecoturismo, razón por la cual se decidió solicitar espacio en el municipio contiguo.

## **9) Atlautla**

De las 20.2 Ton / día de RS que se estima genera el municipio, el 59% es recolectado, es decir 12 Ton / día. Se tienen 2 camiones de 10 toneladas, 1 de volteo y 1 con compactador. En las temporadas de mayor recolección se emplea también un remolque de 6 toneladas. Cada vehículo es operado por un chofer y 2 ayudantes.

La limpieza de las calles la lleva a cabo 3 barrenderos, y en la temporada de enero a junio se contrata mayor personal para la limpieza de barrancas y carreteras. El costo de la gasolina, las refacciones y los salarios del personal de limpia por mes es aproximadamente de \$45,000.

La disposición final se hace en dos sitios. El primero es un terreno particular ubicado en la colonia el Mirador en la delegación San Juan Tehuixtlán. En este, los desechos se extienden en una capa y se cubren con tierra como único control. El segundo lugar, ubicado en la misma colonia, se trata de un tiradero al aire libre en una barranca sin ningún control.

## **10) Tlalmanalco**

Se recolectan alrededor de 30 Ton / día de RS de 37.8 Ton / día que se estima que se generan en el municipio, es decir el 79%. Se cuenta con 5 unidades para realizar esta tarea entre ellas 3 carros de volteo con capacidad de 6 toneladas y 2 compactadores. La recolección en la zona sureste del municipio está concesionada a la empresa Yolotlalli de la cual se hace referencia más adelante en este trabajo.

Existe un tiradero controlado para la disposición final de los desechos, rentado al municipio por el S. Alberto García, en el cual se compactan empleando una maquina oruga y se cubren con una capa de 25 a 30 cm tierra amarilla utilizando una retroescabadora y 4 camiones de volteo. Está cercado con malla ciclónica aunque ésta requiere un poco de mantenimiento. Se construyeron algunas canaletas para juntar los lixiviados y se colocaron chimeneas para el venteo del biogas. Este sitio ha sido empleado durante 8 años y se permite la pepena.

### **11) Amecameca**

Se recolectan aproximadamente de 45 Ton / día de desechos sólidos, equivalente al 73% de 61.8 Ton / día que se estima que se generan. Cuenta con 2 camionetas de 3 toneladas cada una, 2 camiones de 2 toneladas y un camión torton. Se han tratado de implementar nuevas rutas de recolección para ahorrar en combustible, pero aun no se tienen resultados positivos.

El número de personas empleadas en el manejo de los RSM es de 37 en total, contando 4 encargados de la administración, 1 chofer y 2 ayudantes por vehículo y barrenderos por turnos. Todos ellos están sindicalizados. El horario matutino es de 7:00 a 15:00 hrs. El costo mensual de combustible, refacciones, equipo para los trabajadores y salarios es alrededor de \$167,000.

El mercado local separa un tercio de sus desechos orgánicos y los dona al municipio, el cual hace lombricomposteo y utiliza los 110 toneles de material resultante en el vivero municipal. Para el resto de los residuos existe un tiradero al aire libre, ubicado en la barranca de San Pedro Nexapa en el km 3 de la carretera Tlamacas, en el cual se han depositado los desechos durante muchos años.

En el mes de marzo del 2002 se inaugurará un relleno sanitario ubicado en la carretera a Tlamacas en el lindero del ejido de Huehuecalco, con un área aproximada de 3 hectáreas. El terreno fue adquirido por el municipio a un costo de \$70,000. Se realizaron estudios preliminares geofísicos y geotécnicos así como levantamientos topográficos y se determinó un proyecto ejecutivo que en su conjunto implicaron un gasto de \$227,389. El costo de la obra civil se calcula en \$1,500,000.

El nuevo relleno busca cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996 y el Proyecto de Norma NOM-084-ECOL-1994, por lo que se instalará una geomembrana impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren al subsuelo, además, se colocarán las canaletas necesarias para su captación hacia una laguna de evaporación. Contará con chimeneas para evacuar el biogas que se produzca, una cortina perimetral de árboles y caseta de vigilancia.

## VIII. Vida útil de rellenos municipales actuales

Mientras siguen creciendo los volúmenes de residuos a tratar y disponer, se va llenando los tiraderos, resultando en problemas de tipo ecológico, además de los que surgen con poblados y municipios vecinos.

**Tabla 5. Estimado tiempo de vida de tiraderos municipales representativos**

Municipio	Tiempo de Saturación	Condiciones actuales
Cocotitlán	2 años	Se ha llenado la barranca que servía de depósito principal. La basura está al nivel del camino principal.
Temamatla	5 años	Aunque esta proyectado para durar 10 años, la forma de acomodo de la basura y la falta de reciclaje efectivo no parece confirmar esta proyección.
Ozumba	5 años	El mal acomodo de los materiales, la falta de una cerca en buen estado permite que la basura se este derramando sobre la barranca.
Ecatzingo	N/a	Está depositando su basura en el municipio vecino de Atlautla por carecer de un sitio adecuado.

Estimaciones realizadas por el consultor en investigaciones en campo, diciembre 2001.

## IX. Experiencias de reciclaje en la región

Afortunadamente, la Sierra Nevada Poniente cuenta con una experiencia acumulada de reciclaje a nivel escolar, comunitario, municipal y empresarial, la cual representa una situación favorable para el diseño e implementación de un sistema regional.

### A. Sistema municipal de separación: Cocotitlan

El 1° de enero de 1997, como parte del trabajo realizado por la administración anterior, encabezado por el Partido Verde Ecologista y con base en un estudio de los problemas de su población, el H. Ayuntamiento de Cocotitlán decidió lanzar un proyecto de reciclaje a nivel municipal. Se trabajo con las escuelas y la población en general para fomentar la separación en fuente de los residuos. La campaña consistió en acudir puerta por puerta pidiendo que se separara el material orgánico del inorgánico, proporcionándoles los recipientes adecuados. De esta manera se obtuvo la participación del 50% de los habitantes.

Para la recolección de los RS separados se adaptaron dos camiones de 3.5 toneladas acondicionados con 3 toneles cada uno para el material orgánico y costales para el resto de los desechos. Estos camiones pasaban cada tercer día.

El 27 de febrero del mismo año se comenzó la compra del terreno "El Tucán", donde los residuos se almacenaban y compactaban. Se implementaron campañas escolares y se integró a los pepenadores del tiradero al aire libre al trabajo de selección en el centro de acopio, los cuales recibieron un salario y un ambiente de trabajo más seguro.

En este proyecto se logró la venta de PET de manera semestral - alcanzando las 18 toneladas en este periodo - , 1.5 toneladas de latas de semanales y otros materiales como metales ferrosos, vidrio, papel y cartón. Las ganancias de estos subproductos ingresaban a la tesorería del municipio, las cuales se invertían en gastos del municipio.

La materia orgánica, la cual llega a ser hasta el 40% del total de los RS, se procesó como composta con alto contenido en nitrógeno (debido a cabellos y plumas) y se regaló a 250 campesinos del municipio para fertilizar algunos predios de demostración que en total sumaban 20,000 m<sup>2</sup>, sembrando tomate y calabaza.

Los residuos hospitalarios y las pilas se vendían a empresas particulares y el resto del material no reciclable se depositaba en el tiradero municipal. Con este programa se alcanzó la reducción de alrededor de 2 toneladas menos de desechos a disponer en el tiradero.

Sin embargo, una vez concluido el trienio, ocurrió el cambio de partido en la administración y el programa no tuvo continuidad. La maquinaria todavía existe pero es propiedad del partido Verde Ecologista.

## **B. Empresa de reciclaje Yollotlalli S.A. de C.V.**

Esta empresa surgió el 1° de septiembre de 1997 bajo un esquema de capitalización comunitaria, promovida en gran parte por el Consejo Social Iztaccíhuatl, A.C. La administración está a cargo del Profesor Eduardo Gutiérrez Popoca.

El propósito de Yollotlalli es la recolección, separación, venta y composteo de los RS del municipio de Tlalmanalco, aunque hasta la fecha solo cuenta con algunas rutas de recolección que el municipio le ha cedido.

