



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO**

**Propuesta de creación de planta de biogás a partir de un relleno sanitario.
Análisis de caso: Relleno sanitario del Chiltepeque en el estado de Puebla.**

Tesis que para obtener el grado de

MAESTRO EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Presenta:

D.U.A. José Pablo Sesin Mir

Asesor: José Luis Zeus Moreno Muñoz

Octubre 2017

A mi familia

*Por su apoyo incondicional y sus consejos
para tomar las decisiones correctas*

AGRADECIMIENTOS

He concluido una etapa más en mi vida y en este camino quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron para concluir mis estudios de maestría.

A mi padre por su cariño y por enseñarme el valor del esfuerzo, a mi madre por su cariño y por ser el impulso que he necesitado en los momentos de flaqueza, y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Con respeto y admiración, quiero agradecer a aquellas personas que fueron importantes para el desarrollo de mi trabajo de tesis de manera directa o indirecta. A la Dra. Lupita por la luz que me dio con su conocimiento y sabiduría y al Dr Zeus por su paciencia y apoyo. En este proceso también fueron de vital importancia las observaciones, sugerencia y apoyo de la Dra. Varinia y el Dr. Marco, así como al Dr. Valeriano por compartir conmigo su vasto conocimiento.

También le agradezco a Dios por ayudarme durante estos años, el sacrificio fue grande pero tú siempre me mandaste señales en los momentos difíciles para continuar y lograr mi meta.

Índice

	Pág.
Introducción	5
Planteamiento del problema.....	7
Hipótesis.....	8
Objetivos.....	9
Preguntas de investigación.....	9
Justificación.....	10
Metodología de la investigación.....	11
Capítulo I. Los rellenos sanitarios como parte del metabolismo urbano lineal..	14
Capítulo II. Marco conceptual	16
Metabolismo urbano.....	16
El metabolismo urbano lineal.....	18
El metabolismo urbano circular.....	21
Metabolismo urbano circular e industrias de reciclaje.....	24
Producción de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.....	27
Los rellenos sanitarios y la producción de gas natural.....	33
Capítulo III. Caso Puebla (Relleno Sanitario Chiltepeque)	38
Diagnóstico.....	38
Pronóstico.....	59
Propuesta.....	60
Conclusiones	92
Recomendaciones	96
Glosario	103
Anexos	113
Bibliografía	116

Introducción

Esta tesis de maestría sobre “el metabolismo urbano y las industrias de reciclaje” se incluye dentro de los temas de ambiente y su intención es contribuir con una propuesta para una posible solución a problemas relacionados con la evolución de un metabolismo urbano lineal hacia un metabolismo circular para el manejo de los sistemas ambientales.

Para el desarrollo de la tesis, se recurrió a las sugerencias, acuerdos, medidas y propuestas surgidas en las Conferencias de Estocolmo (1972, 1976), Río de Janeiro y Tokio, entre otras, para encarar los problemas de la contaminación ambiental y la destrucción de la biosfera.

La preocupación inherente a la problemática de la contaminación ambiental ha alcanzado una dimensión insospechada. Diariamente el ser humano, de las grandes ciudades, escucha el llamado de auxilio de un planeta en peligro, pero difícilmente acierta a distinguir entre la realidad y la ficción, entre la ciencia y el tópico, pues ambos elementos y algunos otros aparecen con frecuencia mezclados con el evidente afán de servir a causas muy diversas y contradictorias.

Para comprender esta tesis se deberá partir de la idea de que la ciudad es un sistema complejo, que se puede representar en una matriz de interacciones entre un conjunto de actividades entre sí y de agentes económicos, así como entre diversos actores sociales que

posibilitan la configuración de la ciudad. Por tanto, concebimos a la ciudad como un sistema metabólico que funciona a través de una fuente variada de energías en interacción.

Las ciudades deben ser concebidas como sistemas y/o metabolismos ecológicos y es esta actitud la que debe dirigir todo enfoque tendente a planificarlas y a gestionar la explotación de sus recursos. Los recursos consumidos por una ciudad pueden ser medidos en términos de la denominada “huella ecológica”¹ que dejan tanto las actividades humanas como de la naturaleza. Estas huellas procuran los recursos metropolitanos, así como los lugares para albergar los desechos y la polución. Los impactos de las huellas ecológicas de las ciudades ya cubren virtualmente a todo el planeta y, mientras los núcleos urbanos aumentan el consumo de recursos naturales, crece la competencia por disponer de mayor cantidad de estos. La expansión de los asentamientos humanos se está produciendo de manera simultánea con la erosión de tierras fértiles, mares y bosques húmedos vírgenes. Dada esta limitación de subsistencia, es indispensable la reducción y la circunscripción del efecto dramático que, para la ecología, ejercen los modelos de urbanización impuestos a costa de los ecosistemas.

La ciudad se puede representar como una matriz compleja y dinámica de actividades humanas y efectos medioambientales. Planificar una ciudad sostenible requiere la más amplia comprensión de las relaciones e interacciones entre ciudadanos, servicios, movilidad, transporte, generación y consumo de energía, así como de su impacto tanto sobre el entorno inmediato como sobre una esfera geográfica más amplia.

¹ Huella ecológica. Indicador que se define como “el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida”.

Esta tesis tiene como ámbito central de investigación presentar las ventajas y acciones pertinentes para que una ciudad cambie su metabolismo lineal por uno circular. Esta propuesta parte de un estudio comparativo entre estado actual del Relleno Sanitario Chiltepeque y su destino final, el cual actualmente parte de un enfoque económico. Nuestra propuesta sugiere el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos con plantas de biogás para la generación de energías limpias, utilizando un enfoque de tipo social y ambiental, pues se dirige a la instalación de una planta de biogás y el posterior uso del espacio como parque ecológico que beneficiaría en gran medida a la ciudad de Puebla. Para desarrollar este objetivo, se realizó un estudio comparativo de los factores fundamentales que contribuyen a la sustentabilidad urbana: a) transitar del metabolismo lineal al metabolismo circular, y b) crear un sistema energético alternativo para la ciudad mediante la construcción de una planta de biogás.

Planteamiento del problema

En la actualidad, los residuos producidos por las ciudades representan un problema grave en México y específicamente en la ciudad de Puebla. El relleno sanitario de Chiltepeque² representa el principal espacio y el de mayor capacidad en el estado de Puebla para la captación de residuos, por lo cual resulta lógico que albergue una serie de problemas ambientales (erosión del suelo, daño ambiental en la zona, proliferación de focos infecciosos, infiltración de lixiviados, contaminación de suelo, aire y agua) y por ende sociales (descontento de los habitantes); mismos que si no se atienden con proyectos que

² Año de creación: 1995; concesionado a la empresa RESA.

los mitiguen, se desarrollará, por un lado, una zona de repudio por la sociedad sin posibilidad de rehabilitación y, por otro, se generan circunstancias desfavorables para el ambiente como erosión del suelo, contaminación del suelo y subsuelo, y de mantos acuíferos, así como la proliferación de plagas, mismos que para una ciudad de gran importancia como lo es Puebla resulta perjudicial.

La problemática sobre crecimiento de la producción de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Puebla es proporcional a su crecimiento poblacional, por lo tanto, la problemática en cuanto al manejo, disposición de los residuos y vida útil del relleno sanitario debe atenderse de manera inmediata, ya que el crecimiento poblacional de la ciudad de Puebla es un fenómeno exponencial que no puede detenerse y el relleno sanitario es un lugar finito.

Hipótesis

La hipótesis de esta tesis de maestría sugiere las ventajas de la construcción de una planta biogás para aprovechar los residuos generados en la ciudad de Puebla y que se encuentran almacenados en el relleno sanitario de Chiltepeque, los cuales hasta ahora han sido desaprovechados por un metabolismo urbano lineal. Con una planta de biogás se pretende aprovechar los desechos sólidos urbanos para generar energía y con ello contribuir a la creación de un metabolismo urbano circular para proveer de energía limpia a una parte de la ciudad.

Actualmente la interrelación entre el metabolismo urbano circular y las industrias de reciclaje es un nicho de oportunidad para lograr el cambio y crear un aprovechamiento

energético que hasta este momento permanecen en completo desperdicio gracias a un metabolismo urbano lineal (input-output). Además, esta propuesta ofrece una posible solución a los problemas de la contaminación medioambiental y crear una medida preventiva a lo que podría ser una crisis energética. Asimismo se pretende prever la posibilidad de crear un parque ecológico en el relleno sanitario de Chiltepeque una vez que éste concluya su vida útil. De esta forma, un lugar que ahora es un foco de infección y un elemento generador de problemas ambientales y sociales, pueda en un futuro podría ser un pulmón para la ciudad de Puebla y un lugar de recreación para las familias de las comunidades cercanas.

Objetivos

1. Conocer las condiciones actuales del relleno sanitario El Chiltepeque en términos de operación.
2. Conocer la viabilidad para la instalación de una planta de biogás en un corto y mediano plazo.
3. Conocer las posibilidades para la rehabilitación del predio y creación de un parque ecológico a largo plazo.

Preguntas de investigación

Con estos antecedentes, las preguntas que guiaron esta investigación son:

1. ¿Qué es el metabolismo urbano circular y lineal?
2. ¿Cómo transitar del metabolismo urbano lineal al metabolismo circular?

3. ¿Existe algún estudio de factibilidad para la implementación, instalación y normatividad de una planta de biogás en el relleno sanitario El Chiltepeque?
4. ¿Es posible rehabilitar el relleno sanitario El Chiltepeque para crear un parque ecológico?

Justificación

En un corto y mediano plazo, con la implementación de una planta de biogás en el relleno sanitario del Chiltepeque, se reducirán focos de infección, fauna nociva y el efecto invernadero en la ciudad de Puebla. Al captar los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario se podrá obtener biogás, con el cual será posible aprovechar, en un sector de la zona, la energía eléctrica generada en este espacio.

A un largo plazo, con la rehabilitación del relleno sanitario, se podrá crear un parque ecológico que sirva como pulmón para la ciudad de Puebla y mitigue la contaminación ambiental que ha producido a lo largo de los años en la zona.

Además, con la implementación de estos proyectos, los beneficios llegarán a las poblaciones cercanas con mejoras económicas, se generarán empleos, mejoras ambientales, se resarcirá la contaminación provocada a lo largo de los años, generando energía limpia, así como beneficios políticos para la administración que lleve a cabo el proyecto.

Metodología de la investigación

La presente tesis de investigación está enfocada a un análisis del relleno sanitario El Chiltepeque, así como conocer las características actuales y la viabilidad de los proyectos propuestos.

La naturaleza de esta investigación es cualitativa, cuantitativa, documental y bibliográfica. La intención fue analizar y conocer los elementos que influyen en la implementación de una planta de biogás, y la viabilidad de la construcción de un parque ecológico en la zona de estudio.

Para llevar a cabo el estudio se requirieron los siguientes elementos:

Materiales

- Página web para consulta de datos, leyes y autores.
- Libros para consulta de autores.
- Bases de datos de la zona (INEGI y CONAPO).
- Vehículo.
- Computadora.
- Dron.
- Libreta.
- Cámara fotográfica/video.

Participantes

- Investigador.
- Población censada de la zona.
- Personas entrevistadas.

Duración de la investigación

Para efectos del trabajo de investigación, se organizaron las actividades durante un periodo aproximado de 18 meses.

Procedimientos

- Se realizó un diagnóstico de la zona de estudio.
- Se investigó estudios existentes sobre la zona y el proyecto en estudio.
- Se analizaron diversos documentos, artículos y libros relacionados con el tema.
- Se realizaron visitas de campo a la zona de estudio para analizar el relleno sanitario.
- Se realizaron sondeos individuales, cara a cara y con preguntas estructuradas.
- Se hicieron consultas en la página de INEGI.
- Se recopilaron datos.
- Se analizaron los datos y se depuraron.
- Se analizó el entorno del relleno sanitario.
- Se analizó si el relleno sanitario cumple las características para la planta de biogás y para la rehabilitación del mismo.
- Se analizaron las posibles complicaciones y beneficios de las propuestas.

Diseño de la investigación

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se siguió el siguiente esquema:

- Formulación y planteamiento de la problemática socio ambiental.
- Revisión bibliográfica, documental (autores que abordan la importancia de los factores socioeconómicos y ambientales).
- Redacción de interrogantes.
- Redacción de objetivo de investigación.

- Caracterización de las fuentes de información (verídicas y fiables).
- Selección de técnicas de investigación.
- Investigación de campo.
- Procesamiento de los datos duros.
- Análisis y depuración de datos.
- Elaboración de propuesta.
- Elaboración de conclusiones.
- Presentación de investigación.

Capítulo I.

Los rellenos sanitarios como parte del metabolismo urbano lineal

Los rellenos sanitarios son la mayor fuente antropogénica de gas metano, en consecuencia contribuyen en gran medida al cambio climático del planeta. Los gases que emanan de los rellenos “sanitarios” contienen contaminantes tóxicos que pueden provocar cáncer y asma, entre otros efectos graves en la salud. Estudios ambientales como el desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato en Ecuador asocian la residencia poblacional cercana a un relleno “sanitario” con la incidencia de cáncer. En los rellenos sanitarios, en general, los gases que se liberan transportan sustancias químicas presentes en diluyentes de pinturas, solventes, plaguicidas, entre otros compuestos orgánicos volátiles peligrosos; además filtran lixiviados tóxicos, incluso los “más modernos” tarde o temprano filtran y contaminan el agua subterránea de la zona.

Los rellenos “sanitarios” contribuyen en gran medida al cambio climático, ya que constituyen la mayor fuente de emisiones de metano creada por el hombre. El metano es un gas tóxico que altera el clima y es entre 25 y 72 veces más potente que el dióxido de carbono. Además de liberar importantes cantidades de gases de efecto invernadero, la disposición final de desechos y basurales impulsa un sistema que en todo su ciclo contribuye al cambio climático, pues la administración de los rellenos sanitarios se basan en modelos insustentables de consumo, transporte, uso de energía y extracción de recursos.

La cantidad de desechos enterrados representan sólo la punta del iceberg. Por cada tonelada de residuos municipales desechados, se generan más de 70 toneladas de residuos en la fabricación, minería, exploración de petróleo y gas, agricultura y quema de carbón, entre otros. Por lo tanto, el uso de los rellenos “sanitarios” alimenta un sistema en el que resulta necesario extraer de la Tierra un flujo constante de recursos para ser procesados en fábricas, transportados por todo el mundo y enterrados en nuestras comunidades.

Actualmente predomina un modelo lineal de producción³, consumo y eliminación urbana. Esto significa que tomamos lo que necesitamos, lo consumimos y lo que resta lo convertimos en desecho.

³ El modelo de producción y de consumo impuesto a partir de la revolución industrial se basa en la abundancia de recursos naturales, utilizados en un esquema lineal: extracción de materias primas, luego producción, luego consumo, luego generación de residuos, luego disposición final de esos residuos (OPDS, 2016).

Capítulo II.

Marco conceptual

En este capítulo se analiza la base conceptual de esta tesis y se define el concepto de metabolismo urbano desde el punto de vista de diferentes autores y con ello abordar con mayor claridad los diferentes tipos de metabolismo urbano y aproximarnos al estado actual y una precuela de la aportación que esta tesis pretende hacer, llevando a cabo ciertas acciones específicas para lograr un metabolismo urbano circular. Para esto se analizó la relación entre el metabolismo urbano, las industrias de reciclaje, energía y ciudad, además se definen algunos conceptos que fueron utilizados adicionalmente en el desarrollo de la tesis.

Metabolismo urbano

El Metabolismo urbano es el intercambio de materia, energía e información que se establece entre el asentamiento urbano y su entorno natural o contexto geográfico. En 1990, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en España formuló el concepto de metabolismo urbano, tras el análisis llevado a cabo sobre el ambiente urbano. La biosfera, como todo sistema abierto, intercambia sustancias y disipa energía. De este intercambio depende la capacidad reproductiva y de transformación del subsistema, por lo que es tan importante el sistema como el medio. Este sistema está formado por subsistemas y el

hombre, sus máquinas y sus redes de comunicación forman parte de sus diagramas energéticos y de información (Urbanismo, 1990).

El metabolismo urbano determina nuestras exigencias de materias primas y el impacto que su empleo tiene en la biosfera, ayudándonos a comprender las relaciones entre estos materiales y los procesos sociales. Las áreas urbanas requieren una gran concentración de energía por unidad de superficie comparativamente con un campo de cultivo o un ecosistema natural. Las magnitudes de los flujos generados en las ciudades, como todos notamos en la actualidad, están provocando desequilibrios de tipo ambiental.

La dinámica poblacional y formas de vida urbana de las medianas y grandes ciudades de Latinoamérica determinan operaciones críticas que frenan el crecimiento económico, socavan el desarrollo, deterioran el ambiente⁴, afectan la salud de sus residentes y reducen la oferta de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas de soporte. Son escenarios de presión con los que se corre el riesgo de exceder los límites permisibles de su homeostasis y adaptabilidad; por consiguiente, de exacerbar su vulnerabilidad en momentos en que la variabilidad y el cambio climático disminuyen las probabilidades de supervivencia de los sistemas sociales⁵. Por tal motivo, y en aras de coadyuvar con la sustentabilidad y competitividad de la ciudad, el estudio del Metabolismo Urbano se constituye en un esfuerzo técnico, político y económico que facilita el entendimiento de las redes de abastecimiento de materiales y energía, en busca de la eficiencia y eficacia de sus procesos de transformación, así como la minimización del daño ambiental de sus desechos,

⁴ Se llama ambiente natural al terreno que no ha sido alterado por el ser humano, es decir, que se presenta tal como fue creado por la naturaleza.

⁵ Sistema social. Es un conjunto de relaciones humanas que interactúan de muchas maneras. Las interacciones que se forman son infinitas, donde cada grupo pequeño es un subsistema dentro de grupos aún mayores.

permitiendo a los gestores de política anticiparse a eventos no deseados con base en las señales del presente.