El costo de inversión fue de \$400,000 proporcionados por 120 accionistas y el Fondo Nacional de Empresarios en Solidaridad. El total de las acciones está dividido de la siguiente manera: 10% pertenecen al H. Ayuntamiento Municipal, 10% al Consejo Social Iztaccíhuatl, 10% al Ejido de San Antonio Tlaltecahuacan el cual cedió el terreno y el resto a miembros de la comunidad.

Durante sus primeros cuatro años de operación no se ha logrado generar los beneficios contemplados en sus estatutos (becas; actividades culturales, deportivas y sociales; obras públicas; campañas culturales y sociales), principalmente por no lograr comercializar la composta como se había esperado. No se ha logrado entregar los certificados provisionales ni títulos definitivos a todos los miembros de la comunidad que compraron acciones, ni se ha logrado anunciar y realizar las asambleas ordinarias de accionistas de la manera contemplada en sus estatutos. Por este motivo, la empresa, aunque nació DE un esfuerzo común con la intención de ser “comunitaria”, hoy en día funciona más bien como empresa familiar, habiendo dejado como experiencia lo difícil que es lograr una empresa con buena capacidad administrativa, rendición permanente de cuentas e involucramiento permanente de la comunidad como accionistas.

La concesión para la recolección comprende la zona sur del municipio de Tlalmanalco incluyendo la Vía Morelos y las colonias La Rumorosa, El Arenal, El Magueyal, Tezopilo, Juan Diego, Nueva Belén, Santa María, El Magisterio, Santo Tomás y San Antonio. Se dedican dos días por lugar para recolectar los desechos mezclados, ya que la población no separa sus residuos. Diariamente se están manejando aproximadamente 6 toneladas de RS, utilizando 2 camionetas para llevar a cabo la tarea. Una de ellas es propiedad de la empresa y otra es prestada. Cada camioneta es operada por un chofer y 2 ayudantes, los cuales reciben \$500 semanales.

Los RS son llevados a la planta de separación y composteo, ubicada en el Ejido de San Antonio Tlaltecahuacán, la cual ocupa 1.5 hectáreas. Los residuos son clasificados manualmente en papel, cartón, latas de aluminio, residuos ferrosos, polietileno y desechos orgánicos entre 6 ó 7 personas. El 90% de las ganancias de la venta de estos subproductos conforman el pago de los trabajadores de la planta que llega a ser hasta de \$1,900 mensuales. El restante 10%, las propinas que los usuarios del servicio dan y un donativo de \$1,800 mensuales que el Club Campestre Santa María da por la recolección de sus residuos, se emplean en el pago de combustible, refacciones y salarios de los choferes y ayudantes de las camionetas y una secretaria auxiliar de la administración.

Los materiales separados son vendidos a granel y sin compactar a empresas privadas ajenas al municipio. Se cree que si se concesionaran más rutas de recolección por el municipio a favor de Yolotlalli y aumentarían los volúmenes de material que se manejan, se podría tener acceso al préstamo de una máquina compactadora de parte de la industria recicladora y un mayor precio en la venta de subproductos, mejorando las ganancias de la empresa y sus accionistas.

La materia orgánica se convierte en fertilizante orgánico a través del lobricomposteo a gran escala. El proceso dura alrededor de 3 meses y consiste en tres etapas. En la primera se lleva a cabo un precomposteo. El material se tritura y

se coloca en forma de pilas y se cubre con plástico para proporcionar condiciones de anaerobiosis. La ausencia de oxígeno y la fermentación de los desechos sube la temperatura del interior de la pila hasta 70° C, eliminando de esta manera los microorganismos patógenos que pudieran estar presentes. La segunda etapa comprende la inoculación de las pilas con lombrices bajo condiciones aerobias. Las lombrices terminan el proceso de degradación dando como resultado un material de gran calidad. La tercera y última etapa consiste únicamente en el cernido y empacado de la composta para su posterior venta.

La producción de composta es de alrededor de 2 toneladas por día y el precio es de \$1,000 por tonelada (esto hace que sea un 80% más cara por ejemplo que la gallinaza que tiene un costo de \$200.00 por tonelada, lo que provoca una desventaja en el costo). Se hace un 20% de descuento a los habitantes del municipio y su comercialización en otras zonas esta en proceso.

La forma de organización no relacionada con el ayuntamiento que presenta la empresa Yollotlalli ha permitido la continuidad del proyecto a lo largo del tiempo, siendo independiente de los cambios administrativos a nivel municipal.

### **C. Reciclaje de plásticos Avelop, S.A.**

Esta empresa es un negocio familiar que comenzó sus actividades en el año 1993. Se dedica exclusivamente al reciclaje de botellas y bolsas de polietileno de baja densidad. El material que se recibe debe estar en buenas condiciones para la producción de sillas, germinadores hidropónicos, láminas, cisternas, excusados ecológicos, calentadores solares y casas ecológicas completas. Actualmente venden estos artículos en la región y bajo pedido para la SEMARNAT y el DIF.

En algunas encuestas aplicadas a la población se ha constatado la disposición de la gente de la región para separar la basura desde las casas. Inclusive, en ciertas áreas ya se separa en forma habitual lo orgánico de lo inorgánico para dárselo a los animales de crianza. Las casas cuentan con el espacio requerido para la separación y el composteo familiar, dado que el tamaño promedio de lotes en la región es 450 m<sup>2</sup>.

### **D. Acopio y composteo escolar**

En casi todos los municipios aledaños a la Sierra Nevada se cuenta con programas exitosos de acopio y reciclaje en las escuelas. Por ejemplo:

La red de monitoreo y acción ambiental iniciativa del Proyecto Casa UAM – Sierra Nevada para promover el conocimiento y el cuidado de los alumnos de secundaria y preparatoria de los recursos naturales de la región.

La idea nació a raíz de un curso impartido por la Lic. Elena Burns y la C. Rebeca López (directivos de Sierra Nevada) a 12 profesores del Centro de

Maestros de Tepetlixpa. De este curso surgió la realización de una serie de conferencias en diferentes secundarias de la región, por ejemplo la Secundaria 104 de Tepetlixpa ó la 102 de Tlalmanalco. En estas charlas los temas fueron el cuidado del agua, el suelo, o los bosque de sus municipios. Todos estos temas provocaron mucho interés entre maestros y alumnos, comenzándose a preguntar por alternativas al deterioro que ha sufrido la región y formas de revertirlo.

En agosto del año 2000 la Profesora Imelda Carreón retomó estas inquietudes y por medio de la aplicación de cuestionarios, con preguntas sobre los temas, el material que les fue entregado, se hicieron gráficas para conocer cuales eran las problemáticas ambientales que más preocupaban a los alumnos. Junto con los directores de diferentes secundarias y preparatorias de la región se buscaron espacios dentro de sus planes de estudios en donde se pudiera desarrollar un programa de concientización de los problemas ambientales, separación y venta de diferentes desechos escolares, composteo de la materia orgánica e involucramiento de los alumnos en la vigilancia de los recursos ambientales de sus poblaciones. Se desarrollo un manual con diferentes indicadores para desarrollar proyectos de monitoreo ambiental y se culmino esta etapa del programa con la presentación de los trabajos de 19 escuelas secundarias y preparatorias el 08 de Junio de 2001 en el Municipio de Ayapango. Actualmente se hace separación y composteo en 18 de estas escuelas, con apoyo y coordinación desde el Programa de Monitoreo Ambiental del Proyecto UAM Sierra Nevada.

**Tabla 6. Escuelas involucradas en actividades de acopio o composteo**

Municipio	Escuela	Actividad que realizan
Amecameca	José Vasconcelos T.M.	Composteo
Amecameca	Generalísimo Morelos	Composteo
Amecameca	Tecnológica Agropecuaria Chimalpain	Composteo
Amecameca	Vicente Guerrero	Separación
Ozumba	Niños Heroes	Composteo
Tepetlixpa	Juana de Asbaje	Separación
Tepetlixpa	Técnica 14 Emiliano Zapata	Lombricomposteo
Tepetlixpa	Preparatoria 20	Composteo
Atlautla	Fernando Monte de Oca	Composteo
Atlautla	CECYTEM	Separación
Atlautla	Atlautla 35	Composteo
Tenango del Aire	5 de Febrero	Separación y composteo
Tenango del Aire	Fernando Monte de Oca	Composteo
Ayapango	Gabriel Ramos Millán	Composteo
Tlalmanalco	Preparatoria 102	Separación
Tlalmanalco	Preparatoria Ricardo Flores Magón	Separación
Juchitepec	Carlos Sosa Moss	Separación y composteo
Ecatzingo	Preparatoria 50	Composteo

### **E. Talleres de lombricomposteo**

El lombricomposteo es una de las técnicas de composteo que más se aplica en la región. Este proceso, desde que empieza hasta que se obtiene el producto final, llega a tomar aproximadamente 3 meses.