El metabolismo urbano lineal

Si aceptamos que el desarrollo sustentable es la capacidad de una sociedad o sistema para seguir funcionando indefinidamente en el futuro sin ser forzado a declinar por el agotamiento o sobrecarga de los recursos fundamentales, de los cuales este sistema depende, entonces se tiene que reconocer que la sustentabilidad implica patrones de desarrollo y estilos de vida que permitan resolver las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer la posibilidad de que las próximas puedan también satisfacer las suyas, incluso aquellas necesidades que aun hoy son desconocidas (Gilman, 1993).

Las ciudades forman parte del medio ambiente construido y creado por el hombre, y como tal interactúan con el medio ambiente natural. Según el modelo de desarrollo lineal y “productivista” imperante hasta hoy, el metabolismo lineal de las ciudades las convierte en consumidoras de recursos provenientes del medio natural, a la vez que depositan en éste los desechos que en ellas se producen.

Esta situación conduce al agotamiento de recursos y la contaminación ambiental que caracterizan la crisis del mundo actual, cuando las necesidades del ecosistema urbano (que se alimenta de otros) sobrepasan las posibilidades de su territorio de influencia para reproducir los recursos y reciclar los desechos (lo que comúnmente se conoce como capacidad de carga).

La ciudad se ha convertido en el paisaje humanizado más espectacular, donde la acción del hombre alcanza su máxima intensidad aún en aspectos no visibles, como la composición del aire y el propio clima, y en otros más perceptibles, como ruidos, acumulación de residuos, aglomeraciones y consumo desmesurado de recursos no renovables, todo ello de gran repercusión ecológica sobre el entorno y sus habitantes.

Los constantes cambios de la ciudad a lo largo de la historia evolutiva, como toda acción humana, son expresados y desarrollados en un determinado espacio-tiempo y lo podemos denominar “hecho urbano”⁶. En este sentido, históricamente las construcciones han sido un hecho invasivo del medio ambiente, en búsqueda de una forma de protección del hombre, de las inclemencias del clima, del ataque de los animales, etcétera. Por tanto, desde la generación y desarrollo de la ciudad (por excelencia lugares para el habitar donde el hombre ha solucionado su abastecimiento, refugio, conexiones, trabajo, salud etc.), el medio ambiente natural ha sufrido modificaciones.

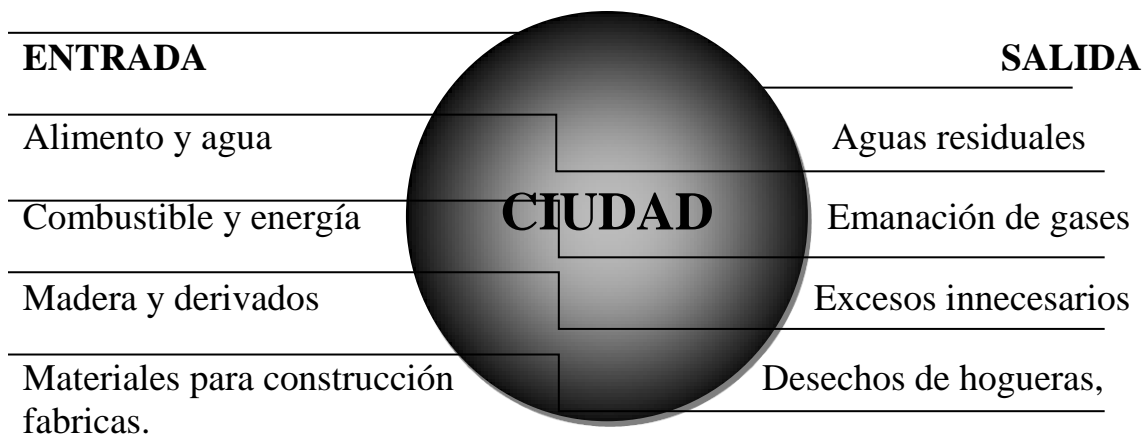
En los últimos 50 años hemos visto como nuestro planeta se degrada producto de la dependencia del habitante con su medio físico, tanto natural y artificial, y en los más recientes años hemos sido testigos de cómo el medio ambiente comienza a mostrar las secuelas: contaminación, degradación de los suelos, tratamiento de residuos y agotamiento de energías.

La ciudad ha llegado a un punto crítico en cuanto a su conformación, utilización y expansión. La ciudad hoy, a contracorriente de su origen y sus mejores características, es

⁶ Hecho urbano. Se refiere a contornos más limitados de la propia ciudad, a hechos urbanos caracterizados por una arquitectura propia y, por ende, por una forma propia.

foco peligroso de contaminación y fuente de las más diversas enfermedades, tanto para sus habitantes como para el medio ambiente. Estudios elaborados por la ONU aseguran que nuestros actuales patrones dominantes de producción y consumo nos han llevado a un crecimiento incompatible con los principios de sustentabilidad, a causa principalmente de la mezcla de dos factores: el crecimiento poblacional y el consumo desmesurado. Ambos agentes generan graves problemas como el cambio climático, el efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono y del medio natural, sobreexplotación de recursos, lluvias ácidas, acumulación de tóxicos en el organismo, etcétera, al mismo tiempo que generan consecuencias al hábitat, principalmente sanitarias, económicas y sociales (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Metabolismo lineal



Fuente: Elaboración propia.

El metabolismo urbano circular

Se reconoce como metabolismo urbano al intercambio de materia, energía e información entre el asentamiento urbano y su entorno natural o contexto geográfico.

La sostenibilidad está íntimamente relacionada con la presión que ejercemos sobre el medio natural que nos rodea y para desacelerar esta presión se deben identificar nuevos indicadores del metabolismo urbano, así como trabajar en un nuevo urbanismo que gestione de forma eficiente estos flujos metabólicos y sea capaz de transformar una ciudad con metabolismo lineal en ciudades de metabolismo circular que imitan el funcionamiento de la naturaleza, y todo pueda reciclarse y reutilizarse.

Las ciudades son algo más que estructuras de piedra y hormigón; son además, inmensos procesadores de alimentos, combustible y de todas las materias primas que nutren a la civilización. Son enormes organismos de metabolismo complejo sin precedentes en la naturaleza; son de naturaleza artificial, ya que concentran (en un área pequeña) cantidades de alimentos, agua y materiales que son mucho mayores de lo que la naturaleza es capaz de proveer; consecuentemente, el consumo de estos recursos genera enormes cantidades de basura y agua residual, y del mismo modo que la naturaleza no puede concentrar todos los recursos necesarios para hacer sostenible la vida urbana, tampoco puede dispersar los desechos producidos. (Yunuen, 1997)

En las ciudades de metabolismo circular, todo lo que sale se puede reutilizar en el sistema de producción, lo que produce una menor afectación al entorno. Por supuesto, esto es aún una línea de deseo. En la medida en que se encuentren y apliquen soluciones de sistemas circulares para el agua, la basura, la energía y los alimentos, nos acercaremos cada vez más a un desarrollo sustentable de las ciudades y por tanto del mundo en que vivimos, con un

mejor uso de los abundantes recursos humanos, los preciosos recursos naturales y los escasos recursos financieros (al menos en el Tercer Mundo).

Cabe señalar, que la ciudad, como una de las creaciones humanas más complejas, puede ser vista como un sistema conformado por sistemas naturales, físicos y culturales, interrelacionando en un área determinada. Este sistema no es homogéneo y no puede ser entendido como la simple suma de sus componentes. Por tanto, las ciudades dependen de una gran variedad de recursos: territorio, materiales, alimentos, combustibles, entre otros; y la forma en que estos recursos son usados, administrados, transformados y desechados después de su vida útil, tiene un profundo impacto no sólo sobre los habitantes de una ciudad en particular, sino sobre todo el planeta y sus habitantes. En consecuencia, los problemas ambientales urbanos tienen una repercusión a escala local, regional y global.

En la naturaleza, los sistemas metabólicos son circulares, todo es renovado y nada desperdiciado; mientras que en las ciudades este sistema es esencialmente lineal, pues los recursos fluyen a través del sistema urbano sin que exista mucha preocupación por su origen, la forma en que se usan y los desperdicios que se generan durante todo el proceso.

Más de dos tercios de la población mundial vive en zonas urbanas y la influencia de las ciudades sobrepasa sus límites geográficos con impactos a escala regional y mundial mediante la demanda de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones al suelo, al agua y al aire. La “huella ecológica” entendida como área del territorio ecológicamente productiva, es decir, el área del cultivo, bosques, sistemas acuáticos, necesaria para producir los recursos utilizados y para incinerar los residuos producidos por

una población definida en un nivel de vida específico indefinidamente, puede ser más de cien veces superior al área que ocupa.

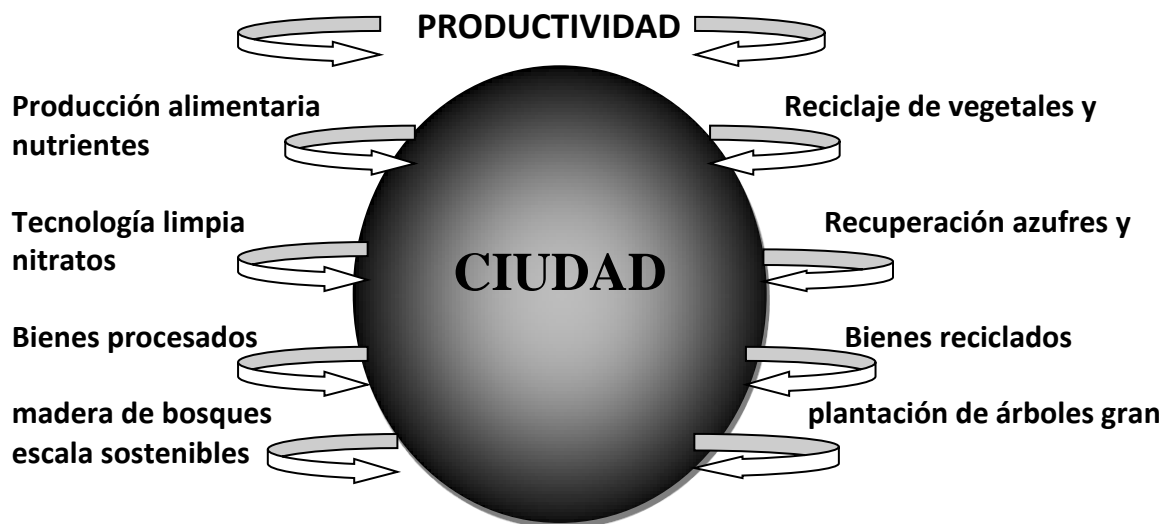
El concepto de ecosistema urbano sirve de marco para evaluar el medio ambiente urbano, los flujos de recursos en que sustentan las actividades de las ciudades y las pautas del desarrollo urbano que influyen en la calidad medioambiental. Las ciudades modernas producen vastos impactos medioambientales, pues en ellas predomina un modelo lineal de producción, consumo y eliminación urbana, siendo necesario la introducción de sistemas metabólicos circulares, donde los productos de desecho se convierten en materias primas del sistema productivo. En este sentido, el reciclaje de residuos puede reducir en gran medida el uso urbano de los recursos a la vez que crea nuevos puestos de trabajo.

Con relación a la conceptualización del término “metabolismo urbano”, la bióloga y ecóloga venezolana Evelyn Zoopi (en línea, s/f) afirma:

La generación de materiales de desecho es una consecuencia de toda actividad biológica. Bajo esta premisa podemos decir que la actividad humana no escapa a la característica de producir desechos; sin embargo, cuando de humanos hablamos, la diferencia con otros sistemas biológicos está en que podemos pensar y definir cómo metabolizamos social y ambientalmente esos desechos para actuar conservando nuestro ambiente sin construir deuda social, por el contrario, propiciar oportunidades para todos en el presente y en el futuro.

Por tanto, cada vez que botamos basura, estamos botando recursos que extrajimos de diferentes ecosistemas, por los cuales pagamos una cantidad de dinero y que vamos a enterrar en un vertedero, contaminando así suelos, aguas y atmósfera. Decimos entonces que la energía, no circula, sino que se pierde y, más aún, altera el ecosistema.

Gráfico 2. Metabolismo Circular



Fuente: Elaboración propia.

Metabolismo urbano circular e industrias de reciclaje

La introducción de sistemas metabólicos circulares convertirían los productos de desecho en materias primas del sistema productivo, a este proceso se le denomina reciclaje. Hay tres elementos fundamentales para que una ciudad funcione: el agua (y la eliminación de las aguas residuales), los residuos sólidos y la energía. A continuación se describe cómo se gestionan y qué nuevas formas se están poniendo en marcha.

Agua

Para abastecer a las grandes ciudades, el agua suele extraerse de los ríos, los cuales a menudo están lejos de las ciudades, sobre todo porque muchos de los que están cerca ya no

tienen la capacidad de hacerlo. Esta actividad supone un gasto de energía e infraestructura para llevar el agua, pero además exige prever las pérdidas que puedan ocasionarse. Aunado a que además se debe considerar el gasto para tratar el agua antes de suministrarla a los hogares, es decir, se somete a un proceso de cloración. Esto hace que a mucha gente le resulte desagradable el agua y consuman agua embotellada. No obstante, esta forma de consumo resulta cara al medioambiente: para llenar un litro y medio se pierde más, se gasta mucha energía para transportarla y embotellarla. Sería deseable asegurar la calidad del agua urbana y que fuera lo suficientemente alta para que volviera a ser utilizada de forma general como agua potable.

Una propuesta interesante sobre las aguas residuales es cambiar su propósito. En lugar de crear sistemas de eliminación, se podría invertir más en instalaciones de reciclado en las que las aguas residuales puedan ser tratadas de forma que la emisión principal sean fertilizantes adecuados para tierras de cultivo.

Residuos sólidos

Una de las formas de tratar los residuos sólidos es depositarlos en escombreras, que están recubiertas de arcilla, éstas se sellan y se cubren con una capa de tierra sobre la que se planta hierba. De estas basuras se extrae gas metano que se utiliza para hacer funcionar pequeñas centrales eléctricas, pero este sistema es poco productivo: de la basura de 2 millones personas, con este método, se puede abastecer de energía eléctrica a 30 mil personas. Pero ninguna población quiere tener cerca una escombrera por los problemas que puede ocasionar.

Otro de los métodos es la incineración, tiene la ventaja de reducir los residuos y además puede recuperarse la energía, pero no es una de las opciones más adecuadas ya que las liberaciones de gases tóxicos de las chimeneas les han dado muy mala fama. En principio sólo aquellos residuos que no puedan reciclarse deberían ser objeto de incineración.

Actualmente se está decidiendo no invertir tanto en nuevas incineradoras, en su lugar se está proponiendo hacer una combinación de medidas de reciclaje y compostaje, reduciendo al mínimo la incineración. Viena, por ejemplo, recicla el 43% de sus residuos domésticos. En el Cairo, el papel de desecho se reprocesa y se convierte en nuevo papel y cartón, las alfombrillas se deshilachan y se convierten en sacos y otros productos, la materia orgánica se composta y se devuelve a la tierra de cultivo circundante como fertilizante.

Energía

En la actualidad, aún existe una gran dependencia de los combustibles fósiles, 85% de la energía mundial comercial se produce gracias a ellos. Además, una gran parte del consumo se da en y para las ciudades. Desde luego, reducir el consumo urbano de energía sería indispensable para solucionar los problemas mundiales de contaminación del aire.

Apuntamos dos propuestas alternativas: las centrales de cogeneración de energía eléctrica (plantas biogás) y la energía solar. La primera tiene un 80% de eficiencia (muy superior a otras) y puede funcionar por medio de muchas fuentes de energía, geotermal, biogás o virutas de madera. En cuanto a la energía solar, se instalan módulos fotovoltaicos en los edificios. En la actualidad la energía solar es ocho veces más cara que la convencional, pero

se estima que sea competitiva en breve, a medida que las tecnologías se desarrollen y crezca el mercado.

Producción de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos

Los residuos sólidos urbanos (RSU, mejor conocidos como *basura*) se conforman de materia orgánica e inorgánica, y son generados por comercios, industria y casas habitación, entre otras fuentes. En la actualidad, el problema de su tratamiento es una gran preocupación para las sociedades en general, pero en nuestro país, los métodos para su disposición, transformación y aprovechamiento han resultado ineficientes e insuficientes, lo que provoca contaminación del medio ambiente. El problema de los RSU en México es muy grande. El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (PNPGIR) 2009-2012 (SEMARNAT, 2012) reportó la generación de 94,800 toneladas diarias de RSU, lo que significa 34.6 millones de toneladas anuales, cuya composición aproximada es de 53% de residuos orgánicos y 47% de inorgánicos; de estos últimos, 28% es potencialmente reciclable y 19% corresponde a residuos no aprovechables. Se estima que para 2015 se generará 22% más de RSU.

Los materiales que se reciclan son, generalmente, inorgánicos, como plástico, aluminio, fierro y vidrio, entre los cuales encontramos el papel —el principal material que se recicla (PNPGIR, SEMARNAT, 2012).

Los resultados del PNPGIR indican que se recolecta 87% de los residuos generados, de los cuales 64% se envía a 88 rellenos sanitarios y 21% a sitios controlados; el resto se deposita

en tiraderos. Para el depósito de los RSU en México, existen tres tipos de instalaciones: 1) *relleno de tierra controlado*, el cual cuenta parcialmente con inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las especificaciones establecidas; 2) *relleno de tierra no controlado*, donde son vertidos y mezclados diversos tipos de RSU sin control ni protección al ambiente; y 3) *el relleno sanitario*, que se diseña y opera para minimizar los impactos en la salud pública y el medio ambiente. No obstante, la Norma Oficial Mexicana (NOM-083-Semarnat-2003) establece las especificaciones de protección ambiental para un sitio de disposición final de RSU y de manejo especial.