Como se describe en la tabla 3, La secundaria Técnica Emiliano Zapata lleva a cabo un proyecto de este género. El profesor Gumercindo León Martínez, hace más de 5 años comenzó algunos ensayos en su propia casa y posteriormente en un lote cedido por la Ing. Claudia Martínez Cerdas. En un principio utilizó desechos de verduras, frutas y hierbas sin tener muchos cuidados. Posteriormente, en el año 1996, adicionó estiércol y desechos del taller de alimentos de la escuela. Estas nuevas aportaciones y las observaciones realizadas sobre el comportamiento de las lombrices lo llevaron a tener un mayor control del proceso y una composta de mejor calidad. Hoy en día la escuela se ha



consolidado como un centro demostrativo y de capacitación para atender a otras escuelas, campesinos y personas interesadas en el proyecto. Se han repartido lombrices y dado asesorías en el municipio de Amecameca, en Tlayacapan, en un centro preescolar del DIF en Ixtapaluca, en 10 lotes de Zentlalpan y en algunas fincas, con el compromiso de que los que las reciben se conviertan en monitores y multiplicadores del proyecto. De igual modo, la escuela ha logrado relacionarse con ONG's e instituciones privadas que permitirán que el proyecto crezca.

A una mayor escala, la empresa Yollotlalli en Tlalmanalco procesa 2 toneladas diarias de desechos orgánicos a través del lombricomposteo, y el ayuntamiento de Amecameca está realizando lombricomposteo con residuos orgánicos del mercado a una escala mediana.

## **Plan Estratégico para el Manejo Sustentable de Residuos Sólidos Municipales en la Sierra Nevada Poniente**

### **I. Introducción**

Como parte del estudio sobre la Sierra Nevada Poniente para su ordenamiento sustentable, la principal finalidad del desarrollo de un plan integral de manejo de residuos sólidos municipales (RSM) es el establecimiento de la región como zona de manejo modelo de recursos naturales.

El acopio de residuos a nivel regional tiene la finalidad de incrementar las ganancias por subproducto separado. Es decir, el precio de un subproducto aumenta si la venta se hace en mayores cantidades y si el material viene compactado, flejado o con algún otro pretratamiento. Por esta razón resulta más costoso juntar los desechos reciclables de varios municipios y venderlos en mayor cantidad, a que cada quien lo haga por separado. De igual manera, el tratamiento y disposición final de los desechos no reciclables se vuelve más factible con estrategias regionales..

La conformación de este plan requerirá la coordinación y voluntad de todos los actores involucrados en los procesos de generación, recolección y disposición de los desechos, es decir, de la comunidad donde se generan, de las autoridades estatales y municipales, del personal de limpieza y recolección, de las empresas y las organizaciones dedicadas al acopio, separación, reciclaje y composteo así como la asesoría de expertos en la materia.

El desarrollo de estrategias se ve favorecido por la gran participación que han demostrado los habitantes de esta zona en algunos proyectos de separación, por las iniciativas de empresas como Yolotlalli S.A de C.V. y Avelop S.A. en el acopio y reciclaje de materiales, por el trabajo realizado por Proyecto UAM Sierra Nevada en las escuelas de la región para hacer composteo y separación y por la constante preocupación de las autoridades por resolver los problemas relacionados con los residuos sólidos (RS).

Sin embargo, la implementación de un plan para el manejo adecuado de los RSM puede implicar una inversión inicial fuerte y un costo de mantenimiento considerable. Por esta razón, se propone el establecimiento de un organismo operador a nivel regional, que coordine las actividades y solvente los gastos de manera intermunicipal, evitando de esta manera duplicar esfuerzos que tengan el mismo fin.

Una característica del organismo operador propuesto sería su carácter incluyente conformado por autoridades municipales, miembros de la comunidad y organismos interesados en participar. Esta estructura permitiría llevar a cabo sus actividades de manera independiente a los cambios administrativos que se llevan a cabo en los ayuntamientos cada tres años.

Conformados de la misma manera que el organismo regional, en cada municipio se conformarán organismos operadores de menor escala que en adelante llamaremos Juntas Municipales que serán conformados en el municipio y trabajarán en todas las fases del manejo de los desechos sólidos municipales.

El Operador Regional, además de la coordinación, será el encargado de tomar las decisiones de corto, mediano y largo plazo que permitan la creación de un sistema regional de acopio y venta de subproductos para su reciclaje y el aseguramiento de la disposición final de los desechos de la zona en uno o varios rellenos sanitarios de carácter intermunicipal. Esto se debe a la conveniencia que resulta de juntar en un solo lugar todos los desechos. Las implicaciones económicas y sociales se detallan más adelante.

Por otro lado, las tareas referentes a la separación, la recolección, el composteo de materia orgánica y el saneamiento de los tiraderos al aire libre serán responsabilidad de las Juntas Municipales, ya que estas tareas no requieren realizarse en conjunto.

## **II. Objetivos**

A continuación se presentan los objetivos particulares que conforman el plan propuesto para el manejo integral de los RSM en la región Sierra Nevada Poniente y se detallan las estrategias y proyectos necesarios para llevarlo a cabo.

### **A. Diseño e implementación del sistema regional**

#### **1) Diseño del Organismo Operador Regional**

Este objetivo consta de dos principales estrategias: la organización de la estructura regional y la organización de la estructura municipal. La manera en que se desarrollarán y se relacionarán se describe a continuación.

##### **(a) Conformación del Organismo Operador Regional**

El Organismo Operador Regional sería compuesto por representantes de las Juntas Locales de Manejo de Desechos Sólidos de los municipios que participan en el Sistema Regional de Separación, Acopio y Disposición Final.

Se propone que cada Junta Local elige dos representantes al Organismo Operador Regional, garantizando que uno sea representante del ayuntamiento y otro/a sea representante de los organismos comunitarios participantes (escuelas, grupos cívicos).

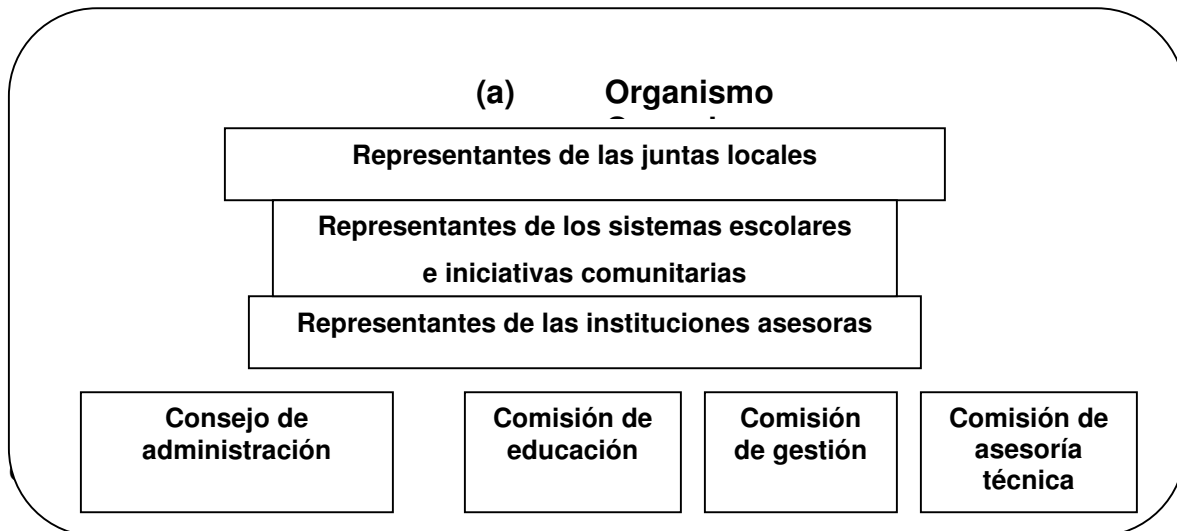
Adicionalmente, se propone la inclusión de un representante por cada institución que provee asesoría y gestiones de manera permanente al proyecto.

### **(b) Organigrama**

El Organismo Operador Regional sería compuesto por representantes de los Organismos Municipales de los municipios participantes, con un representante por parte de la administración municipal, y un representante de las escuelas o grupos cívicos participantes. Los términos de los representantes serán de tres años, asegurando que el término de los representantes comunitarios termine a la mitad de la gestión de cada administración municipal, para así asegurar la continuidad de funciones del Organismo Operador, a pesar de los cambios en las administraciones municipales.

La figura legal y los estatutos se establecerán cuando el Organismo Operador Regional se reúna. El organigrama que se establecerá se muestra a continuación:

**Ilustración 1. Propuesta de organigrama para el Organismo Operador Regional**



### **(c) Funciones de las instancias**

#### **(a) Consejo Administrativo**

- Buscar la figura jurídica acorde a las necesidades del Organismo Operador Regional
- Presentar proyecto de estatutos a la Asamblea General.
- Planear y gestionar los recursos para la planta de acopio y venta de desechos sólidos.
- Planear e implementar la operación de venta de los desechos sólidos regionales.

#### **(b) Consejo de Educación**

La Comisión de Educación tendrá las siguientes funciones:

Diseñar y gestionar la impresión de trípticos y carteles para uso en los distintos municipios de la región.

Diseñar estrategias para lograr la conscientización y involucramiento del personal de limpia en los nuevos sistemas de recolección de desechos separados.

Diseñar talleres de capacitación para ser implementados con los distintos sectores de la población de los municipios: escuelas, comerciantes, ejidatarios y comuneros.

#### **(c) Comisión de Reciclaje**

La Comisión de Reciclaje será la encargada de:

- Planear e implementar el Sistema de acopio a nivel regional.
- Planear e implementar el Sistema de operación de la planta de acopio y su forma de relación con las comisiones municipales.
- Diseñar e implementar la capacitación de las juntas municipales en cuanto a la recolección y acopio de desechos separados
- Apoyar a los municipios para lograr el composteo de sus desechos orgánicos

El Responsable del Centro de Acopio Regional será responsable de la puesta en marcha y operación del dicho centro. Coordinará el sistema de acopio y recolección regional/sub-regional de material separado proveniente de los municipios, para lo cual deberá mantener contacto con los encargados de los centros de acopio municipales. De igual forma se encargará del tratamiento y venta del material al mejor precio posible. Finalmente deberá entregar la relación en peso de las entradas y salidas de cada uno de los subproductos y los gastos y ganancias obtenidos a la dependencia administrativa del OOR.

#### **(d) Comisión de Gestión de Rellenos Sanitarios**

Las responsabilidades de la Comisión de Gestión de Rellenos Sanitarios serían:

- Gestionar asesoría y procesos de capacitación para ir mejorando el tratamiento y disposición final de los desechos municipales no reciclables hasta que se logren la construcción de rellenos sanitarios.
- Gestionar estudios de viabilidad y diseño de rellenos sanitarios regionales.
- Gestionar y supervisar la construcción de rellenos sanitarios regionales.
- Coordinar la operación de rellenos sanitarios regionales.

### **2) Diseño del Sistema Regional de Recolección y Acopio**

La Comisión de Reciclaje junto con el Responsable del Centro Regional de Acopio tendrán que diseñar un sistema para lograr la recolección de los desechos separados acopiados por cada municipio. Se requerirá de un análisis que tome en cuenta los volúmenes de desechos generados por tipo y por municipio, distancias, posibilidades de acopio subregional, etc., para diseñar un sistema eficiente, que minimizaría costos. Como parte de este estudio se determinará si será más efectivo transportar el equipo de compactación (rentada al inicio y luego propia) a las zonas de acopio municipal o subregional para que su transportación al Centro Regional de Acopio sea costeable.

En una primera instancia se tendría que utilizar el parque vehicular existente entre los municipios participantes, con la posibilidad de adquirir vehículos propios sobre el camino.

El Sistema de Transporte Regional estará diseñado por la Comisión Regional de Reciclaje e implementado por el Responsable del Centro Regional de Acopio. El Consejo Administrativo llevará el control de los gastos implicados, los cuales serán cubiertos por las ganancias de la venta de subproductos.

### **3) Diseño del Centro Regional de Acopio y Comercialización**

El Centro de Acopio Regional serviría como punto de preparación final para el transporte o venta *en situ* de los desechos acopiados a nivel regional. Su diseño (compartimentos para cada tipo de desecho reciclable) parecería al de los Centros Municipales, solo con mucho mayor capacidad. En la primera etapa, el Centro sería el único lugar con equipo para compactar, mientras los municipios fueran adquiriendo el equipamiento propio que requieran.

Requerirá la adquisición de un terreno, la construcción de la obra civil y la compra del equipo necesario para la operación de la planta y para los trabajadores.

Dentro del equipo necesario para la operación del Centro se deberá contar con una báscula para pesar los camiones con y sin desechos para obtener la cantidad de residuos que entren y salgan, y como se mencionó anteriormente, con una compactadora y equipo para flejar.

## **B. Diseño e implementación de los sistemas municipales**

Para lograr este objetivo se requerirá de las siguientes estrategias;

Campañas, infraestructura y reglamentación para lograr la separación (orgánico/inorgánico) de los desechos desde las casas, escuelas, mercados y espacios públicos; La recolección eficiente de los desechos separados (orgánico/inorgánico);

El composteo doméstico, escolar y municipal de los desechos orgánicos.

Un sistema e infraestructura para la separación y acopio de los desechos inorgánicos reciclables.

Coordinación regional para el transporte/recolección de los desechos inorgánicos reciclables.

La generación de un mercado local para la composta municipal.

Un sistema para la disposición de los desechos no reciclables.

### **1) Diseño de las Juntas Municipales**

Las Juntas Municipales de Desechos Sólidos serán los organismos encargados de diseñar, implementar y manejar todas las etapas de manejo de desechos sólidos a nivel municipal. Como se ve en el apartado anterior, sus tareas implican profundos cambios de costumbres que atraviesan los espacios públicos y privados de todos los habitantes y visitantes del municipio.

Por lo tanto, es vital que la Junta Local involucre representantes tanto de las autoridades municipales (regidores, directores de ecología, delegados), como de los agrupamientos con un potencial de jugar un papel determinante en lograr el sistema municipal (escuelas, ejidos, grupos cívicos, comerciantes, empresas de reciclaje). En particular, se recomienda la inclusión de representantes jóvenes, debido a la iniciativa que los estudiantes de la región han tomado en la realización de campañas de limpieza, separación, acopio y composteo.

El proceso de construcción de las Juntas Locales de Manejo de Desechos Sólidos dependerán de las características propias de cada municipio.

Óptimamente, el proceso de construcción sería encabezado por las autoridades municipales, quienes convocarían a los representantes de las escuelas, los ejidos, grupos comunitarios, representantes de barrio y delegación y asesores al proceso de construcción de su respectiva Junta Local. De esta manera, se lograría los niveles de coordinación necesarios para lograr las estrategias expuestas en el primer apartado de esta sección (separación, recolección, composteo, selección, acopio, coordinación regional).

En los municipios en donde no existen las condiciones para la coordinación municipal-comunitaria requerida, se podría iniciar con una Junta Comunitaria, la cual podría iniciar procesos de separación doméstica y escolar, coordinándose con un municipio vecino participante o directamente con el Organismo Operador Regional para lograr la recolección y comercialización de los desechos que logran a acopiar. En este caso, se buscaría lograr la participación del Ayuntamiento en la recolección y acopio de desechos separados en una etapa posterior.

**Ilustración 2. Propuesta de organigrama  
para la Junta Local de Manejo de Desechos Sólidos**

**(a) Composición de las instancias**

**(a) Representantes Municipales**

Presidente Municipal o su representante  
Regidor de Ecología  
Director de Ecología  
Delegados

**(b) Representantes de barrios y delegaciones**

Elegidos en asamblea abierta convocado por el ayuntamiento en cada delegación o barrio.