Por otro lado, para resolver el problema de la basura orgánica, la cual representa más de 50% del total, hay alternativas biológicas conocidas en nuestro país que, aun cuando a veces se aplican en forma empírica, son estrategias que, implementadas correctamente, ayudarían a mitigar en gran medida esta problemática y a dar un valor agregado a la basura; de ahí la importancia de desarrollarlas en nuestra sociedad, con lo que lograríamos disminuir la contaminación y aprovechar la basura como materia prima para la generación de diferentes productos.

La noción de residuos sólidos urbanos se utiliza para nombrar a aquellos que se generan en los núcleos urbanos y sus zonas de influencias. Los domicilios particulares (casas y apartamentos), las oficinas y las tiendas son algunos de los productores de residuos sólidos urbanos. Un papel usado, un envase de cartón o una botella de plástico son ejemplos de residuos sólidos. El aceite de un vehículo o el humo que emite una chimenea industrial, en cambio, no forman parte de este tipo de residuos.

Dentro de los residuos sólidos tendríamos que establecer que existen dos grandes grupos: los peligrosos y los no peligrosos. Los primeros son los que, como su propio nombre indica, pueden suponer un cierto peligro para la ciudadanía o el medio ambiente por sus propiedades corrosivas, tóxicas o explosivas. Los segundos, no suponen ningún tipo de riesgo para los humanos ni la naturaleza de manera contundente. Estos últimos, a su vez, se pueden subdividir en:

- Ordinarios. Son los que se producen como consecuencia de una actividad normal de la rutina diaria en hogares, hospitales, oficinas, centros escolares, etcétera.
- Biodegradables. En jabones o papel higiénico se encuentran los restos naturales o de clase química que son los que forman esta categoría. Se identifican, entre otras cosas, porque se descomponen de manera muy sencilla en el medio ambiente.
- Inertes. Se hallan en determinados tipos de cartón y papel. Entre sus principales señas de identidad está el que no se descomponen fácilmente, es más, tardan mucho tiempo en hacerlo.
- Reciclables. Como su propio nombre indica, son aquellos que se pueden volver a utilizar, después de someterse a determinados procesos. Este sería el caso de telas, vidrios, determinados plásticos y papeles.

La gestión de los residuos sólidos urbanos implica diversos pasos con una etapa previa a la recogida (que incluye la separación y el almacenamiento en origen), la recogida en sí misma, el transporte mediante camiones recolectores y finalmente la eliminación o transformación. En concreto, técnicamente hablando, las etapas que dan forma a la gestión

de RSU son: separación-selección, recolección-transporte, clasificación, aprovechamiento-revalorización, tratamiento y disposición final.

En lo que respecta a México, desde hace muchos años, las autoridades desarrollan acciones tendientes a controlar los residuos, pero en muchos casos no han sido las más adecuadas y el problema ambiental, y posiblemente de salud, persiste en varios lugares con una tendencia a su agravamiento.

En general, las soluciones que se han implementado van en busca del control de los residuos al final de su ciclo y esto ha propiciado resultados inadecuados para la sociedad y las mismas autoridades. Los esfuerzos serios y metódicos con la utilización de herramientas profesionales para atacar este problema iniciaron a finales de los sesentas y principios de los setentas, alcanzando niveles de cobertura del servicio de recolección formal en 80% y de 50% en una disposición en rellenos sanitarios o sitios controlados.

Sin embargo, si se considera que existen 2,445 municipios en el país, más de 200,000 localidades y que en las áreas metropolitanas se asienta casi el 50% de la población, menos del 5% de los municipios han resuelto el problema. Por tanto, se debe realizar un esfuerzo para cambiar la visión de la forma de enfrentar este problema, la cual considere soluciones preventivas para el control y el aprovechamiento de los RSU.

Actualmente, la SEMARNAT lleva a cabo estudios cuyo objetivo es el establecimiento de metodologías que permitan la validación y transparencia para definir indicadores de generación de residuos en México. Para los RSU, y según datos reportados por la SEDESOL, en 2004 la generación de este tipo de residuos en todo el país fue de 94,800

toneladas diarias, equivalentes a 34.6 millones de toneladas anuales. En cuanto a la generación por estados, municipios o localidades, la información disponible es muy dispersa y desequilibrada, ya que se basa en proyectos individuales y encuestas.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

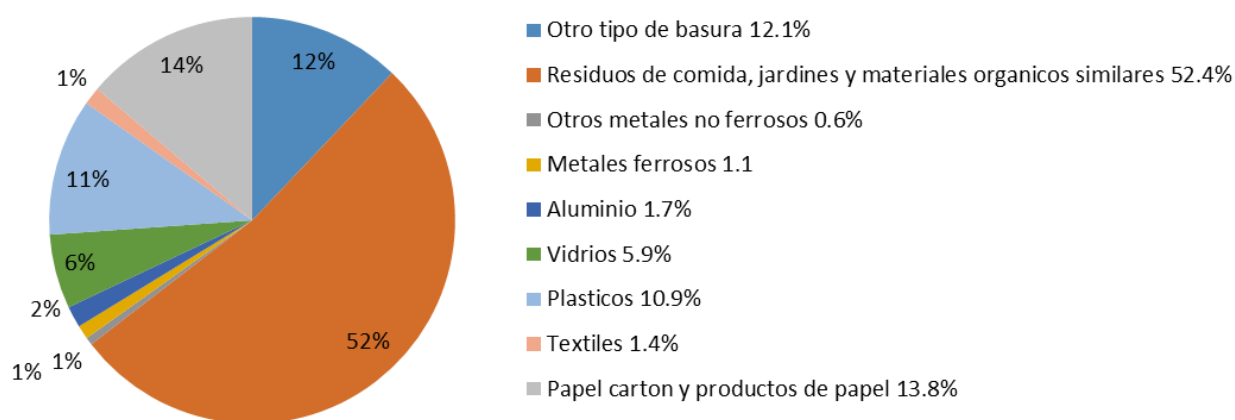
Los residuos sólidos urbanos (RSU) son generados cuando los materiales utilizados por el hombre cumplen con su vida útil, pierden su valor y dejan de ser necesarios para él, es decir, se convierten en basura. Estos residuos provienen de las diferentes actividades realizadas en hogares, comercios, industrias (pequeña industria y artesanías) y actividades institucionales (oficinas públicas, escuelas, colegios y universidades). Por lo general, las autoridades municipales son las encargadas del manejo de los residuos sólidos, una tarea que se vuelve complicada por el acelerado crecimiento de la población, el desarrollo industrial, los cambios en los hábitos de consumo, el uso excesivo de envases, empaques y materiales desechables.

Los materiales utilizados en actividades domésticas se consideran RSU cuando son eliminados o desechados en las casas habitación. Estos materiales provienen de productos consumidos y de sus envases, empaques o embalajes. Aquí también se incluyen residuos cuyas características son semejantes a las domiciliarias, provenientes de actividades como establecimientos, vías y lugares públicos (NOM-083-SEMARNAT-2003).

Composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) en México

La composición de los residuos sólidos urbanos depende principalmente de la actividad que los origine. De 50% al 70% del total de los residuos están formados por residuos domiciliarios: desperdicios de cocina, papeles, cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, entre otros. Los residuos comerciales: papel, cartón, plástico, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos, constituyen del 10% al 20% del total. De igual manera, del 5% al 15% están integrados por residuos institucionales, semejantes al comercial. En tanto que los residuos industriales (pequeña industria y artesanías) se componen de residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, incluyendo residuos de comida, cenizas, demolición, construcción, residuos peligrosos, entre otros, en su conjunto forman del 5% al 30% del total. Además, el barrido de vías y áreas públicas (residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas y excrementos) constituyen un 10% al 20% del total de los residuos sólidos urbanos (ver gráfico 3).

Gráfico 3. Composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) 2011



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de SEMARNAT (2011).

En México, la clasificación de los RSU cambia con el paso del tiempo. Esto debido a la variación en el consumo de productos que ha tenido la población. También se ha encontrado una relación entre la composición de residuos sólidos y las condiciones económicas de cada país. En los países cuyos habitantes cuentan con bajo ingreso económico se generan menos residuos y sus componentes predominantes son residuos orgánicos. Por ejemplo, en México, en la década de los años 50 el porcentaje de los residuos orgánicos en la basura oscilaba entre 65 y 70% de su volumen, mientras que para el 2007 esta cifra se redujo al 50% (SEMARNAT, 2008).

Los rellenos sanitarios y la producción de gas natural

En México, el manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos representa un gran reto ambiental, pues se calcula que apenas el 35% de los rellenos sanitarios bajo supervisión municipal cumplen con las normas ambientales (principalmente la NOM 083) tanto de operación como de construcción de un relleno sanitario.

En general sigue prevaleciendo el uso de modelos operacionales tecnológicamente rebasados y sin sustentabilidad. De igual forma, son todavía menos los municipios que aprovechan el metano para generar otras energías y beneficiarse de su explotación.

Un factor contribuyente a esta realidad es la heterogeneidad de los 2,440 municipios mexicanos. Cada uno de ellos posee condiciones socioeconómicas, culturales y políticas distintas, además de capacidades institucionales, humanas, técnicas y financieras diferentes para atender sus respectivos problemas ambientales. Sin embargo, el reto principal muchas veces pasa por la falta de orden operativo, orden organizacional y de implementar

esquemas de trabajo adecuados para administrar de la mejor manera posible los escasos recursos. En otras palabras, no todo es dinero o falta de capacidad. Por ejemplo, una actividad tan básica como es el llevar un buen control de las toneladas de basura depositadas en el relleno no requiere una gran inversión o un experto en contabilidad. Sin embargo, en muchos municipios se tienen fallas al respecto aun y cuando en el mismo relleno se cuenta con una báscula para pesar.

Otro ejemplo de falta de orden operativo y voluntad política es la incertidumbre jurídica de los terrenos donde se ubica el relleno sanitario. En no pocas ocasiones los terrenos están bajo un proceso judicial o bien sin definición legal, ya sea porque hay conflictos con el Ejido, porque el municipio vecino donde se ubica el relleno limita su cooperación o los dueños del terreno exigen compensaciones irreales. Aunado a todo esto, uno de obstáculos que impiden en México un mayor avance en el tema de tener más y mejores rellenos sanitarios es la opacidad con la que se emprenden y manejan estos proyectos.

De lo anterior se desprende que cada detalle en la operación de un relleno sanitario debe ser considerado y abordado sin excusas y de manera transparente y profesional. Más cuando se busca que del mismo se aproveche el gas metano. Una opción no explotada en el país es la creación de organismos regionales para construir y operar rellenos sanitarios. Un organismo así permite crear y aprovechar economías de escala y potencialmente garantizar mejores condiciones operativas, lo que redundaría en una mayor protección del medio ambiente.

En otro sentido, y según cifras oficiales, en México se generan aproximadamente 34.6 millones de toneladas de basura o 0.92 kg/hab/día. De este universo, sólo el Estado de México y el Distrito Federal producen el 33%. El tema de la cobertura de recolección de

basura (o residuos sólidos) parecer ser un reto menor, pues es de casi el 90% más no así en cuanto a la capacidad de disposición final controlada, pues ésta es menor a 35%. Esto significa que el 65% restante de la basura suele ir a miles de tiraderos a cielo abierto (muchos ubicados en lugares peligrosos o inadecuados) y que los residuos peligrosos no son separados.

Otro tipo de desafío en el tema es el burocrático, pues para que un relleno sanitario pueda aprovechar el metano existen interminables trámites relativos a permisos y licencias municipales, estatales y federales (principalmente con la Comisión Reguladora de Energía - CRE- y la Comisión Federal de Electricidad -CFE). No obstante, hay luz al final del túnel, el manejo de la basura y aprovechamiento del metano tiene casos ejemplares y exitosos. Son experiencias que deben difundirse y compartirse para aprenderse de ellos.

En la Tabla 1 se enlistan los que se consideran son los mejores rellenos sanitarios mexicanos en la actualidad. Ciertamente en un principio enfrentaron desafíos, pero hoy brindan múltiples beneficios a los habitantes de tales municipios.

Tabla 1. Los mejores rellenos sanitarios en México a 201

Municipio	Estado	Operado por:
Salinas Victoria	Nuevo León	SIMEPRODE
Mérida	Yucatán	SETASA
San Nicolás de Arriba	Aguascalientes	Ayuntamiento
Naucalpan	Estado de México	PROACTIVA
Reynosa	Tamaulipas	PASA
Nuevo Laredo	Tamaulipas	SETASA
Tlalnepantla	Estado de México	PROACTIVA
Querétaro	Querétaro	PROACTIVA
Hermosillo	Sonora	TECMED
Torreón	Coahuila	PASA
Zapopan	Jalisco	HASARS

Fuente: SEMARNAT (2010).

Nótese en la tabla 1 que la mayoría de los rellenos sanitarios son operados por empresas privadas y sólo uno por el Ayuntamiento. Pero ello no significa que la operación del relleno sanitario debe concesionarse forzosamente. Esto depende de las características puntuales existentes en cada municipio. Deben prevalecer, en todo caso, reglas claras y transparencia en todo el proceso.

Por otra parte, además de los esfuerzos de mejora de los rellenos sanitarios realizados por gobiernos municipales y estatales, así como por los operadores privados, a nivel federal se han realizado recientes reformas que buscan incentivar el aprovechamiento del metano y otras fuentes de energía (eólica, solar, oceánica) para generar electricidad. El caso concreto es la aprobación de la Ley (2008) y su reglamento (2009) para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (Senado.gob.mx, en línea).

Para concluir, desde 2005 México viene participando en la iniciativa Mercados de Metano (M2M) y es la SEMARNAT la institución responsable en la materia. Igualmente, México ha firmado acuerdos bilaterales con otros países para desarrollar proyectos de captura y uso productivo del metano. En la frontera norte hay mecanismos puntuales para atender el tema, en particular la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) brinda capacitación y asistencia técnica a gobiernos municipales interesados.

De acuerdo con un estudio del Banco Mundial y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en México existen al menos 85 rellenos con potencial para el desarrollo de proyectos de recuperación y aprovechamiento de metano, lo que aportaría a reducir un estimado de 31 millones de toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) al año. A autoridades

y ciudadanos de estos municipios se dirige principalmente la guía que se integra en Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009 – 2012. Entre los sitios identificados están: Ensenada, Nuevo Laredo, Saltillo, Chihuahua, Tijuana, Puebla, Querétaro, Naucalpan Tlalnepantla, Distrito Federal, Guadalajara, Cuautitlán, Puerto Vallarta, Atizapán de Zaragoza, Zapopan, Cuernavaca y Cuautla.

Actualmente algunas entidades y municipios como Ciudad Juárez, Culiacán, Aguascalientes, Monterrey, Mérida, Distrito Federal-Neza, entre otros, aprovechan el metano, ya sea quemándolo o generando energía eléctrica. Sin embargo, son una minoría. La tarea de aprovechar el metano entonces es de todos, cada quien debe hacer su parte en este desafío para heredar un planeta mejor a generaciones futuras.

Capítulo III.

Caso Puebla (Relleno Sanitario Chiltepeque)

Diagnóstico

Con la intención de entender con mayor claridad la situación en la que se encuentra el área de estudio, es necesario tomar en cuenta algunos indicadores urbano-ambientales de la ciudad de Puebla que nos permitieron elaborar un diagnóstico tanto de la ciudad como del Relleno Sanitario Chiltepeque.

Indicadores urbano-ambientales de Puebla

Un primer indicador ambiental que debemos considerar en función de la generación de un metabolismo urbano circular y, sobre todo, de cara a la creación de industrias de reciclaje es: la eliminación de desechos municipales. Este indicador se refiere al volumen de desechos recolectados y eliminados por medios oficiales, ya sea depositándolos en vertederos, incinerándolos o mediante algún otro proceso. La generación de desechos municipales puede considerarse una alternativa a este indicador.

El volumen de desechos eliminados por la autoridad municipal competente es un indicador que refleja la eficiencia o no de la prestación de servicios de gestión de desechos. Además, si se compara con la tasa de generación, facilita información sobre la cantidad de desechos

que se eliminan indiscriminadamente y sobre la cantidad de desechos que reciclan y reutilizan el sector oficial y el sector no estructurado.

Tabla 2. Situación de manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales, 1995-1999.

AÑO	Generación (millones de toneladas)	Disposición en rellenos sanitarios (millones de toneladas /año).
1995	21,357	5,952
1996	22,372	8,573
1997	22,540	10,270
1998	25,855	15,877
1999	30,856	16,050

Fuente: SEDESOL. Dirección de residuos sólidos, 2000.

El indicador que se detalla en la Tabla 2 guarda relación con otros indicadores sociales, económicos y ambientales como el PIB por habitante y los gastos de protección al medio ambiente, y con indicadores relacionados con la generación y el reciclado de desechos. La eliminación de desechos sólidos municipales puede realizarse por algún tratamiento (composteo, incineración, pirolisis, entre otros) o por disposición final de residuos sólidos municipales. En tratamiento se han establecido algunas plantas de composteo con resultados muy modestos. Podría decirse que el 100% de los residuos generados se van a disposición final y ésta puede ser depositada en rellenos sanitarios o dispuesta en tiraderos a cielo abierto, en cauces de ríos o arroyos urbanos. Los niveles de cobertura al término del año 1998 fue de ~~son~~ 84% en la recolección y 50% en la generación o disposición final adecuada, lo cual ocurre principalmente en las zonas metropolitanas, ciudades medias y muy pocas ciudades pequeñas. En las comunidades rurales los niveles de cobertura son poco significativos.