**(c) Representante de Escuelas Preparatorias y Secundarias**

Un maestro y dos alumnos de cada escuela secundaria y preparatoria participando en las campañas para el reciclaje



**(d) Representantes de ejidos, empresas de reciclaje, asesores, grupos comunitarios**

Por invitación o solicitud.

**(b) Función de las instancias**

Los integrantes de la Junta Municipal de Manejo de Desechos Sólidos participarían en: el Consejo Administrativo, las Comisiones de Conscientización, la de Acopio y Composteo y la Comisión de Disposición Final. Los miembros del Consejo Administrativo serán elegidos por parte de la plenaria de los miembros de la Junta Municipal; la participación en las demás de las comisiones será según las capacidades particulares de cada integrante.

**(a) Consejo de Administración.**

Determinar, presupuestar, gestionar (a nivel municipal o intermunicipal) y adquirir la infraestructura requerida para el Centro Municipal de Separación, Acopio y Composteo.

Mantener, en coordinación con la tesorería del municipio, un registro permanente de los gastos asociados con la recolección, manejo y disposición de los desechos sólidos.

Informar a la Junta Local los gastos e ingresos generados en relación al manejo de desechos sólidos manejados por el sistema municipal.

Fomentar la comercialización de la composta generada a nivel municipal.

Apoyar al Organismo Operador Regional en la gestión de infraestructura municipal y regional.

**(b) Comisión de Educación y Difusión**

Concientizar y negociar la colaboración del personal de limpia del municipio.

Coordinar las campañas de conscientización para la separación doméstica, escolar, agro industrial e industrial.

Diseñar, gestionar, publicar y distribuir folletos, carteles y trípticos educativos.

Realizar campañas para promover el composteo doméstico y para promover la comercialización de la composta generada a nivel municipal.

Realizar un proceso para elaborar y consensar un Reglamento Municipal de Manejo de Desechos Sólidos a ser aprobado e implementado por el cabildo.

**(c) Comisión de Recolección, Separación, Acopio y Composteo tendrá las siguientes funciones:**

Diseñar (junto con el Consejo Administrativo y OOR) el centro de reciclaje.

Rediseñar las rutas de recolección.

Mantenerse en contacto con los encargados de la planta recicladora regional para lograr la recolección/transporte oportuno de los materiales reciclables.

Apoyar en el diseño e implementación del proceso de composteo municipal.

Promover la venta de la composta del municipio.

**(d) Responsable(s) del centro de acopio municipal**

Este personal tendría la tarea de recibir y dar trato a los desechos orgánicos e inorgánicos recolectados del municipio. Coordinaría el composteo de los desechos orgánicos y la separación y acopio por tipo de los desechos inorgánicos reciclables. Este responsable coordinaría la venta de materiales localmente reciclables (p.ej. el cartón y ciertos plásticos). Se coordinaría con el centro regional de acopio para el transporte/recolección de los desechos a ser acopiados y comercializados a nivel regional.

**(e) Comisión de Disposición Final**

Esta Comisión se encargaría de:

Apoyar a las autoridades municipales para mejorar las condiciones de disposición final de los desechos no reciclables.

Apoyar a las gestiones requeridas para lograr la construcción de rellenos sanitarios subregionales.

Monitorear la ubicación, promotores y estado actual de tiraderos clandestinos, con el fin de sanear y erradicarlos.

**2) Diseño y realización de campañas de conscientización**

La Comisión de Educación de la Junta Local coordinaría el diseño y realización de una serie de campañas de educación para el reciclaje en el municipio, con estrategias específicas para cada sector a involucrar: amas de casa, estudiantes, ejidatarios, comerciantes, espacios públicos, etc. Tendrá

acceso a los materiales (carteles y trípticos) y talleres generados por la Comisión de Educación del Organismo Operador Regional. Las Brigadas Ecológicas de las escuelas desempeñarán un papel vital en esta comisión.

Adicionalmente, esta comisión realizaría talleres para promover el composteo familiar y escolar de los desechos orgánicos, y la compra y utilización de la composta orgánica producida a nivel municipal.

### **3) Incorporación del personal de limpia y los pepenadores en el sistema municipal**

Para lograr la recolección de desechos separados se tendrá que conscientizar y convencer a los trabajadores de limpia de su importancia, debido a que se ha visto en otras experiencias que éstos boicotean el proceso por sentir amenazados sus intereses. También se podrá incorporar bajo nuevas condiciones a las familias que tradicionalmente han vivido de la pepena en los tiraderos.

### **4) Rediseño del sistema de recolección**

La recolección es la etapa más costoso del proceso de manejo de residuos sólidos. En muchos casos las rutas y métodos de recolección están mal diseñadas.

Para eficientar el sistema de recolección, a la vez logrando la recolección de desechos separados, se requiere de asesoría técnica para poder diseñar sistemas óptimos. Antes de implementar los nuevos sistemas, se necesita lograr convencer a los operadores de los vehículos, quienes frecuentemente expresan resistencia a cualquier cambio en su rutina.

Finalmente, para poder hacer la recolección separada de los RS se requerirá hacer una adaptación de los camiones (o carretas) recolectores. La adaptación se puede hacer con tambos de 200 litros o bien con divisiones internas de metal, madera o algún otro material que soporte el manejo de los desechos. Una segunda alternativa para llevar a cabo este trabajo es el establecimiento de un esquema de recolección, donde se designen distintos días de la semana a la recolección de los diferentes subproductos. La elección de metodología a seguir dependerá de la conveniencia de cada municipio.

### **5) Diseño del Centro de Acopio Municipal**

Cada municipio participante contaría con su propio Centro de Acopio Municipal, en donde realizará la separación entre los distintos desechos inorgánicos: plásticos, papel/cartón, fierros, vidrio, TetraPak, y los desechos no reciclables. Se realizará todos los niveles de procesamiento a estos desechos que

puedan, con el apoyo de la maquinaria que vayan adquiriendo. Este Centro estaría en comunicación constante con el Organismo Regional, para la organización del transporte requerido hacia el Centro Regional de Acopio. Los municipios con menores volúmenes y a mayores distancias (p.ej. Ecatzingo) podrían convenir como municipios más grandes para el traslado y acopio subregional de sus desechos.

**Tabla 7. Tratamiento requerido para la comercialización de residuos reciclables, por tipo.**

Cartón, periódico y archivo blanco:	Debe presentarse limpio y flejado.
Plásticos:	Se deben quitar las tapas y los arillos de la boca de las botellas, luego se compactan y se flejan en pacas, lo cual aumenta su precio
Vidrio:	El mejor precio lo alcanza cuando se presenta limpio y seco. Se debe separar por colores, es decir, transparente (“blanco”), verde y ámbar, y depositarse en costales.
Aluminio:	Se debe compactar y en costales de la misma manera que el vidrio.

El Centro de Acopio Municipal requerirá por lo menos 3 operarios. Se buscaría que cada municipio contara eventualmente con equipo para compactar y flejar, para reducir el número de viajes requeridos al Centro Regional.

Para el acopio de los residuos separados cada municipio deberá contar con un terreno específico para poder almacenarlos por un determinado tiempo. En el se deberán establecer separaciones por subproducto de tal manera que los desechos no se revuelvan. La siguiente ilustración presenta un esquema de la planta tipo con los elementos mínimos con que deberá contar.

**Ilustración 3. Propuesta para planta tipo para acopio municipal**

Este diseño podrá ser retomado o adaptado por cada uno de los municipio según la cantidad de RS que se recolecten y las condiciones espaciales de que dispongan.

La adquisición del terreno se podría hacer por medio de donación, renta o compra. Se tendría que realizar la obra civil correspondiente, la compra de palas, escobas y el equipo personal de los operadores como trajes, guantes, cubre bocas y visores. Los operadores pueden ser pepenadores interesados en integrarse al servicio de limpia, a los cuales se les pagaría un salario y se les daría seguro médico.

## **6) Financiamiento del sistema municipal**

La adquisición del terreno y obra civil arriba mencionados podría ser gestionado a través del Programa de Inversión Estatal, o a través de los concursos “Por Un Estado Limpio” (estatal) o “México Limpio” (federal).