La contaminación del aire es un peligro creciente para la salud del hombre. A pesar de que el transporte y la industria son cada vez más importantes en la vida productiva de un país, pueden causar graves efectos a la calidad del aire si no se controlan las emisiones de humos, polvos y gases. Los edificios altos, las calles pavimentadas y la combustión de gasolina y de diésel crean mini climas artificiales, propios de las grandes metrópolis, que dañan no sólo al hombre y a las especies vivientes, sino al medio ambiente en general.

Los principales contaminantes del aire son las partículas sólidas o polvos generados por las tolvaneras, las plantas de energía eléctrica, las fábricas de cemento, las fundidoras de acero, las refinerías de petróleo y los automóviles; son también los óxidos de azufre, provenientes de la combustión de petróleo, del carbón y de la madera, etc. El nivel creciente de bióxido de carbono en la atmósfera provoca que ésta absorba cada vez más calor solar debido al llamado “efecto de invernadero”. Si este nivel crece demasiado, los casquetes solares podrán derretirse e inundar ciudades portuarias en todo el mundo.

El agua puede purificarse después de haber sido contaminada y al igual que con el aire, la contaminación debe atacarse en las propias fuentes emisoras, es decir, antes que los contaminantes se incorporen al ambiente: serio problema de tecnología, de inversiones de capital y de conciencia colectiva.

La SEDESOL llevó al cabo un levantamiento de cédulas de encuesta con visitas personalizadas o con información de trabajos y proyectos realizados en 47 localidades. Según sus datos, la tasa de generación per cápita más baja corresponde a zonas semi rurales o rurales, mientras que la mayor corresponde a las grandes ciudades y zonas metropolitanas.

Por otro lado, se dispone de la información que se obtuvo de las encuestas realizadas por la Cruzada por un México Limpio durante el 2005, en colaboración con el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Sin embargo, por las pocas respuestas obtenidas estos datos también son dispersos y por ser referidos a municipios y no necesariamente a localidades, son difícilmente comparables con las encuestas de la SEDESOL para una validación.

De acuerdo con los informes históricos de la SEDESOL, la generación y composición de los residuos sólidos urbanos ha variado significativamente durante las últimas décadas, derivado del propio desarrollo, así como del incremento poblacional y los cambios en los patrones de urbanización. En estas circunstancias, resulta de interés conocer las proyecciones de generación al año 2020, las cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Proyección de la generación per cápita y total de RSU 2004-2020 en la ciudad de Puebla

Año	Número de habitantes (miles)	Generación kg/hab/día	Toneladas diarias	Toneladas anuales (miles)
2004	105,350	0.90	94,800	34,600
2005	106,452	0.91	96,900	35,370
2010	111,614	0.96	107,100	39,100
2015	116,345	1.01	117,500	42,890
2020	120,639	1.06	128,000	46,700

Fuente: Elaboración propia con base en las proyecciones de población 2000-2020 (CONAPO, 2003; SEDESOL, 2004).

Residuos Sólidos Urbanos en Puebla

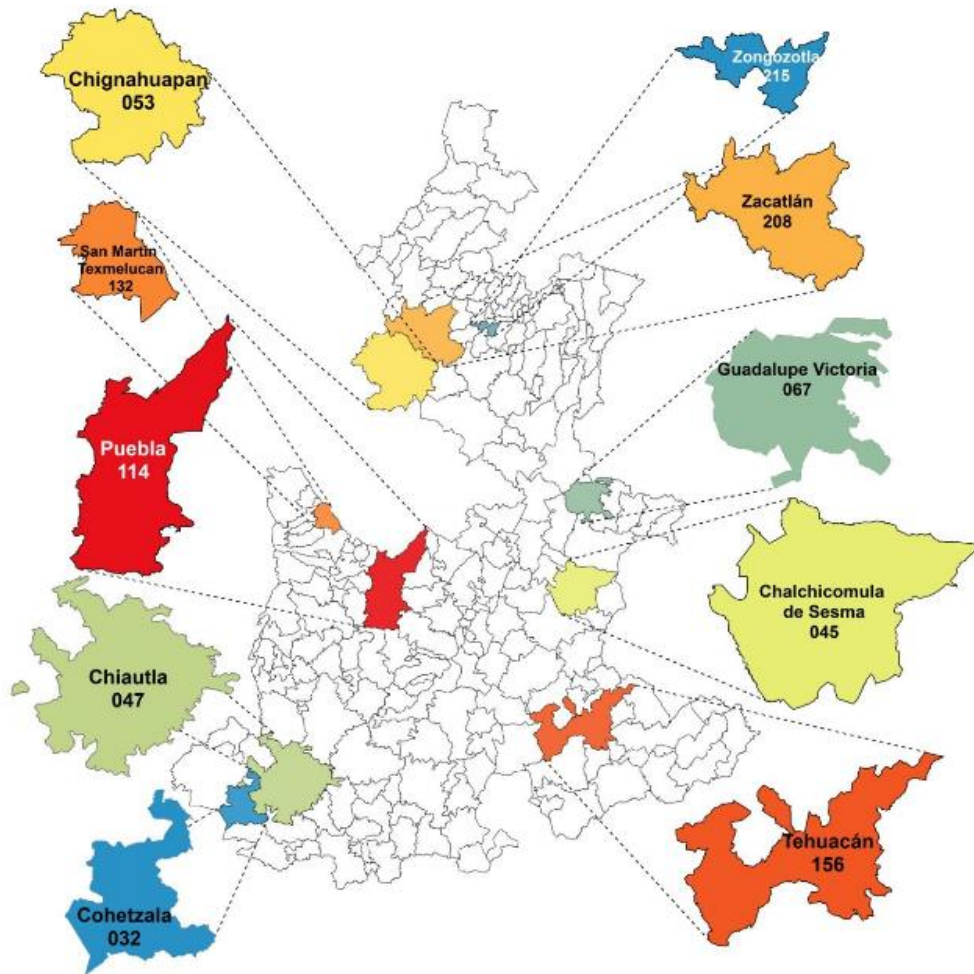
El asunto de los residuos sólidos urbanos tiene una gran relevancia ambiental en virtud del impacto que estos tienen sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos, con afectaciones a la flora y fauna, además de ser una fuente importante de generación de gas metano que influye en el calentamiento del planeta por ser un gas de efecto invernadero.

Por primera vez se cuenta en el país con datos de cobertura nacional a nivel estatal y municipal, obtenidos directamente de los encargados de la prestación del servicio, ya que hasta ahora la información disponible provenía de estimaciones.

Servicios disponibles

Actualmente 212 municipios del estado de Puebla cuentan con los servicios de recolección y disposición final de residuos; en 10 de ellos, donde reside 37% de la población, dan tratamiento al menos a una parte de sus desechos: Cohetzala, Chalchicomula de Sesma, Chiautla, Chignahuapan, Guadalupe Victoria, Puebla, San Martín Texmelucan, Tehuacán, Zacatlán y Zongozotla (ver mapa 1).

Mapa 1. Municipios que dan tratamiento al menos a una parte de los residuos sólidos urbanos



Fuente: INEGI 2010

Recolección

En la entidad poblana se recolectan en promedio 1,776 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos o desechos generados en las viviendas, parques, jardines y edificios públicos, principalmente, que representan 2% de la recolección nacional. En catorce municipios, en los que reside poco menos de la mitad de la población estatal, se recoge el 57% de todos los

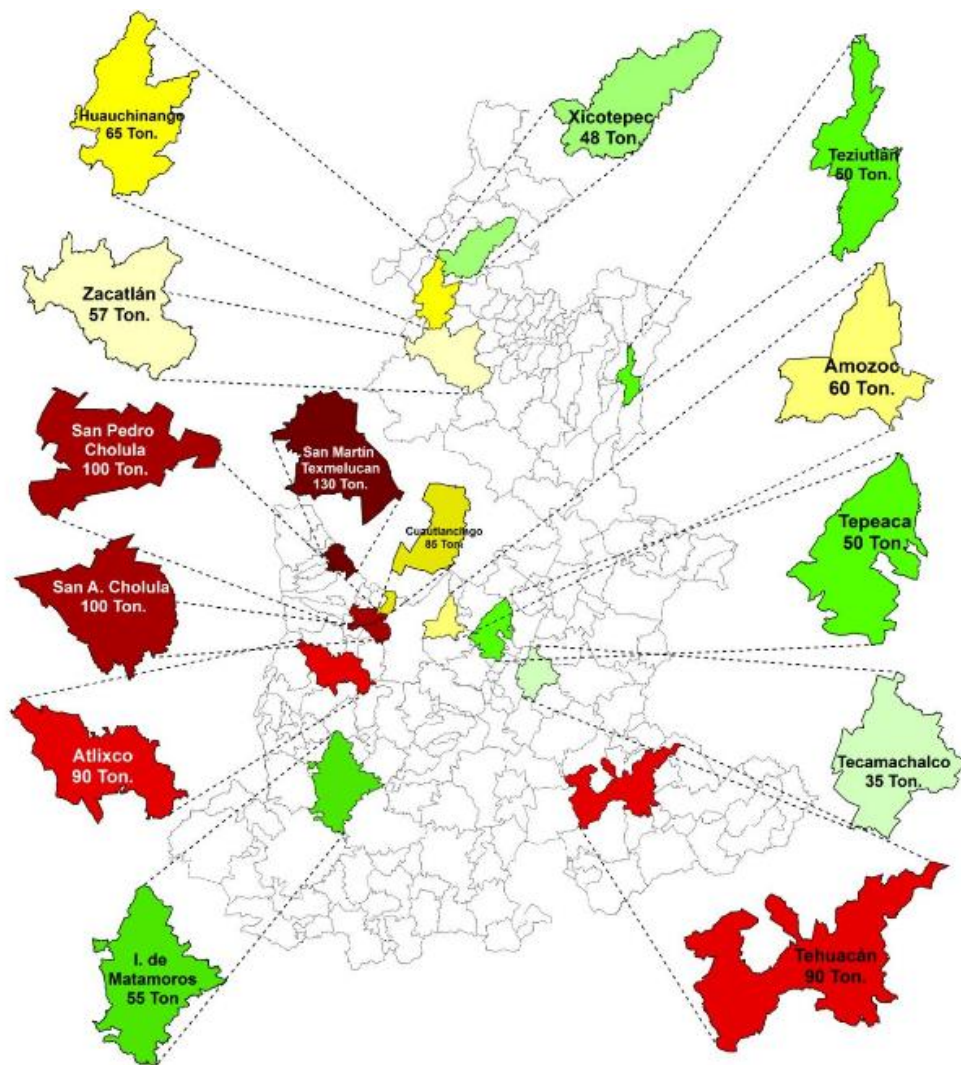
residuos. San Martín Texmelucan registra la mayor proporción con 130 toneladas (7%), le sigue San Pedro Cholula y San Andrés Cholula con 100 toneladas (6%) cada uno, Atlixco y Tehuacán con 90 (5%) cada uno, Cuautlancingo con 85 (5%), Huauchinango con 65 (4%), Amozoc con 60 (3%), Zacatlán con 57 (3%), Izucar de Matamoros con 55 (3%), Tepeaca y Teziutlán con 50 (3%) cada uno, Xicotepec con 48 (3%) y Tecamachalco con 35 (2%) (ver Tabla 4).

Tabla 4. Recolección RSU en el estado de Puebla

Municipio	Cantidad recolectada (kg)	Población (hab)	Recolección <i>per capita</i> (kg/hab)
Cuautlancingo	85000	79153	1.07
San Andrés Cholula	10000	100439	0.99
San Martín Texmelucan	130000	141112	0.92
San Pedro Cholula	100000	120459	0.83
Izucar de Matamoros	55000	72799	0.75
Zacatlán	57000	76296	0.75
Atlixco	90000	127062	0.71
Tepeaca	50000	74708	0.67
Huachinango	65000	97753	0.66
Xicotepec	48000	75601	0.63
Amozoc	60000	100964	0.59
Teziutlan	50000	92246	0.54
Tecamachalco	35000	71571	0.49
Tehuacán	90000	274906	0.33

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en INEGI 2010

Mapa 2. Municipios con mayor recolección de residuos sólidos urbanos y recolección per cápita diaria, 2010



Fuente: INEGI 2010

La recolección promedio diaria por habitante a nivel estatal es menor a un kilogramo (0.310kg), pero el per cápita por municipio presenta variaciones. Por ejemplo, Tehuacán registra una recolección de 0.327 gramos por persona; mientras que en Cuatlancingo el promedio es de poco más de un kilogramo (1.073 Kg) por persona al día.

La separación de los residuos sólidos urbanos desde su origen es importante porque facilita la valorización y rehúso de los materiales, disminuyendo el consumo y presión sobre los recursos naturales involucrados en su producción y alargando la vida útil de los sitios de disposición final, principalmente. Sin embargo, a nivel nacional solamente 11% de los residuos recolectados son separados o segregados desde la fuente generadora; mientras que en Puebla este porcentaje es de 0.4%.

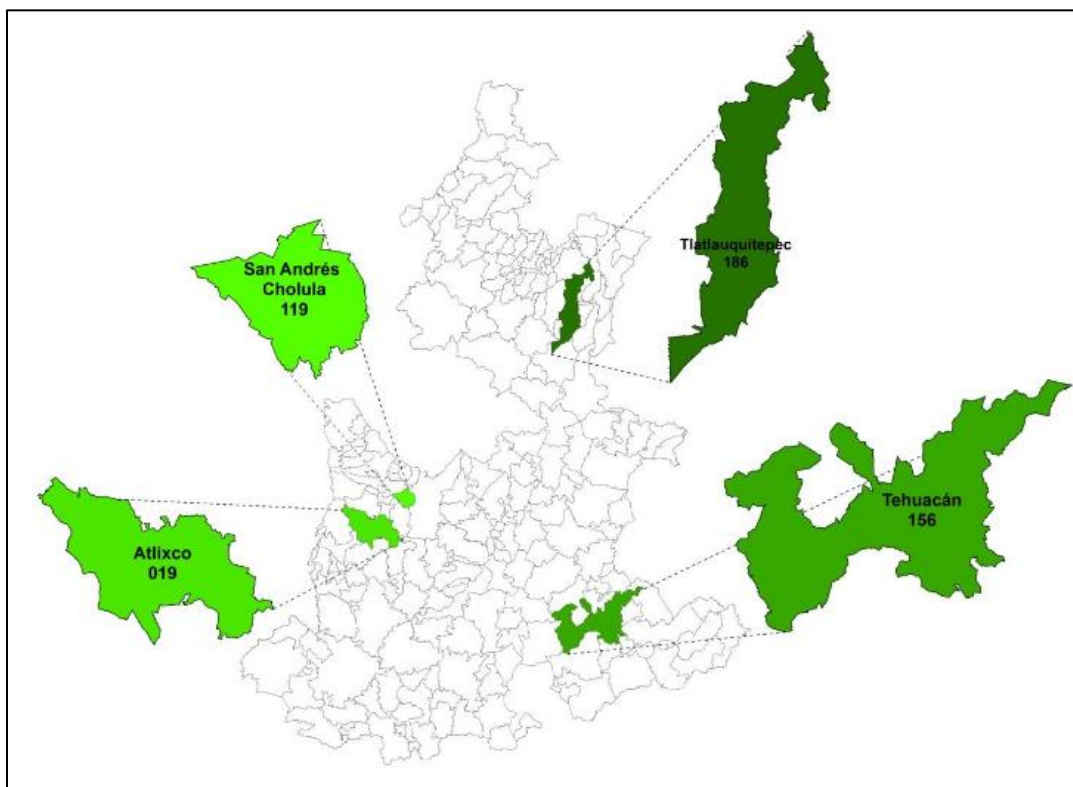
Centros de acopio

Los centros de acopio son instalaciones operadas por la administración municipal para recibir temporalmente materiales susceptibles de ser valorizados. En el país, 108 municipios y delegaciones reportan 241 instalaciones de este tipo. El estado de Puebla no cuenta con centros de acopio.

Vehículos utilizados en la recolección

A nivel nacional se cuenta con 14,300 vehículos para la recolección de residuos sólidos urbanos. En la entidad de Puebla se utilizan 398 vehículos para dicha tarea, que representan 3% de todas las unidades del país. Por tipo de vehículo, los compactadores se encuentran en primer lugar, contabilizando 276 unidades (69%), los de caja abierta suman 116 (29%); mientras que los 6 restantes (1%) se clasifican en otro tipo de vehículos para recolección de residuos sólidos. De todos los vehículos de la entidad, Tlatlauquitepec concentra al 7%, Atlixco y San Andrés Cholula 3% cada uno.

Mapa 3. Municipios que concentran los vehículos recolectores de Residuos sólidos urbanos



Fuente: INEGI 2010

Tabla 5. Vehículos recolectores y proporción respecto al total estatal

Municipio	Número de vehículos recolectores	Proporción respecto al total estatal (%)
Tlatlauquitepec	27	6.8
Tehuacán	16	4.0
Atlixco	14	3.5
San Andrés Cholula	13	3.3
Puebla	S/D	S/D

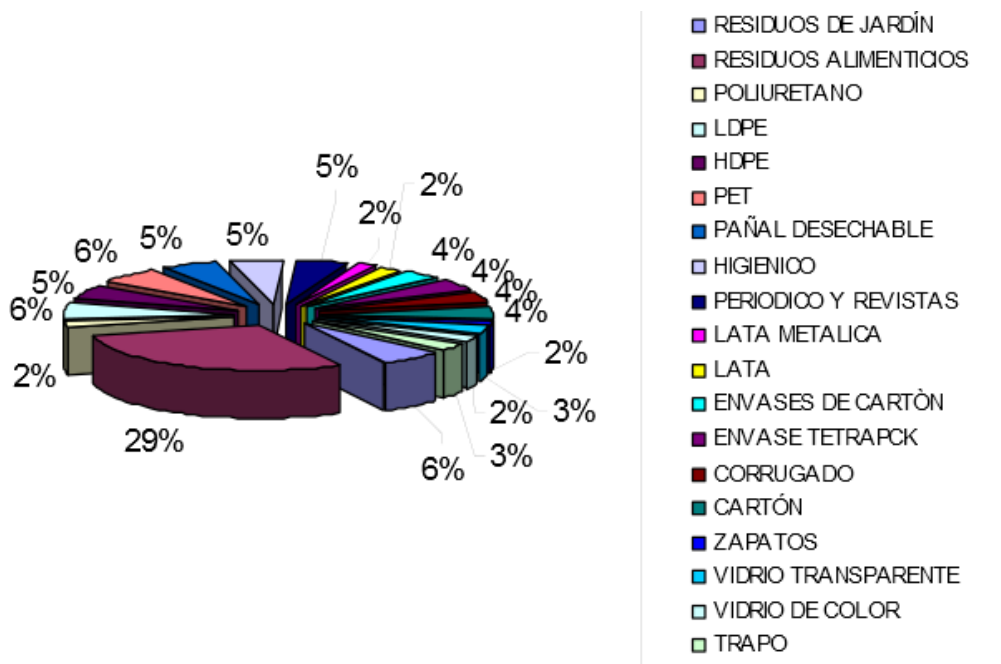
Fuente: INEGI 2010

El promedio nacional de residuos recolectados por vehículo es de 6 toneladas al día; mientras que en Puebla es menor, al transportar 5 toneladas diarias; la recolección en Tlatlauquitepec es mayor al promedio estatal, al registrar 7 toneladas promedio diario.