Será importante empezar a contabilizar de manera separada los gastos del municipio en la recolección y manejo de los desechos desde antes de la implementación del sistema de separación y reciclaje, para poder registrar los avances hacia un sistema auto-financiable.

El Centro de Acopio implicará mayores gastos (principalmente en personal) que el anterior sistema del tiradero al aire libre. Sin embargo, éstos deben de empezar a cubrirse con la venta local del cartón, plásticos y composta. Será especialmente importante dar atención a la comercialización local a buen precio de la composta, debida a que representa el desecho con mayor volumen y precio potencial.

## 7) Acopio y venta de desechos reciclables

**Tabla 8. Estimación de volúmenes recuperables por municipio, primera etapa de reciclaje, suponiendo una tasa de 50% de separación en cada municipio .**

TONELADAS POR MES							
Municipio / subproducto	Papel y cartón	Plásticos	Metales	Vidrio	Materia orgánica	No reciclables	Total recolectada
Cocotitlán	18.90	8.10	4.05	9.45	56.70	37.80	135.00
Temamatla	8.40	3.60	1.80	4.20	25.20	16.80	60.00
Tenango del Aire	10.50	4.50	2.25	5.25	31.50	21.00	75.00
Juchitepec	6.30	2.70	1.35	3.15	18.90	12.60	45.00
Ayapango	1.47	0.63	0.32	0.74	4.41	2.94	10.50
Tepetlixpa	6.30	2.70	1.35	3.15	18.90	12.60	45.00
Ozumba	8.40	3.60	1.80	4.20	25.20	16.80	60.00
Ecatzingo	1.05	0.45	0.23	0.53	3.15	2.10	7.50
Atlautla	25.20	10.80	5.40	12.60	75.60	50.40	180.00
Tlalmanalco	63.00	27.00	13.50	31.50	189.00	126.00	450.00
Amecameca	94.50	40.50	20.25	47.25	283.50	189.00	675.00
<b>TOTAL ACOPIO</b>	<b>244.02</b>	<b>104.58</b>	<b>52.29</b>	<b>122.01</b>	<b>732.06</b>	<b>488.04</b>	<b>1,743.00</b>

### (a) Precio aproximado de subproductos

Pendiente la realización de un estudio del mercado por parte de la agencia GTZ junto con la empresa Yollotlalli, se realizó las siguientes estimaciones a base de los precios actuales de compra dentro de la región, a granel. Por supuesto, el Operador Regional podrá lograr cada vez mejores precios porque podrá lograr los

volúmenes y condiciones necesarios para entrar en contacto directo con los puntos finales de compra.

El precio aproximado de algunos subproductos a granel es el siguiente:

**(a) Cartón:**

El precio del cartón puede variar entre \$0.20 a \$0.80 por kilogramo siendo el cartón tipo kraft el mejor pagado. La variación en el precio depende de la oferta y la demanda y de la temporada del año. En los meses de agosto y septiembre es cuando alcanza su mejor precio debido a una disminución en la oferta del producto y su menor precio se da en los meses de noviembre a febrero.

**(b) Periódico y archivo blanco:**

El precio aproximado del periódico está en \$0.60 por kilogramo y el del archivo blanco en \$1.00.

**(c) Vidrio:**

El precio por kilogramo varía entre \$0.25 y \$0.45 y su mejor precio lo alcanza cuando se presenta limpio y seco.

**(d) Plástico:**

Existen varios tipos de plásticos. El que más comúnmente se compra es el PET que es el que se emplea para las botellas de refrescos y productos de limpieza. Su precio varía entre \$0.20 y \$0.40 por kilogramo, si se presentan sin compactar y de \$1.00 a \$1.20 cuando la botella ha sido compactada, flejada y se presentan más de 10 toneladas.

**(e) Aluminio**

Su precio por kilogramo varía entre \$7.00 y \$9.00 por lo que mucha gente lo separa y lo vende personalmente sin que éste llegue a la basura.

**(b) Estimación de ingresos potenciales**

Tomando en cuenta estos precios y la información de la tabla 2 se realizó el siguiente diagnóstico de ventas y ganancias el cual se puede ver, la recolección y la venta a granel sería muy limitada y el establecimiento de una recolección más eficiente podría aumentar la captación de subproductos. Las consideraciones que se hicieron son que solo el 40% de los metales es aluminio, que el precio de otros plásticos diferentes al PET es el mismo y que el precio del cartón es el mismo que el del papel y el periódico.

**Tabla 9. Estimación de ingresos por venta de subproductos.**

Subproducto	Precio por kg (pesos)	Kg/día acopiados	Ganancia / día (pesos)	Ganancias / mes (pesos)
Papel y cartón	0.5	8,134	4,067	122,010
Plásticos	0.4	3,486	1,394	41,832
Aluminio	7	697	4,880	146,412
Vidrio	0.3	4,067	1,220	36,603
Total	-	-	11,562	346,857

Del total de las ganancias por mes reportadas en esta tabla se deberá financiar tanto el centro regional de acopio como los centros municipales.

Cabe mencionar que en el caso de la materia orgánica, a pesar de las grandes cantidades que se generan, el manejo intermunicipal no es tan conveniente debido a su rápida descomposición y a la dificultad para su manejo y por lo tanto para su traslado, por lo que resulta mejor un composteo a nivel municipal e incluso local. Mas adelante, en este mismo texto, se discutirá su disposición.

**(c) Potenciales puntos de venta, primera etapa**

Para la venta de estos subproductos se le dará prioridad a los centros de reciclaje de la región, aportándoles el material que sean capaces de procesar. Algunos de estos centros se presentan a continuación.

**(a) Avelop S.A.:**

Se dedica exclusivamente al reciclaje de botellas y bolsas de polietileno de baja densidad. El material que se recibe debe estar en buenas condiciones para la producción de sillas, germinadores hidropónicos, láminas, cisternas, excusados ecológicos, calentadores solares y casas ecológicas completas

**(b) Cartoneras**

existen varias cartoneras en la región que podrían recibir el material separado. Algunas son de baja capacidad y otras de mediana capacidad. Una de ellas se encuentra en el municipio de Tlalmanalco en la calle Vargas No. 40. Otra opción un centro de acopio ubicado en la carretera que comunica los municipios de Amecameca y Ozumba manejado por el Sr. Fernando Miranda.



**(c) Metales:**

el mencionado centro de acopio administrado por el Sr. Fernando Miranda recibe desperdicio industrial o chatarra.

Existen más opciones en la zona pero para su localización se requeriría hacer un estudio más profundo, el cual le correspondería hacerlo al coordinador del centro de acopio regional.

Si para algún subproducto no se llegara a tener un centro de reciclaje dentro de la región o si la cantidad de residuos manejada es mayor a la capacidad de procesamiento de dichos centros se buscarán compradores más allá de los once municipios.

**8) Sistema municipal de composteo**

El composteo es el método por el cual los desechos orgánicos se degradan de una manera controlada. Existen varias maneras de realizarlo como son la aerobia y la anaerobia, es decir en presencia o ausencia de oxígeno, también se puede realizar utilizando únicamente los microorganismos que los desechos contienen o bien inoculando lombrices (“lombricomposteo”). Cada una de estas alternativas tienen sus ventajas.

El proceso de composteo puede hacerse a pequeña, mediano gran escala. A escala comunitaria, se puede involucrar a las familias de casa, a las escuelas y pequeñas comunidades en proyectos basados en el manejo manual y reuso local de los desechos de este tipo

La venta de la composta generada por el municipio podría ayudarle a cubrir sus costos de operación, redituarse una pequeña ganancia y el abastecimiento de abono orgánico a los campesinos del municipio.

En este caso el manejo de los residuos se puede hacer de manera manual o bien con maquinaria e incluso reactores específicos, aunque en este último caso ya estaríamos hablando de un proceso a gran escala. Una tercer manera de lograr el composteo municipal es concediendo los residuos a una empresa particular siempre y cuando ésta los recolecte.

Como se mencionó anteriormente, el adiestramiento en la técnica de lombricomposteo puede hacerse de manera intermunicipal por las experiencias que se han tenido como la del profesor Eduardo Gutiérrez León de Yollotlalli, Gumercindo León Martínez de la Secundaria Técnica Emiliano Zapata (el cual

lleva más de 5 años trabajando con esta técnica) o el Sr. Cazares, Director de Ecología del municipio de Amecameca,

Por otro lado se cuenta con la asesoría de la organización alemana GTZ y la Universidad Autónoma Metropolitana que pueden apoyar todo el proceso.

Para promover la venta de la composta a nivel municipal se tendrá relación con los Regidores de Fomento Agropecuario de cada municipio . De esta manera, se buscaría organizar pláticas donde se expliquen las ventajas de la agricultura orgánica, tomando en cuenta el bajo costo que ésta implica, la eliminación de fertilizantes químicos y los beneficios que aporta a la tierra el empleo de la composta.

Como se mencionó anteriormente la coordinación de esta tarea corresponderá a los encargados del composteo a nivel municipal.

### **C. Diseño, gestión y construcción de rellenos sanitarios intermunicipales.**

Siguiendo los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996 y el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994 referente a los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias, se puede vislumbrar que la implementación de un sitio adecuado de disposición final de los RS requerirá de varios estudios y obras de diversa índole. Estos estudios y obras a realizarse implicarían un costo bastante grande para el presupuesto de cada municipio, por lo que se considera prudente coordinar los esfuerzos de los municipios de la zona para la construcción de un solo relleno sanitario común. Si por problemas políticos o sociales no se pudieran establecer todos los acuerdos intermunicipales necesarios, se podrían aprovechar las voluntades existentes para disponer los residuos de manera conjunta, resultando en la creación de dos o más rellenos sanitarios dentro de la región.

#### **1) Saneamiento de tiraderos y centros de acopio**

El saneamiento de tiraderos se refiere a la implementación de medidas correctivas para el control de los desechos dispersos, buscando evitar una mayor contaminación de la que ya pueda haberse causado a sitio y sus alrededores. Estas medidas son requeridas aún cuando se está implementando sistemas de reciclaje.

Entre estas medidas se encuentra la estabilización de los taludes sobre los cuales se encuentra la basura, el cercado alrededor del lugar para evitar la entrada de gente y perros y la dispersión de los desechos en una mayor

extensión, la canalización de lixiviados hacia una laguna de evaporación y la instalación de chimeneas para la ventilación de los gases que se producen.

La asesoría técnica para el saneamiento de tiraderos se puede obtener con el apoyo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, el Proyecto UAM Sierra Nevada y la agencia GTZ, buscando la vinculación de otros municipios que hayan tenido experiencias de este tipo y la participación de las escuelas superiores ó universidades que cuenten con especialistas en la materia.

## 2) Cantidad de desechos no reciclables en la primera etapa

Con la información de la tabla 1 sobre residuos no reciclables y el 50% de los desechos que se considera que no se separarán a pesar de las campañas de concientización,<sup>1</sup> se estima que la cantidad de RS que será necesario disponer es la que se presenta en la tabla 3.

**Tabla 10 Estimación de residuos sólidos no reciclados en primera etapa (50% separación, niveles actuales de recolección) (en kilos/día)**

Municipio	No reciclables	50% no separado	Total
Cocotitlán	1,260	4,500	5,760
Temamatla	560	2,000	2,560
Tenango del Aire	700	2,500	3,200
Juchitepec	420	1,500	1,920
Ayapango	98	350	448
Tepetlixpa	420	1,500	1,920
Ozumba	560	2,000	2,560
Ecatzingo	70	250	320
Atlautla	1,680	6,000	7,680
Tlalmanalco	4,200	15,000	19,200
Amecameca	6,300	22,500	28,800
<b>Total</b>	<b>16,268</b>	<b>58,100</b>	<b>74,368</b>

<sup>1</sup> Estimación basada en la experiencia de Cocotitlán.

Si las 74.4 toneladas por día a disponer se juntaran en un solo relleno sanitario, éste deberá contar con todos los requerimientos de un relleno sanitario grande, ya que el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994 establece que para los sitios de disposición donde el número de habitantes es mayor a 200 mil se deberá cumplir con una serie de requisitos extras y la población en conjunto de los once municipios es aproximadamente de 225 mil habitantes. Aún así, este procedimiento resultaría más costoso que la disposición separada en cada municipio.

### **3) Estudios de factibilidad para rellenos sanitarios regionales y locales**

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, la selección de un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales requiere de estudios geológicos e hidrogeológicos.

Dentro de los estudios geológicos se deben realizar estudios de tipo regional y local de acuerdo con las siguientes características:

A nivel regional se deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos de agua, exploración geotécnica, petrolera, o de otra índole.

En cuanto al estudio local se deberán determinar las unidades litológicas en el sitio, su geometría, distribución y presencia de fallas y fracturas. Asimismo debe incluir estudios geofísicos para complementar la información sobre las unidades litológicas. El tipo de método a utilizar y el volumen de trabajo, debe garantizar el conocimiento tridimensional del comportamiento y distribución de los materiales en el subsuelo hasta una profundidad y distribución horizontal adecuada a las características geológicas e hidrogeológicas del área en que se ubica el sitio.

Por otra parte, los estudios hidrogeológicos consideran cinco etapas:

1. La evidencias y uso del agua subterránea,
2. La identificación del tipo de acuífero,
3. La determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas,
4. Las características físico-químicas del agua subterránea y las características elementales de los estratos del subsuelo,

5. El análisis del sistema de flujo
  6. La evaluación del potencial de contaminación.
- 4) Lograr un sistema municipal/regional de tratamiento y confinamiento seguro de los desechos no reciclables**

Como se describió ampliamente en el diagnóstico de manejo de RS de la región, la disposición inadecuada de los desechos es uno de problemas más grandes que afronta al Región de la Sierra Nevada debido a la gran cantidad de tiraderos al aire libre situados sobre una zona de recarga de acuíferos.

Según lo especifica el Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en materia de prevención y control de la contaminación del suelo, están prohibidos los tiraderos al aire libre, la quema a cielo abierto y arrojar o verter los residuos sólidos municipales, domésticos o urbanos a los sistemas de drenaje y alcantarillado, las redes colectoras de cuencas, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua.

Por otro lado, la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, indica que es de observancia obligatoria para aquellos que tienen la responsabilidad de la disposición final de los residuos sólidos municipales el establecer las condiciones de ubicación, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los RSM. Por esta razón el presente plan propone el saneamiento de los tiraderos al aire libre existentes y la creación de uno varios rellenos sanitarios de carácter intermunicipal. A continuación se describen las estrategias a seguir.

#### **5) Diseño y construcción de rellenos sanitarios**

Una vez realizados los estudios correspondientes y seleccionado el sitio para la disposición se solicitará el diseño y la construcción del relleno, por medio de un concurso, a alguna empresa dedicada a esta tarea.

Para el diseño se requerirá la ubicación de los límites del predio, del cursos o los cuerpos de agua superficial, del áreas de inundación, de los caminos en servicio, de las líneas de conducción existentes en el sitio (luz, agua, drenaje, gas, teléfono, etc.), así como todo de tipo de estructuras y construcciones existentes dentro del predio.

Se deberá efectuar una nivelación y especificar la altura de los sistemas de conducción, que atraviesen el sitio, incluyendo sus sistemas de sujeción.

Por otro lado la NOM-083-ECOL-1996. establece que en caso de que exista una probable contaminación de cuerpos de agua superficial o subterránea, como es el caso de la región, se podrán elegir sitios de disposición final de residuos sólidos municipales que no reúnan alguna de las condiciones establecidas por dicha norma, siempre y cuando se cuente con la autorización previa del Gobierno del Estado o en su casos de los Municipios y se recurra a soluciones mediante obras de ingeniería.

Estas obras de ingeniería se describen en el proyecto de norma oficial mexicana NOM-084-ECOL-1994 y toman en cuenta la implementación de un sistema de impermeabilización, utilizado en aquellos rellenos sanitarios donde el nivel de aguas freáticas se localice a menos de 10 m. de profundidad. Dicho sistema deberá demostrar es capaz de absorber, impedir la carga contaminante de los lixiviados, evitando su migración hacia los acuíferos.