Sitios de disposición final

Los municipios del estado de Puebla reportaron la existencia de 92 sitios para la disposición final de los residuos sólidos urbanos; 84 de éstos son tiraderos a cielo abierto y el resto (8) son rellenos sanitarios que reducen los riesgos ambientales de los desechos generados en la entidad, entre estos 8 rellenos sanitarios el de mayor importancia es el Relleno Sanitario Chiltepeque.

Gráfica 4. Tipo de Residuos Ingresados en el Relleno Sanitario Chiltepeque.



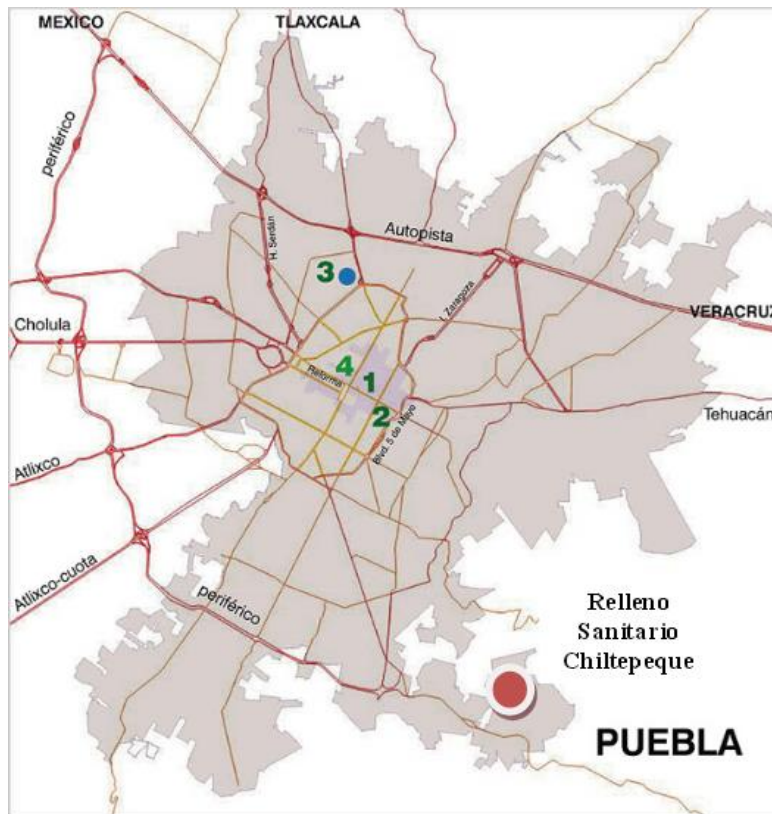
Fuente: Datos correspondientes a un Estudio de muestreo realizado por Consultoría, Ingeniería, Sistemas y Planeación S.A de C.V. (2008). Se estima que la composición no ha variado significativamente.

Ubicación del proyecto

El proyecto se localizará en las instalaciones del Relleno Sanitario Chiltepeque, el cual se encuentra al sudeste la Ciudad de Puebla a una distancia aproximada de 15 Km. Se ubica en el flanco Este de una barranca denominada “El Aguaje”, perteneciente a la población de Santo Tomás Chautla. Las coordenadas geográficas que limitan el área del relleno son 98°05´18” y 98°10´25” al Oeste, y los paralelos 18° 58´ 49” y 19° 00´49.5” latitud Norte.

El predio del Relleno Sanitario tiene una forma irregular con un área aproximada de 67 Has. La altitud media de la región es de 2200 msnm y la topografía del sitio pertenece a un lomerío medio.

Mapa 4. Ubicación del Relleno Sanitario Chiltepeque en la Ciudad de Puebla



Fuente: Impacto Ambiental “Puebla Landfill Gas To Energy Project”.

Mapa 5. Foto aérea del relleno sanitario Chiltepeque



Fuente: Impacto Ambiental “Puebla Landfill Gas To Energy Project”

Uso Actual de Suelo

Como ya se mencionó, el sitio dónde se llevará a cabo el proyecto será en el mismo Relleno. Dicho predio cuenta con uso de suelo número 1462 U.S. otorgado por el H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla, el 22 de julio de 1994 a través de la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología.

El sitio dónde se encuentra el Relleno Sanitario, está ubicado dentro de una zona considerada por la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Puebla, como zona dedicada a la Preservación Ecológica, en donde la construcción de este

relleno fue permitida, siempre y cuando se cumplan con las condiciones necesarias para prevenir una posible contaminación al ambiente.

El sitio y áreas colindantes se encuentran en una zona en donde la mayor parte de la superficie se encuentra erosionada, permaneciendo casi siempre ociosa, y la cual es empleada escasamente para pastoreo. En los terrenos colindantes existe la pequeña propiedad privada, son tierras que estuvieron o están dedicadas al cultivo temporal o alguna otra forma de explotación, esto es al pastoreo o a la recolección de leña, lo que ha provocado un alto grado de perturbación y erosión.

Demografía

El crecimiento demográfico del estado de Puebla está ligado a la evolución de la población de su ciudad capital, en la que se ubica más de la cuarta parte de la población estatal. Registrando una tasa media anual de crecimiento en el periodo 2000-2005 de 2.0%, nivel superior a la media estatal y nacional.

De acuerdo a los datos del II Censo de Población y Vivienda 2005, Puebla cuenta con una población de 1 millón 485 mil 941 habitantes. La interacción de la población residente en localidades aledañas con el centro urbano de la ciudad de Puebla y el crecimiento de ésta ha dado lugar a la conformación de un espacio que supera los límites municipales e incluso estatales y que da lugar a lo que se denomina Zona Metropolitana.

Crecimiento de la Población

La proyección de la población para los próximos años muestra que ésta seguirá creciendo en forma constante y que, para atender sus necesidades, el Municipio deberá perfeccionar sus instrumentos de bienestar.

Tabla 6. Proyección de Población del Municipio de Puebla 2005-2030

Año	Población
2005	1,488,128
2010	1,613,646
2015	1,720,449
2020	1,811,898
2025	1,887,724
2030	1,945,509

Fuente: CONAPO (2003) Proyección 2005-2030

Sistema de Manejo de Residuos

El municipio de Puebla cuenta con el servicio de recolección de residuos urbanos a través del Organismo Operador del Servicio de Limpia y el confinamiento se hace en el Relleno Sanitario Chiltepeque.

Delimitación del Área del Estudio

El Relleno Sanitario donde se llevará a cabo el proyecto de Aprovechamiento Energético del Biogás y rehabilitación para un parque ecológico, está enmarcado por una cuenca o región hidrológica. El sitio en cuestión se localiza en la Región Hidrológica No. 18 conocida como “Cuenca del Río Atoyac”. En específico en el área de influencia de la Subcuenca local “El Aguaje”. El área del Relleno Sanitario Chiltepeque se encuentra

definida por barreras geográficas: al sureste se localiza el Cerro del Huaxo, al suroeste el Cerro del Tlanaxcaso y al norte con la Barranca Aguaje, cuyo cauce natural fluye con sentido noreste a noroeste, culminando hacia el oeste en el sitio donde confluyen las barrancas dendríticas y finalmente, hacia el este se delimita por la ladera del Cerro la Ocotera.

La delimitación del área de influencia responde a las siguientes razones:

- a) El área de influencia se restringe a la subcuenca de “El Aguaje” debido principalmente a que se encuentra delimitada por barreras geográficas (lomeríos de pendiente moderada) ubicadas en el contorno. Además, tomando como punto de referencia la dinámica del viento, se tiene que la dirección predominante es precisamente hacia dichos lomeríos, por lo cual será más difícil la dispersión de partículas y olores fuera de esta área. Asimismo, al considerar la zona de amortiguamiento en el sitio de la obra (barrera arbórea), ésta contribuirá a obtener mayores beneficios en el área de influencia.
- b) Al tomar en cuenta los rasgos de relieve, precipitación y escurrimiento se observa que todos los aportes pluviales fluyen hacia un solo punto, la barranca “El Aguaje”. Además, en el relleno sanitario se cuenta con la construcción de drenaje y obras de captación para lixiviados.

Situación actual del Relleno Sanitario Chiltepeque

Actualmente el relleno sanitario el Chiltepeque está en operación y su última actualización fue en el año 2012, cuando se llevó a cabo la Habilitación e Inicio de Operación del Área B

(Celda B2012). Los trabajos de ampliación concluyeron en 2013 con la habilitación de las obras hidráulicas implicadas, construcción de caminos internos, así como el sistema de extracción y tratamiento de lixiviados. La Celda B2012 dio inicio a sus operaciones en el mes de abril de 2013.

Durante el 2012, el Proyecto de “Ampliación de la Vida Útil del Relleno Sanitario del Municipio de Puebla” respecto a la Celda B2012, cumplió con las etapas de autorización del proyecto por parte de los tres niveles de gobierno, nivelación del terreno, colocación de la infraestructura básica y servicios auxiliares, así como pruebas y puesta en operación.

El proyecto estima una duración de 11.11 años y una capacidad de 7,000,000 de toneladas de RSU. Desde la puesta en marcha de la Celda B2012 a la fecha, se han depositado 373,096.77 toneladas de RSU. Con este tipo de actividades y trabajos para la operación del Área B, el Relleno Sanitario Chiltepeque del municipio de Puebla puede continuar con las operaciones de confinación de los residuos en forma adecuada, manejar y tratar el lixiviado, sumando a esto la construcción para el tratamiento de biogás y la forestación del área de amortiguamiento.

Cabe mencionar que, para garantizar la correcta operación del Relleno Sanitario durante el 2012, se iniciaron las primeras acciones de un Programa de Mantenimiento General a la infraestructura, caminos, básculas, celdas y canales de aguas pluviales. Las actividades para su operación fueron:

- Inicio de los trabajos de construcción de la Planta de Lixiviados el día 26 de julio.
El día 29 de diciembre se realiza la inauguración de la Planta.

- Contratación de la instalación de la nueva báscula de pesaje de unidades. La actual báscula se encuentra en condiciones de ser sustituida después de operar durante 16 años continuos en el pesaje de 160 vehículos al día.
- Elaboración del proyecto de reingeniería para el aprovechamiento del cauce del arroyo temporal de la barranca “El Aguaje”, esto mediante el embovedamiento del flujo de agua. De esta forma se busca incrementar el tiempo de vida útil del Relleno Sanitario.

Es importante mencionar que se dio inicio al proceso de regularización del Relleno Sanitario en el aspecto de Impacto Ambiental al desarrollar los Estudios de Impacto Ambiental de: planta de biogás, plata de lixiviados, laguna temporal de lixiviados, planta de separación de residuos, celda B2012.

Proyecto de Ampliación de la vida útil del Relleno



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx

Impermeabilización de la Celda B2012



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx

Planta de Separación de Residuos



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx

Báscula vieja



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx

Cobertura del Área A y Regularización de labores en el Relleno Sanitario

Uno de los trabajos que comprenden la operación del Relleno Sanitario Chiltepeque es la cobertura y clausura de las áreas que han cumplido en su total con la vida útil para la que fueron programadas. En el caso del Área A, con una vida útil prevista de 15 años y real de 17, los trabajos consistieron en cubrirla con materia vegetal para después proceder a su reforestación. Las actividades desarrolladas durante el año 2012 en esta área fueron:

- En el mes de marzo concluyó de manera definitiva la disposición final de RSU. Para finalizar el proceso de regularización de la cobertura se realizó la colocación de material de cubierta producto de excavación de la Celda B2012, que equivale a 10,822 m³ de tepetate en 773 viajes.
- Para agilizar los trabajos de corrección de desplazamientos y regularización de cobertura, el concesionario adquirió un camión fuera de terreno Mod. 769D Caterpillar.
- Se instaló geomembrana texturizada sobre celdas clausuradas 3 A y 4 A, además se suministró un promedio de cubierta con tierra vegetal de 20 cm, teniendo un sello final aproximado al término del año de 6,300 m³.
- A petición del Consejo del Organismo Operador del Servicio de Limpia, la Unidad de Verificación “Aguirre y Saracho, Ingenieros Ambientales S.A. de C.V.”, certificada ante la Entidad Mexicana de Acreditación EMA, se elaboró el dictamen de verificación de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Cubierta en el Área A



Fuente: http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Relleno%20Sanitario.docx

De acuerdo al sondeo realizado en la visita de campo y la entrevista a trabajadores, el Relleno Sanitario Chiltepeque opera en las dos etapas de acuerdo a lo previsto.

Pronóstico

En caso de **NO** llevar a cabo los proyectos de planta de biogás y rehabilitación del relleno sanitario para parque ecológico, el pronóstico es el siguiente:

El Relleno Sanitario Chiltepeque seguirá funcionando como lo ha estado haciendo desde su inicio y su capacidad será rebasada en breve⁷, cuando llegue a este punto se tendrá que clausurar y buscar un nuevo lugar para instalar otro relleno sanitario, el cual probablemente

⁷ El relleno sanitario de Puebla recibe, en promedio, mil 550 toneladas diarias de desechos sólidos, alrededor de 42 mil al mes y más de medio millón al año. Tiene una extensión de 67 hectáreas y está dividido en dos unidades. La primera de ellas, denominada “A”, tiene cinco hectáreas para completar su capacidad total y a la unidad “B” le quedan cuatro hectáreas de extensión, donde se calcula que hay capacidad para depositar finalmente más de 800 mil toneladas de desechos sólidos. Entrevista a Becerril Merino, Coordinador de Disposición Final.

tendrá los mismos problemas debido a que se carece de falta de proyectos, estudios y leyes relacionados al manejo de residuos, generación de biogás y rehabilitación de rellenos sanitarios para parques ecológicos. En cuanto a los problemas ambientales, la zona será erosionada y quedará inservible, aunado a que los problemas sociales surgirán rápidamente, pues la población que vive cerca del relleno sanitario se verá afectada de diversas formas, creando una zona de repudio social.

En caso de **SI** llevar a cabo los proyectos de planta de biogás y rehabilitación del relleno sanitario para parque ecológico, los beneficios serán:

En el corto plazo, el Relleno Sanitario Chiltepeque modificará su estructura para aprovechar los residuos sólidos urbanos mediante una planta de biogás que podrá suministrar energía a las comunidades cercanas, contribuyendo al cambio de un metabolismo urbano lineal por uno circular. En el mediano-largo plazo, el relleno sanitario se rehabilitara y se convertirá en un parque ecológico que ayudará a contrarrestar muchos años de contaminación beneficiando al medio ambiente. En cuanto al factor social, éste se verá beneficiado con instalaciones de primer nivel acondicionadas con estacionamiento, canchas de futbol y pistas para correr, con lo cual se fomentará el deporte, las buenas costumbres y el respeto hacia la naturaleza.

Propuesta

En este apartado se expondrá la intención de utilizar una energía alternativa para aprovechar los recursos de la ciudad de Puebla y se planteará la propuesta de rehabilitar el

Relleno Sanitario Chiltepeque para crear un parque ecológico con beneficios ambientales, económicos y sociales.

Uno de los objetivos de esta tesis es plantear el aprovechamiento de los recursos que se encuentran en los rellenos sanitarios, en este caso el Relleno Sanitario Chiltepeque, ya que si se aprovecha de manera adecuada y se logra un cambio en el metabolismo urbano se puede contribuir con una fuente importante de energía alternativa como ya se ha realizado en diferentes países, donde se ha apostado por la energía como una parte importante en el desarrollo local regional y nacional. Asimismo, la revisión de casos de éxito de rehabilitación de rellenos sanitarios en diferentes países nos dará certeza en la implementación de nuestro proyecto.

Naturaleza del proyecto

El proyecto a desarrollar consiste en aprovechar el biogás producido por el Relleno Sanitario Chiltepeque del municipio de Puebla para generar energía eléctrica. En este relleno sólo se reciben residuos sólidos urbanos; cuenta con un Estudio de Manifestación de Impacto Ambiental, el cual se realizó en el año de 1994. Actualmente tiene ocupado alrededor del 70% de su capacidad, cumpliendo con las especificaciones requeridas en la NOM-083- SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2012).

En estudios previos se han planteado tres escenarios para establecer las condiciones actuales del sitio respecto a la generación de biogás, infraestructura para captación y aprovechamiento del biogás, estimación de la viabilidad económica del sitio y costos de generación de la electricidad.

El objetivo del presente proyecto es coleccionar el biogás generado en el Relleno Sanitario Chiltepeque y aprovecharlo para la generación de energía eléctrica. El exceso del gas será quemado para convertir el Metano (CH₄) en Dióxido de Carbono (CO₂). Este proyecto requiere eficiencia para la colección de los gases y equipos para la quema del gas, así como una planta de generación eléctrica para transformar el gas en energía eléctrica.