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se deberá realizar con base a las condiciones topográficas, geomorfológicas y geohidrológicas del terreno elegido, seleccionando de entre los siguientes; trinchera, área y combinado. Es decir escarbando el terreno, apilando sobre el mismo o escarbando y después de rellenar hasta el nivel del suelo continuar apilando.

Los requerimientos volumétricos para el diseño del Relleno Sanitario, deberán obtenerse para los años estimados, mediante los volúmenes totales anuales y acumulados tanto de los residuos sólidos municipales como del material de cubierta, empleando para ello la proyección de generación de residuos y los pesos volumétricos obtenidos en los estudios de generación.

Posteriormente se deberán hacer los cálculos de la capacidad volumétrica y de la vida útil del sitio así como de las dimensiones de la celda diaria según las ecuaciones de establecidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994.

El relleno sanitario deberá comprender además con las obras complementarias que correspondan de acuerdo a la densidad de la población atendida. Estas obras complementarias son: área de acceso y espera, cerca o área perimetral, caseta de vigilancia, caseta de pesaje y básculas, caminos permanentes, área de emergencia de disposición final, drenajes perimetrales e interiores, instalación de energía eléctrica, pozos de monitoreo para lixiviados, señalamientos fijos y móviles, sistema de captación de biogas, área de amortiguamiento, almacén y cobertizo, área administrativa, servicios sanitarios, sistema de monitoreo de biogas y sistema de captación y tratamiento de lixiviados.

Una vez determinadas todas estas variables, nivelado el terreno, impermeabilizado el sitio y construida las obras complementarias comienza la operación del relleno. Las labores de operación consistirán en el pesaje, extendido, compactación, cubierta diaria de residuos, control de pendientes, instalación de pozos de venteo, inspección a los vehículos recolectores, control de acceso y registro.

Finalmente las labores de mantenimiento consistirán en el papeleo, riego de plataformas y caminos, mantenimiento de jardines, servicio mecánico y de limpieza a la maquinaria y vehículos, reparaciones de la malla perimetral, bacheo de caminos, extracción e inyección de lixiviados, limpieza de drenajes, desyerbe entre otras.

#### **6) Capacitación de los responsables de la operación del relleno.**

La capacitación de los responsables de la operación del terreno deberá correr por parte de la empresa contratada para su construcción.

### III. Calendarización

Periodo	Organismo Operador Regional	Consejo de Administración	Comisión de Reciclaje Regional	Comisión de Gestión de Rellenos Sanitarios	Comisión de Educación y Difusión
1er Semestre 2002	<p>Fundar Organismo Operador Regional</p> <p>Establecer Figura Legal</p> <p>Determinar Estatutos</p> <p>Fundar primeras Juntas Locales de Manejo de Desechos Sólidos</p>	<p>Gestión de Apoyos para planta recicladora</p> <p>Iniciar primeros sistemas municipales de acopio y composteo</p> <p>Iniciar sistema regional de acopio y venta</p> <p>Diseñar estructura financiera del Org Operador</p> <p>Diseñar sistema de contabilidad</p> <p>Impuestos</p> <p>Informes financieros regionales</p>	<p>Diseño de Operación Planta Recicladora.</p> <p>Capacitar a las Comisiones de Manejo de los Desechos sólidos</p> <p>Diseño de sistema de acopio municipal.</p> <p>Apoyar el proceso de los organismos regionales en sitios de disposición final.</p>	<p>Gestionar un estudioregional de viabilidad de rellenos sanitarios</p>	<p>Diseño, edición elaboración y difusión de materiales educativos</p> <p>Campañas de Limpieza</p> <p>Concientización y Educación Comunitaria</p> <p>Gestión de Estímulos</p> <p>Difusión Masiva</p>



2º. Semestre 2002	<b>Firma de convenios municipales con Organismo Operador Regional</b>	Contratar al personal administrativo y operativo necesario  Planear e implementar la operación de ventas de los desechos sólidos  Estudio de mercado  Generar convenios de compra-venta	Procesar material acopiado para su venta.		Campañas de concientización y educación comunitaria  Estímulos
2003	Formación de más Juntas Locales incorporadas al sistema regional  Mayores % de separación en municipios participantes	Programas municipales de venta de composta			Campañas de Concientización Y Educación Comunitaria  Estímulos
2004	Juntas Locales para el Manejo de Desechos Sólidos en 100% de los municipios		Lograr 75% de separación	Estudio para rellenos sanitarios	

2005					Gestión y Construcción de primero (s) relleno (s) sanitarios Clausura de tiraderos municipales	
------	--	--	--	--	---	--

Período	Organismo Operador Regional	Consejo de Administración	Comisión de Reciclaje Regional	Comisión de Gestión de Rellenos Sanitarios	Comisión de Educación y Difusión
2006-2010		Mejoramiento de suelos en cinturones verdes a través de composta municipal (1000 tons./mes)  Fundación de empresa de vidrio soplado para lograr reciclaje regional de este desecho	Se logra 90% recolección, 100% separación	Clausura de todos los tiraderos municipales  Monitoreo y prevención de tiraderos clandestinos	
2011-2020	Reproducción del modelo de reciclaje regional en otras microregiones				Promoción de una nueva cultura de manejo de desechos

#### **IV.**

#### **V. Implementación**

La presente propuesta está basada en un trabajo intensivo entre actores en la región y expertos externos, complementado por las ideas generadas en una primera reunión del Grupo Estratégico para el Manejo Sustentable de Desechos Sólidos, realizada en diciembre 2001, como parte del Proyecto Piloto de Manejo Integral de Microcuencas.

Al iniciar el año 2002, se requiere de la convocatoria por parte de SEMARNAT y la Secretaría de Ecología del Estado de México de todos los actores involucrados en el manejo de los desechos sólidos, incluyendo a los presidentes municipales, los regidores de ecología, representantes de empresas de reciclaje, instituciones asesores, y maestros y grupos comunitarios que se han destacado por su trabajo a favor del reciclaje, para consensar un plan de trabajo para lograr la construcción de los sistemas municipales y regional.

Se requerirá de la formación de comisiones de trabajo para diseñar los aspectos técnicos y operativos del Organismo Operador Regional.

En una primera etapa, se podría iniciar la creación del Organismo Regional a base de los municipios con más condiciones, necesidad e interés en el proyecto actualmente, incluyendo a Amecameca, Ayapango, Ecatzingo y Cocotitlán. Este primer núcleo podría inaugurar el funcionamiento del Organismo Regional, coordinándose principalmente para: asesoría técnica para el diseño de sus sistemas municipales, acopio regional y venta conjunta de vidrio, PET, fierro. Se podría lograr un acuerdo para el uso de la maquinaria de compactación del Tucán para el procesamiento del PET.

Por su gran experiencia con la creación de sistemas municipales de reciclaje en toda América Latina, se esperaría que la agencia GTZ podría apoyar con el diseño técnico de los sistemas operativos a nivel municipal y regional. Esta agencia también tiene el potencial de apoyar en la creación de los sistemas administrativos y la capacitación de los Consejos Administrativos y el personal que éstos contratarían.

El Profesor Eduardo Gutiérrez Popoca, de la empresa Yollotlalli, junto con el Sr. Gustavo Sánchez (creador y coordinador anterior del sistema municipal de reciclaje en Cocotitlán) podrían apoyar con la identificación de mercados potenciales para la venta de los residuos inorgánicos acopiados a nivel regional, y

en la capacitación de los sistemas municipales para el lombricomposteo de sus residuos orgánicos.

Adicionalmente, el Sr. Sánchez podría asesorar el diseño de las estrategias de promoción y recolección de desechos separados. El Profesor Gumersindo León podría realizar procesos de capacitación para el lombricomposteo familiar y comunitario en zonas en donde no tiene sentido transportar los desechos orgánicos, como es el caso del municipio de Ecatzingo y varias delegaciones rurales.

El Proyecto UAM Sierra Nevada podría apoyar en el diseño e implementación de los Organismos Operadores a nivel regional y municipal, en el diseño e implementación de las campañas de conscientización, y en el diseño de los rellenos sanitarios.

En una segunda etapa, se esperaría la integración de los demás municipios de la región, mayores niveles de recolección y separación, la adquisición de compactadores por parte de los municipios que producen mayores volúmenes, y la clausura voluntaria de varios de los tiraderos municipales.