En cuanto a la selección del sitio de la propuesta, en sentido estricto no hay un proceso de selección puesto que el Relleno Sanitario ya está ubicado y operando. Lo que sí se realiza es una selección del área dentro del Relleno Sanitario Chiltepeque, identificada como la que contiene los depósitos de residuos más antiguos y que en consecuencia ya están produciendo gas metano. Esta condición es consecuencia de los estudios previos a la evaluación de aprovechamiento energético de gas metano.

El Relleno Sanitario tiene 14 años en operación, como consecuencia, genera emisiones de gas metano a la atmósfera. El Ayuntamiento a través del Organismo Operador del Servicio de Limpia ha urgido al concesionario a presentar un proyecto para evitar las emisiones de metano, toda vez que es un gas de efecto invernadero 21 veces más dañino que el bióxido de carbono. Atendiendo el requerimiento, la empresa Rellenos Sanitarios RESA, S.A. DE C.V. (RESA) llevará a cabo el proyecto de aprovechamiento del biogás.

Inversión Requerida

- A. Importe total del capital requerido para el proyecto. Se contempla una inversión total aproximada de 5.8 millones de USD (UPAEP, 1998).
- B. Periodo de recuperación del Capital: 6 años (Ibíd.).

- C. Costo necesario para aplicar las medidas de prevención y mitigación. Dentro del presupuesto se consideran conceptos de limpieza de las áreas donde se realizarán las obras necesarias para el proyecto, y cuando se esté operando se consideran los costos de monitoreo y mantenimiento del equipo (Ibíd.).

Dimensiones del Proyecto

- A. Superficie Total del Proyecto. El área del polígono de aprovechamiento energético del biogás será de aproximadamente 65 Has. (RESA)
- B. Superficie a Afectar con Respecto a la Cobertura Vegetal del Área del Proyecto. No se verá afectada ninguna cobertura vegetal, dado que el proyecto se realizará dentro de las instalaciones del Relleno Sanitario del Municipio de Puebla (RESA).

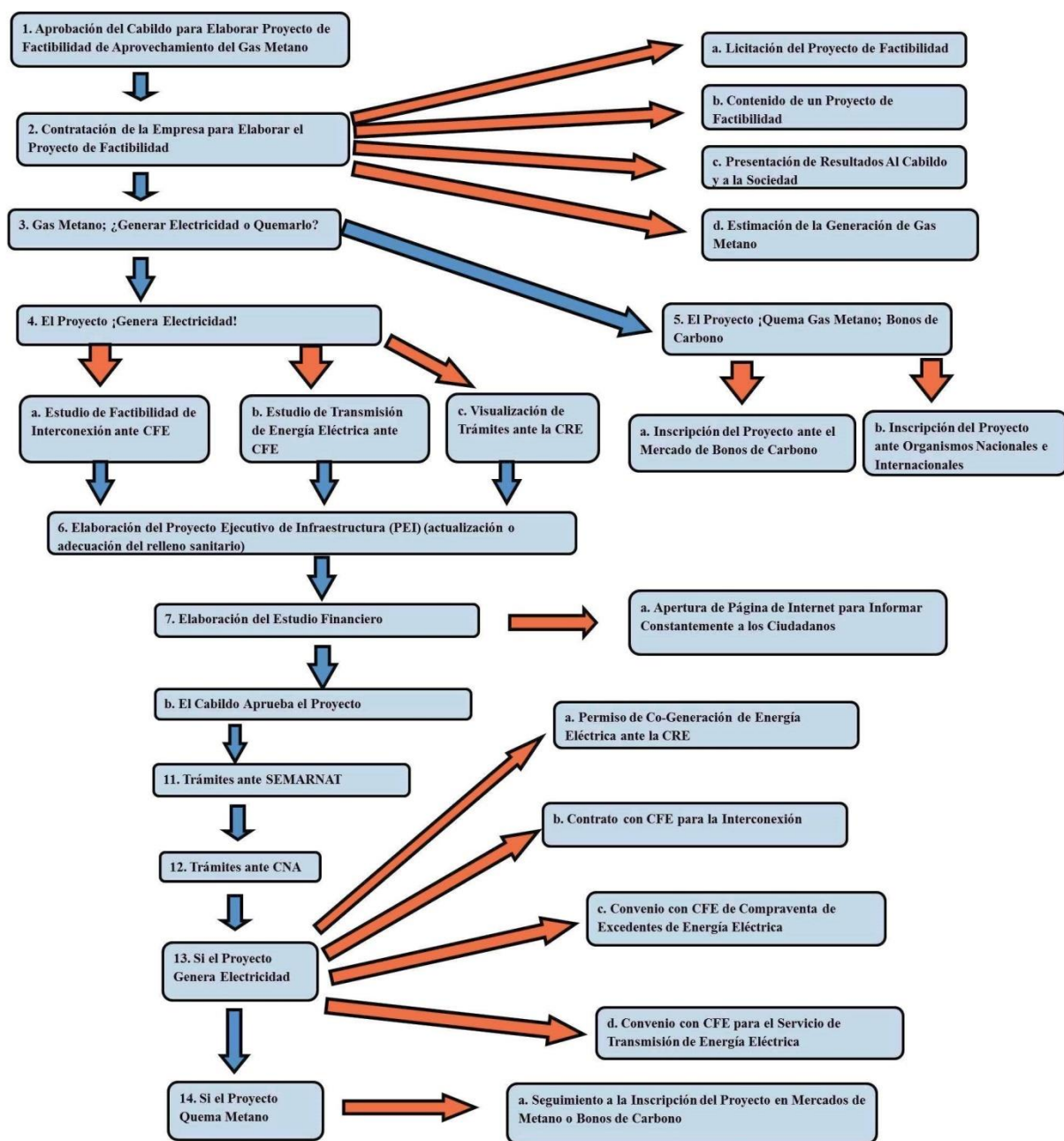
Diseño de la planta de biogás

El diseño de planta de biogás será de acuerdo a las necesidades requeridas mediante un análisis minucioso de acuerdo a las normas técnicas ya establecidas y que sean apropiadas para el correcto funcionamiento de la producción y aprovechamiento del biogás en el relleno sanitario Chiltepeque.

Pasos para la implementación del proyecto

En caso de que el proyecto pase a la etapa de implementación, se tomarían algunos pasos específicos para un correcto desarrollo del mismo como se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

Diagrama de flujo 1. Pasos para la implementación del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en la consulta de diferentes dependencias (CFE, SEMARNAT, CNA, CRE, SENER).

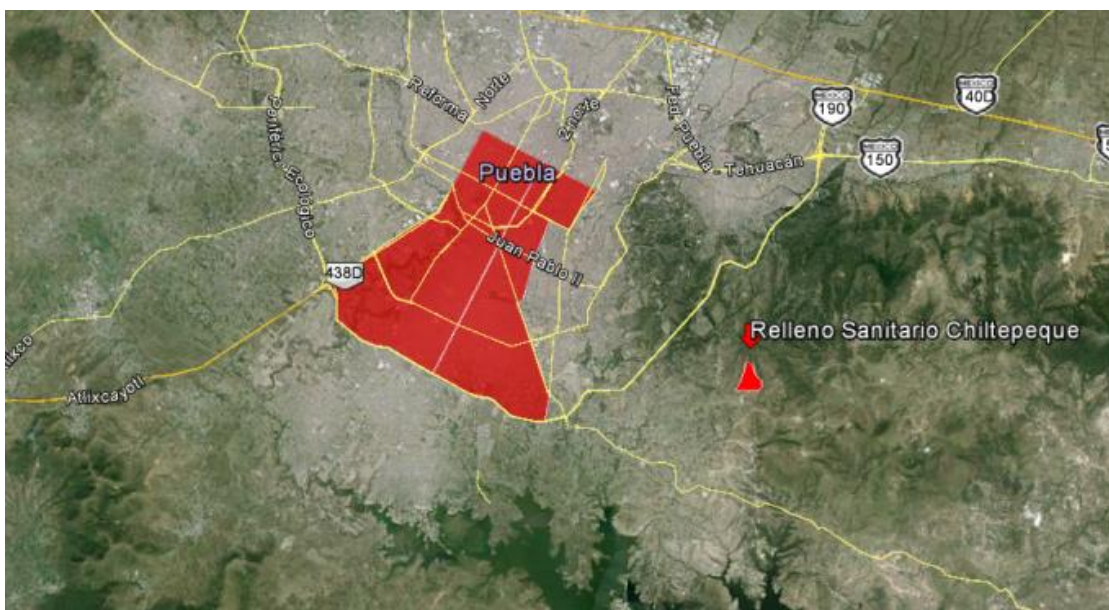
Ruteo en la ciudad de Puebla

Diariamente, en la capital poblana se recogen un promedio de mil 600 toneladas de basura, como resultado del barrido manual y mecánico, así como de la recolección domiciliaria y comercial que lleva a cabo el Organismo Operador del Servicio de Limpia (OOSL), en coordinación con las empresas Servicios Urbanos de Puebla S.A. de C.V. (SUP) y Promotora Ambiental S.A. de C.V. (PASA)

Esta labor se efectúa a través de siete rutas en los diferentes sectores que conforman la ciudad de Puebla de 10:00 a 16:00 horas.

Zona de recolección Ruta 1

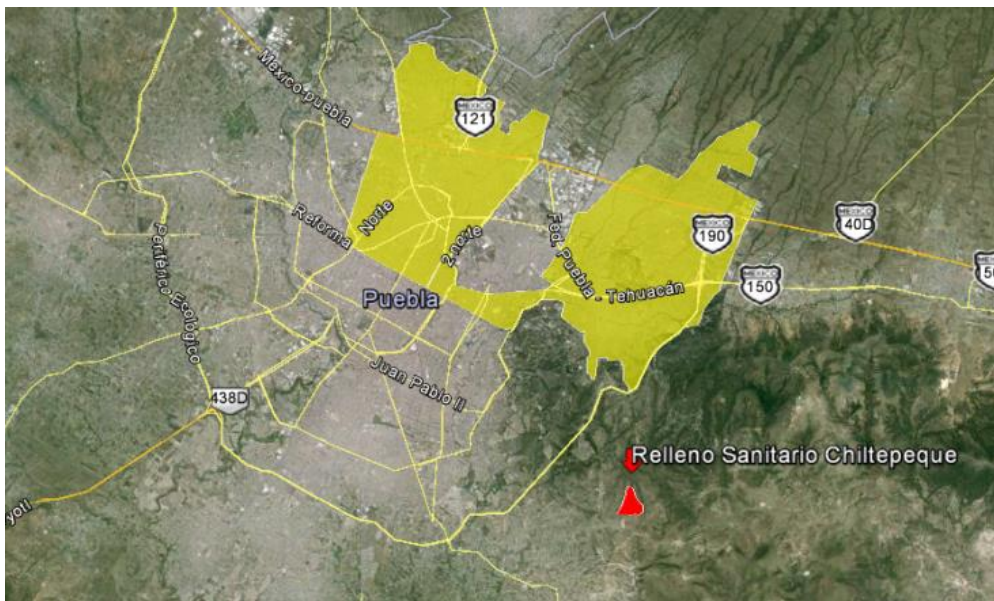
En el Sur poniente a partir de la Avenida Reforma y 16 de septiembre, y en el Suroriente de 16 de Septiembre y Avenida Juan de Palafox y Mendoza, martes, jueves y sábado.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 2

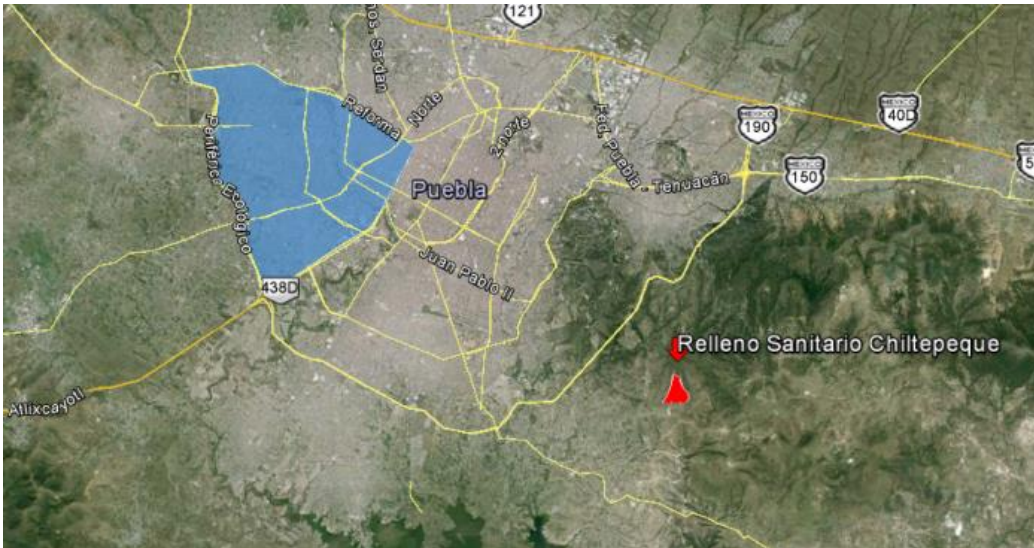
Abarca del Norponiente, a partir de Calle 5 de mayo y Avenida Reforma, hasta el Nororiente, de Calle 5 de mayo a Juan de Palafox y Mendoza, todos los lunes, miércoles y viernes.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 3

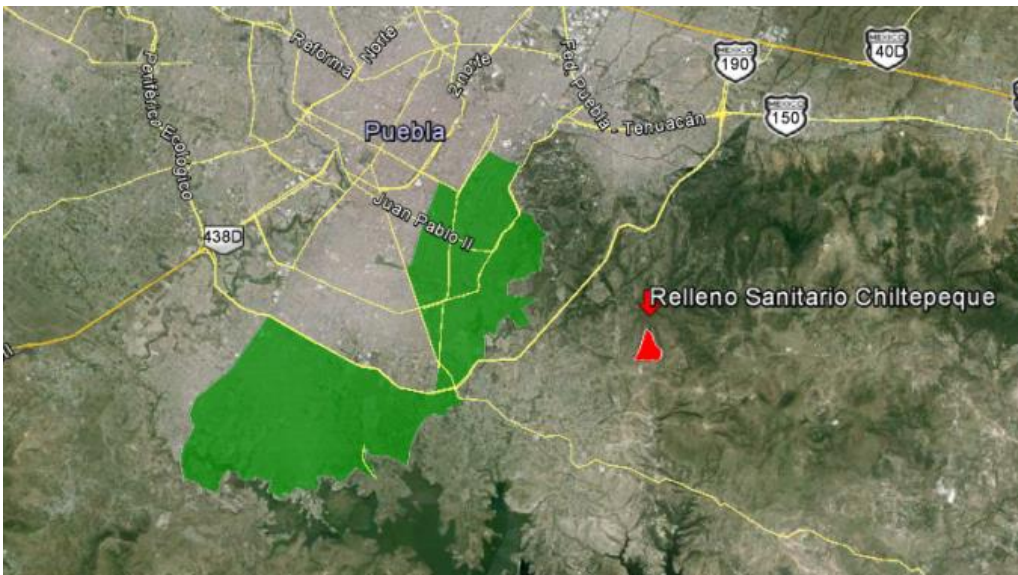
Contempla las colonias como La Paz, Belisario Domínguez y Las Ánimas, ubicadas al Sur poniente, son atendidas los martes, jueves y sábados.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 4

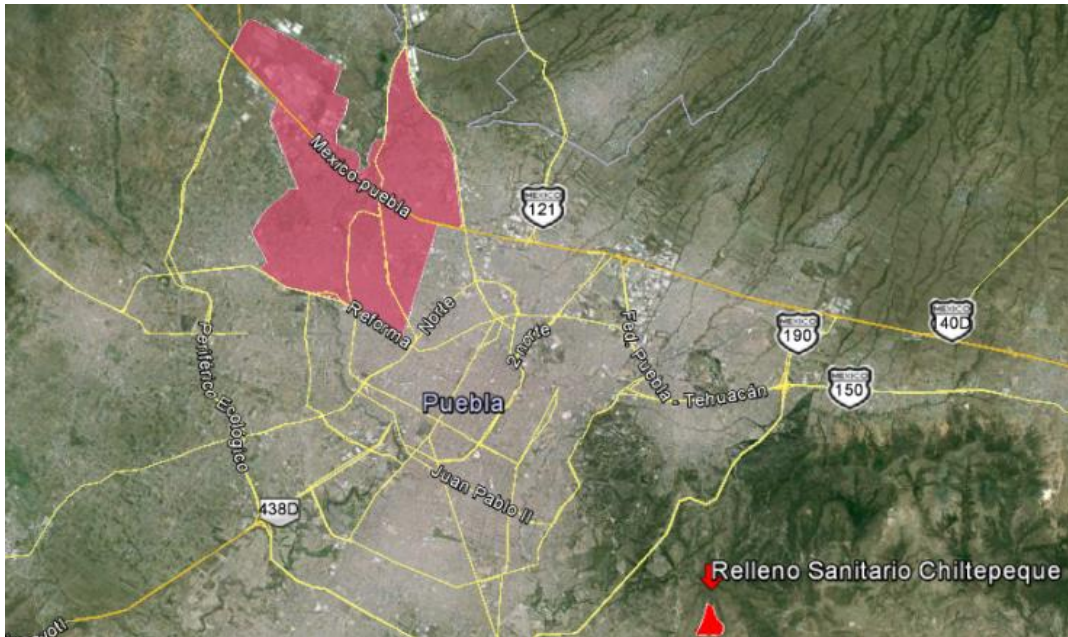
Abarca El Mirador, San Manuel, El Carmen y Los Héroes, entre otras, del sector Suroriente. En esta ruta se recibe el servicio martes, jueves y sábados.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 5

Las unidades recolectoras visitan el Norponiente y sus colonias como La Libertad, Rancho Colorado y Villa Posada los lunes, miércoles y viernes.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 6

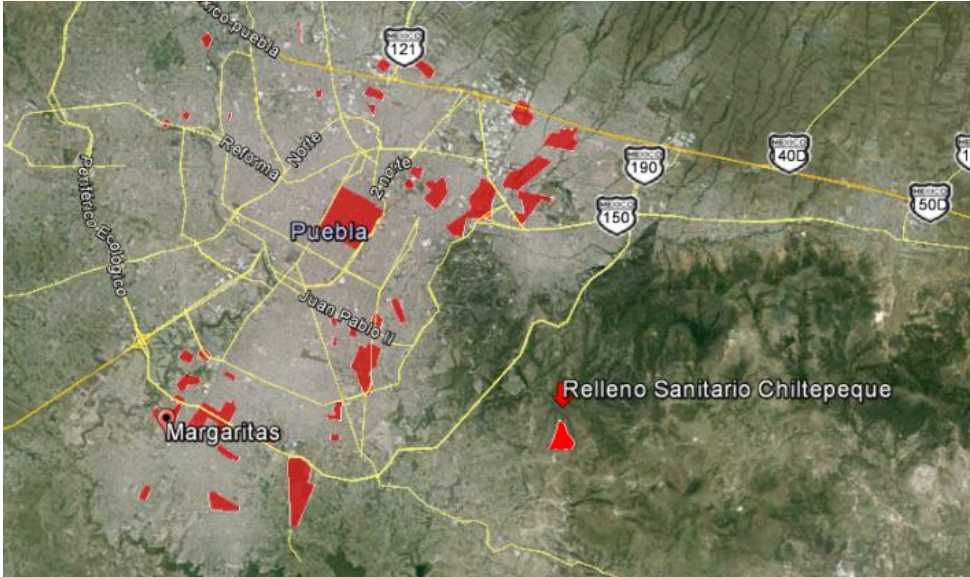
Esta ruta atiende las colonias en el Nororiente del municipio: América Norte y Sur, Lomas de Loreto y Maravillas, los lunes, miércoles y viernes.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Zona de recolección Ruta 7

Esta ruta da servicio en el Centro Histórico y Unidades Habitacionales bajo un esquema nocturno de 20:00 a 6:00 horas, de lunes a sábado.

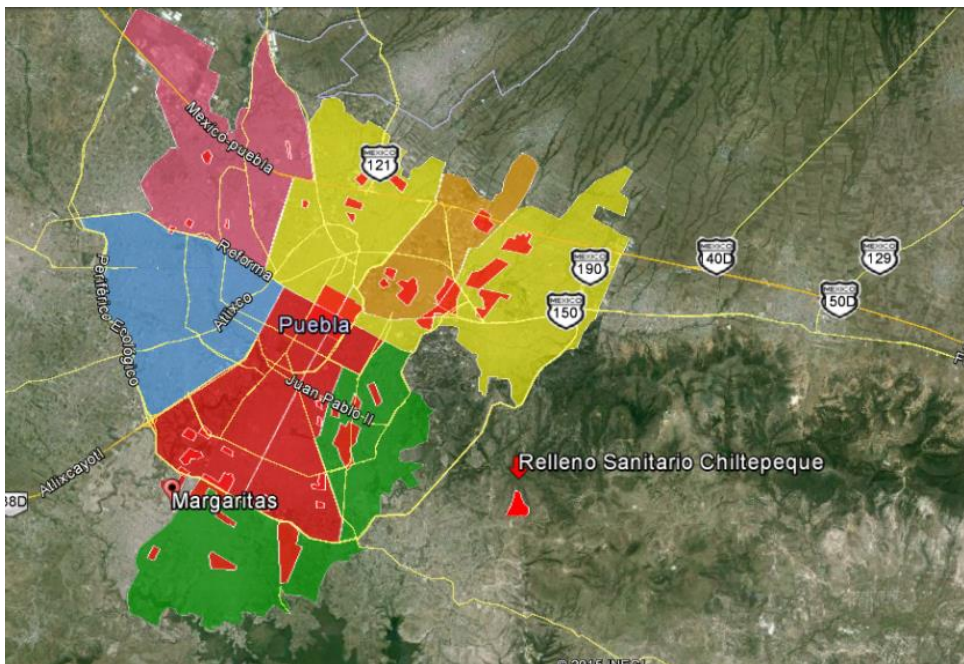


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Cabe señalar que las empresas OOSL, PASA y SUPSA contemplan recorridos matutinos extraordinarios antes de las 10:00 horas.

Conjunto de zonas de ruteo

Como se pudo observar en la descripción anterior, ningún polígono de la capital del estado de Puebla queda desatendida. Por esta razón se concluye que el servicio de recolección de basura se ofrece respetando los horarios y zonas establecidas por el mismo sistema, brindando un servicio oportuno a las diferentes colonias y unidades habitacionales.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA.

Fortalezas- Oportunidades- Debilidades- Amenazas (FODA)

En este apartado se describe el resultado del análisis FODA que nos permitió observar líneas de acción específicas para, por un lado, potencializar las fortalezas y las oportunidades en el área de estudio y, por otro, trabajar en las debilidades e intentar minimizar las amenazas (ver cuadro 1).

Cuadro 1. FODA de acuerdo al modelo del relleno Sanitario Chiltepeque

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cada vez más personas separan y llevan a acopios sus residuos. 2. Los actores desean participar separando residuos. 3. La iniciativa privada participa con centros de acopio y puede coadyuvar a la inclusión de los recolectores informales (diferentes empresas refresqueras). 4. Existen los elementos necesarios para continuar el aprovechamiento sustentable de los residuos. 5. El gobierno pretende modernizar el sistema de recolección. 6. Hay intenciones del gobierno para instalar gps en las unidades de recolección 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La generación es mal manejada. 2. La recolección depende de los recursos económicos y administrativos de los municipios. 3. El acopio de residuos es incipiente. 4. El aprovechamiento de los residuos está por debajo de las tasas esperadas. 5. Actualmente el sistema no se ha modernizado en su totalidad y no aprovecha los residuos de manera óptima. 6. Actualmente no hay suficiente eficiencia en el sistema de recolección. 7. Monitoreo y supervisiones inconsistentes
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Creación de empleos con la implementación de la planta de biogás. 2. Intenciones de los gobiernos para llevar a cabo proyectos de este tipo. 3. Aprovechamiento de energía. 4. Crear consciencia en la sociedad. 5. Cambio de metabolismo urbano (lineal a circular). 6. Con información y facilidades las personas pueden pensar en que compran y en como lo desechan cuando no sea útil. 7. Mejorar y ampliar el servicio de recolección diferenciada. 8. Incluir de manera positiva a los recolectores informales como agentes ambientales. 9. Mejorar el aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos y los mercados de 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rechazo social si la planta de biogás no se implementa de manera correcta y no se toma en cuenta la inclusión social. 2. Complejidad en términos de gestión. 3. que la sociedad no acepte el proyecto. 4. Las personas pueden continuar arrojando los residuos a áreas no apropiadas. 5. Seguir en un metabolismo lineal (consumo-desecho). 6. Sociedad ignorante en el tema de reciclaje, consumismo y separación de residuos. 7. Las personas que se dedican a la recolección informal pueden incrementarse. 8. La no existencia de centros de acopio incrementa la pepena y la mala

<p>carbono.</p> <p>10. Crear conciencia ambiental en la población.</p> <p>11. Reducción de agentes contaminantes mediante la planta de biogás.</p> <p>12. Aprovechamiento del sitio para crear un proyecto amigable con el medioambiente y la sociedad</p>	<p>disposición.</p> <p>9. Continuar desperdiciando recursos.</p> <p>10. La permanencia de los tiraderos de basura que afectan a la población.</p> <p>11. Riesgos en la salud.</p> <p>12. Alteraciones al medio ambiente.</p> <p>13. Erosión del suelo.</p> <p>14. Contaminación mantos acuíferos.</p> <p>15. Término de la vida útil del relleno sanitario Chiltepeque</p>
--	--

Líneas de acción del Plan Municipal de Desarrollo de Puebla (2014-2018) que sirven para el proyecto:

- Adquirir nueva maquinaria de barrido.
- Implementar tecnologías de control y seguimiento en las unidades recolectoras y de supervisión.
- Establecer mecanismos ágiles de atención específica a empresas, instituciones, centros comerciales y ciudadanía en general.
- Implementar campañas de clasificación de residuos reciclables y de tratamiento especial.
- Extender la cobertura de los servicios de limpia existentes en el municipio.
- Ampliar el mobiliario urbano destinado al manejo de residuos sólidos (botes papeleros y contenedores soterrados).
- Diseñar proyectos para generación de energía a través del manejo de los residuos sólidos.
- Diseñar proyecto de ampliación y gestión del Relleno Sanitario de “Chiltepeque”.
- Impulsar con la ciudadanía una cultura de reducción, reúso y reciclaje.
- Celebrar talleres de hábitos sustentables para la correcta gestión y disposición final de residuos en colaboración con la ciudadanía.
- Emprender campañas de comunicación en medios masivos para difundir la correcta gestión y disposición final de residuos.
- Diseñar en corresponsabilidad con el Consejo Ciudadano de Ecología un sistema de apercibimiento ciudadano por incorrecto manejo de los residuos sólidos.
- Establecer un eficiente procedimiento para la recolección diferida de residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia con base en el Programa Municipal de Desarrollo de Puebla (2014-2018).

Zonificación del relleno sanitario el Chiltepeque

Polígono del relleno sanitario el Chiltepeque



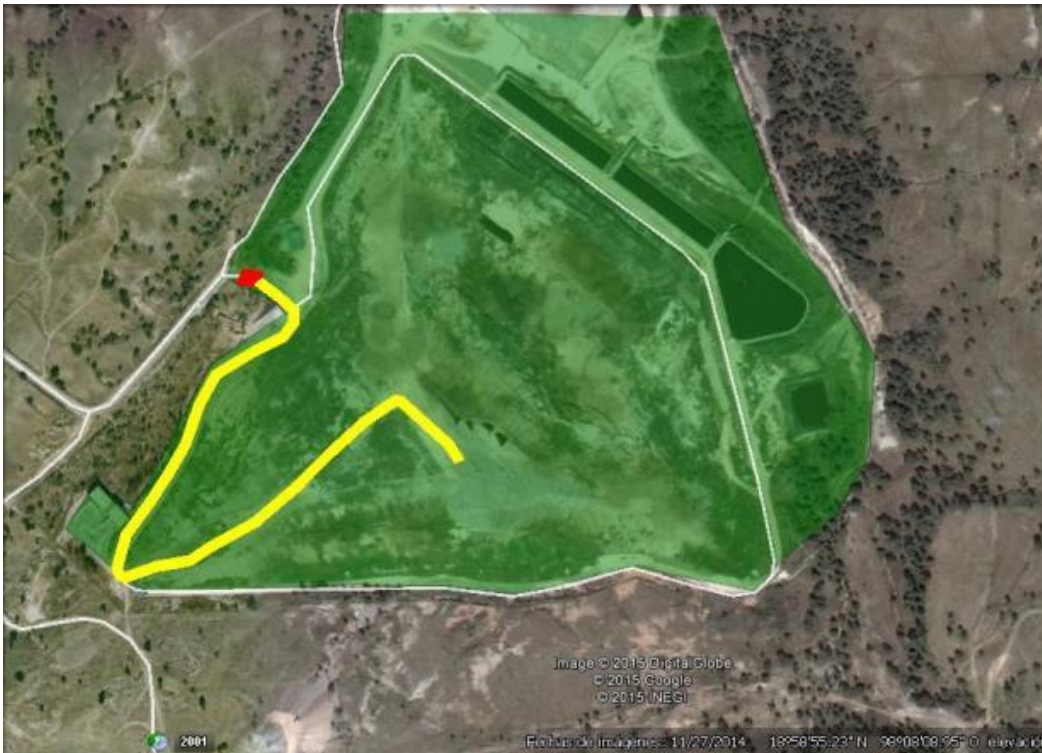
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA y visita de campo.

Acceso principal al relleno sanitario Chiltepeque



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA y visita de campo.

Ruteo dentro del relleno sanitario Chiltepeque Ruta 1



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA y visita de campo.

Ruta 2



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa RESA y visita de campo.

Cuantificación de áreas

Actualmente el Relleno Sanitario Chiltepeque cuenta con unas 65 hectáreas incluyendo la segunda etapa del relleno sanitario. La propuesta de la planta de biogás sería de aproximadamente 30 hectáreas, así en conjunto con el relleno sanitario podría llegar a una extensión total aproximada de 95 hectáreas, lo cual sería ideal para una propuesta integral de planta de biogás junto con la adecuación para un parque ecológico.

¿Qué aporta el ruteo a la propuesta?

El ruteo actual nos muestra que la mancha urbana de la ciudad de Puebla cuenta con una cobertura total por parte de los camiones de basura que alimentan de residuos al relleno sanitario. Adicionalmente el ruteo dentro del relleno sanitario nos muestra dos rutas diferentes, una de ellas pasa por el módulo de separación de residuos, la cual podría ser reubicada para una mejor logística.

¿Qué va a pasar con el relleno sanitario cuando deje de funcionar o cuando llegue a su tiempo límite de vida útil, visión presente futuro y casos similares?

Los rellenos sanitarios tienen una vida útil limitada. Son el destino final en muchísimas ciudades alrededor del mundo para los millones de toneladas de residuos que producen. Generalmente, se ubican en un terreno donde se cavan grandes fosas, las cuales se impermeabilizan, se llenan de basura y después se cubren con tierra. Además, poseen un

sistema de captación de los líquidos y gases que se producen por la descomposición de los residuos orgánicos.

Cuando sobrepasan su vida útil, los rellenos sanitarios se someten a un proceso de cierre, clausura y pos clausura. En algunas ciudades se convierten en parques impresionantes. El tratamiento de la basura ha mejorado cada vez más, con la proliferación de los rellenos sanitarios, por ejemplo, donde se gestionan los desechos de manera más adecuada para el medioambiente. En ese proceso, algunos países han clausurado sus vertederos de la mejor manera que se puede hacer, transformando esos espacios en joyas urbanas. Con ingenio arquitectónico y un proceso de sellado de los vertederos (para que la basura no produzca nada sobre la superficie), ese lugar que todos evitaban, puede pasar a ser un polo de atracción para los ciudadanos (Araus, 2015).

Como ejemplo de este nuevo uso, en la actualidad existen varios rellenos sanitarios que han sido adecuados para beneficio de la ciudad en países como Estados Unidos, China, Israel, Reino Unido y Australia.

En Estados Unidos podemos ubicar ejemplos como Park Mount Trashmore en Virginia, Flushing Meadows en Long Island, Fresh Kills en Nueva York y la Reserva Natural Tiffit Buffalo. El primero, también llamado Monte Trashmore (en vez del Monte Rashmore con el *trash* por ser "basura" en inglés) pasó de ser un devastador campo de basura a convertirse en el parque más frecuentado de Virginia, pues atrae a más de un millón de visitantes al año. En sus más de 165 hectáreas, alberga dos lagos, dos parques infantiles y una pista de patinaje de fama mundial, asimismo otras áreas incluyen sectores de picnic y multicanchas.

En el caso del Flushing Meadows, éste es un famoso parque de más de 360 hectáreas. Fue creado como lugar para la Feria Mundial de Nueva York (1939-1940) y también fue sede de esta feria en 1964-1965. Lo que pocos saben es que lo que hoy representa un polo cultural y deportivo potente, antes fue un sucio vertedero. Además de ser reconocido por las ferias y ofrecer múltiples actividades de recreación (incluidos los pases a remo), este parque recibe año con año el US Open de tenis, alberga el Salón de la Ciencia de Nueva York, el Teatro de Queens, el Museo de Arte y el Pabellón del Estado de Nueva York.

La ciudad de Nueva York convirtió el enterramiento sanitario más grande del mundo en un parque denominado Fresh Kills. Durante 50 años, las 890 hectáreas del vertedero de Fresh Kills, ubicado frente a Manhattan en Staten Island, recibió los residuos de cinco ciudades. En 2001 la ciudad lo clausuró y en 2006 comenzó a convertirlo en un parque, el cual fue abierto al público en 2015. Sin embargo, los trabajos concernientes a la posclausura se mantuvieron por 30 años. Hoy ya se pueden apreciar los avances de la recuperación ambiental con una flora variada y el lugar volvió a poblarse de especies animales.

A unos cinco kilómetros del centro de la ciudad de Buffalo se encuentra la Reserva Natural Tifft, que en sus 100 hectáreas posee una gran biodiversidad con bosques, estanques y pantanos, a los que asisten cientos de especies animales. Pero debajo de esa riqueza ambiental hay cerca de 57 mil metros cúbicos de residuos municipales, ya que en las décadas de los cincuenta y sesenta fue el relleno sanitario de la ciudad.

Del otro lado del mundo, en Hong Kong se convirtió un relleno sanitario en un impresionante parque recreativo. El centro recreativo Sai Tso Wan se erige sobre las tres hectáreas que ocupó un relleno sanitario que entre 1978 y 1980 recibió 1,6 millones de

toneladas de basura, unos 60 metros de altura alcanzó la montaña de basura en este vertedero. El parque se construyó en 2004 y cuenta con canchas de fútbol y béisbol, vestuarios, senderos y juegos infantiles. Se inauguró como el primer centro recreativo de Hong Kong construido sobre un basural, lo que marcó un hito en el movimiento medioambiental del país. Además de ser recreativo es fuertemente ecológico, ya que incluye turbinas eólicas, paneles solares y alfombras de goma reciclada en la zona de juegos.

Con la misma intención ambiental observada en Estados Unidos y China, en Tel-Aviv, Israel, se construye el Parque Hiriya. Luego de alcanzar su límite de 25 millones de toneladas de basura, esta montaña de basura es hoy el centro principal del Parque Ariel Sharon, un enorme parque abierto que aún sigue en construcción (finalizará en 2020). El arquitecto paisajista y urbanista Peter Latz concibió un plan para proteger la vegetación de los contaminantes bajo tierra, creando una capa de bioplástico que impide que el metano que produce la basura llegue a la superficie. En la actualidad el parque ofrece atractivos senderos para recorrer y andar en bicicleta, estanques de agua, un pequeño zoológico y áreas de picnic, además un centro de reciclaje abiertos para visitantes.

Otro ejemplo se da en Reino Unido, donde se encuentra el Port Sunlight River Park. Este espacio cambió su giro luego de 15 años como lugar desechado y lleno de desechos. Se ubica junto al río Mersey y fue rehabilitado para la ciudad, transformándose en un parque de 28 hectáreas con más de 12.000 árboles. Hoy ofrece vista al horizonte con Liverpool como telón de fondo, acceso público a las aguas del río, además de un prado abundante en pastizales, humedales y fauna.

Finalmente, al sur de Australia, Adelaida, existía un gran vertedero, que luego de ser clausurado fue sanitizado y reabierto en 1997 como un parque con fines recreativos, bajo la denominación de Chambers Gully. Hoy es parte del Parque de Conservación Cleland que atrae gran diversidad de vida silvestre y es popular entre los aventureros del ciclismo, la excursión, el trote y la escalada, quienes pueden encontrarse en medio del camino con ranas, koalas, cacatúas, para partir (Araus, 2015).

Como podemos observar, actualmente existen varios casos similares al relleno sanitario el Chiltepeque e incluso de mayor magnitud territorial y de mayor complejidad como lo serían el impacto social, económico y ambiental. Como se ha expuesto, en todos estos casos se ha tomado un lugar que era una problemática ambiental y social para transformarlo en una virtud ambiental y social. En resumen, podría concluirse que el Relleno Sanitario Chiltepeque, después de llegar a su vida útil, ya sea con una planta de biogás o incluso sin ella, podría transformarse en un parque ecológico con grandes beneficios para la población, pero también como una medida de prevención para el futuro crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Puebla, creando así una verdadera planificación territorial.

En cuanto a la proyección de acciones que se le podría dar en un plazo corto-medio (10 años) se tendría que tomar en cuenta la implementación de la planta de biogás, para un plazo mayor (10-20 años) se tendrá que tomar en cuenta la adecuación del relleno sanitario para transformarlo en un parque ecológico. De esta forma se podría contar con un espacio de aprovechamiento verde para la ciudad de Puebla, el cual debido a su rápido crecimiento será necesario en un futuro cercano.

Como abordar el que Puebla esté lista para una planta de biogás

Como podemos observar la ciudad de Puebla se encuentra en una fase ideal para llevar a cabo una propuesta de este tipo ya que las condiciones actuales hacen que esta sea una propuesta pertinente debido a su crecimiento acelerado y su falta de aprovechamiento de áreas verdes, por otra parte, esta propuesta estaría creando una energía limpia que podría ser viable para abastecer una parte de la población de electricidad como ya ha ocurrido en casos similares en diferentes partes del mundo.

Ubicación del polígono de propuesta para planta de biogás y reubicación de módulo de separación

En la siguiente imagen se muestra cómo de acuerdo a la topografía de la zona, el polígono más viable para la instalación de la planta de biogás y la reubicación del módulo de separación de RSU requiere de un espacio aproximado de 30 hectáreas.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Asimismo se consideran como entrada al polígono, las veredas ya establecidas por la simplicidad y practicidad en cuanto al ruteo propuesto.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Además se consideró reubicar el modulo de separacion de RSU que se encuentra en el relleno sanitario para establecer una logística mas simple y de mejor funcionamiento para la propuesta de la planta de biogas. De esta forma se evita realizar un mayor recorrido y al mismo tiempo se economiza tiempo y energía.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Ruta de entrada para el primer paso (separación de RSU)

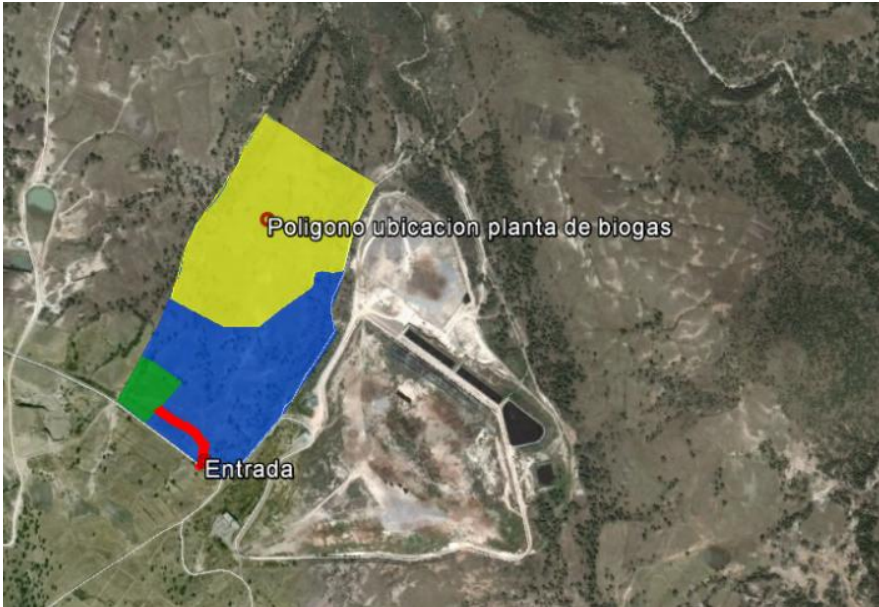
La ruta propuesta de la entrada del polígono total a la zona de reubicación del módulo de separación se eligió por la cercanía y las veredas existentes.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Ubicación física de la planta de biogas

La ubicación específica de la planta de biogás se eligió en este polígono de acuerdo a la simplicidad topográfica y su cercanía con la etapa 2 del relleno sanitario.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Ruta de separación- planta de biogás

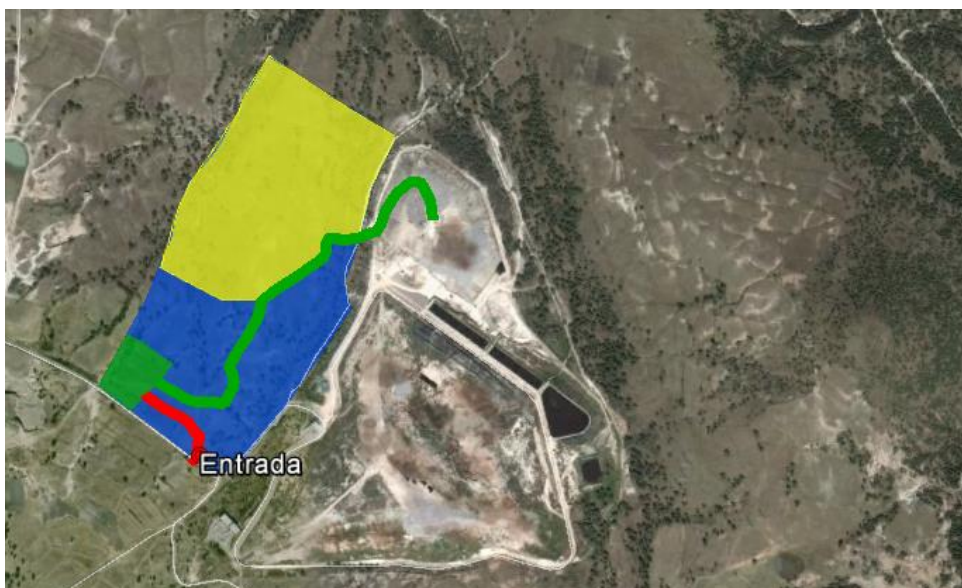
La siguiente imagen muestra la ruta trazada del módulo de separación hacia la planta de biogás, llevando los residuos viables previamente seleccionados en el módulo de separación para su aprovechamiento a la planta de biogás.



Fuente: elaboración propia y visita de campo.

Ruta de separación- relleno sanitario etapa 2

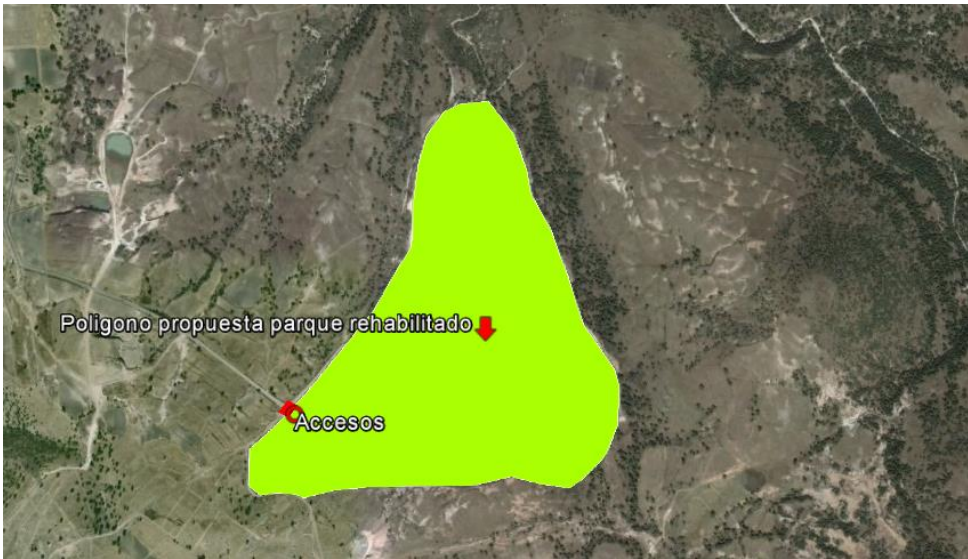
La ruta que se muestra en la siguiente imagen define el recorrido que se utilizaría para llevar los residuos a la etapa 2 del relleno sanitario, los cuales habrían sido calificados como no aptos para su aprovechamiento en el módulo de separación.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Polígono propuesta para la planta de biogás

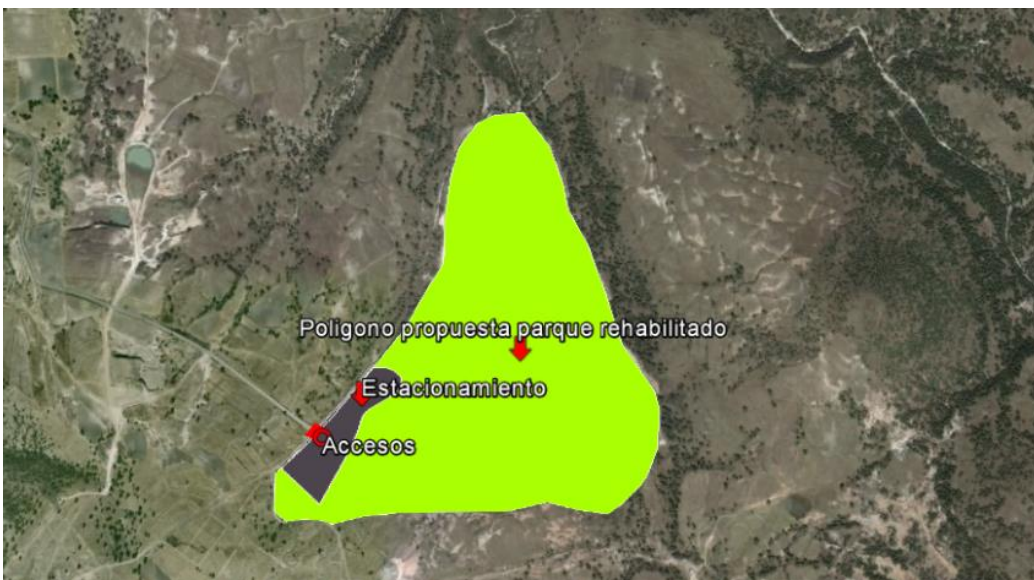
En la siguiente imagen se muestra el acceso y el polígono propuesto para la rehabilitación del relleno sanitario y la creación de un parque ecológico.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Estacionamiento en la propuesta de rehabilitación y parque ecológico

En la siguiente imagen se observa la ubicación específica de lo que sería el estacionamiento. Se seleccionó este espacio por la cercanía a la ruta que lleva al actual relleno sanitario.



Fuente: elaboración propia y visita de campo.

Área de reforestación

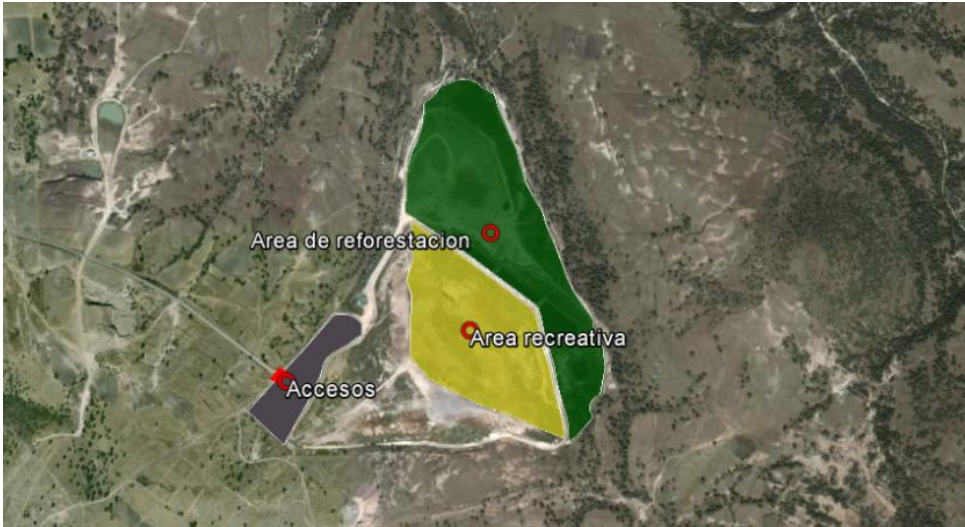
Dentro del polígono propuesto para el parque ecológico se contempla un área de reforestación para así contrarrestar algunos daños causados por el tiempo de exposición que tuvo el relleno sanitario, así como forma de mitigación ante el rápido crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Puebla y la deforestación de gran parte del Parque Nacional La Malintzi.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Área recreativa

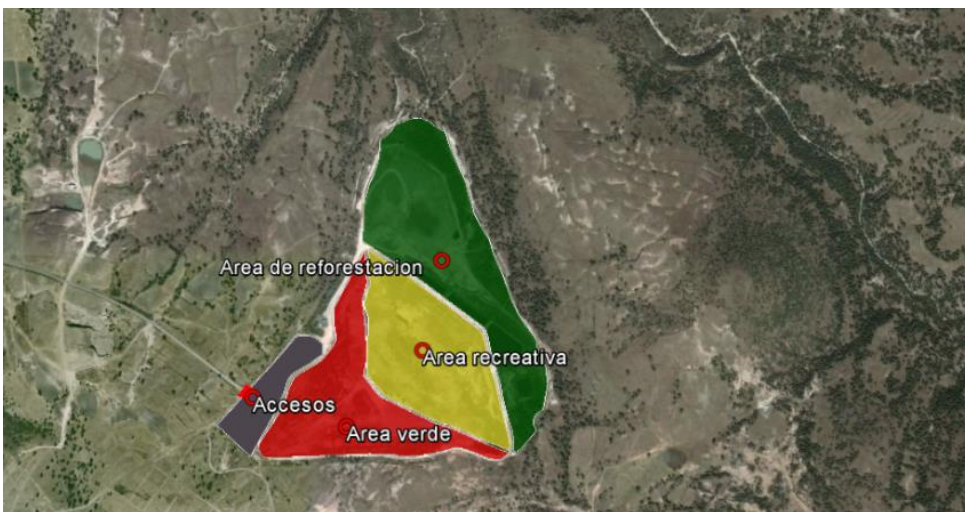
Como parte de la presente propuesta, se ha considerado la construcción de un área recreativa que incluya canchas de fútbol, básquetbol y gimnasio al aire libre, entre otros.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Área verde

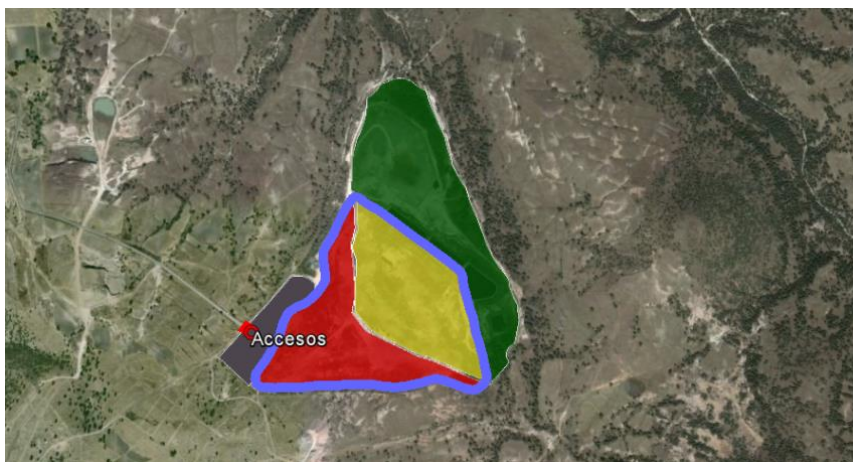
El polígono propuesto para área verde servirá para reactivar el hábitat de diferentes espacios. En este aspecto se tiene proyectado la creación de cuerpos de agua para la proliferación de diferentes especies, tanto en esta área como en la de reforestación.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Ruta 1 pista de trote

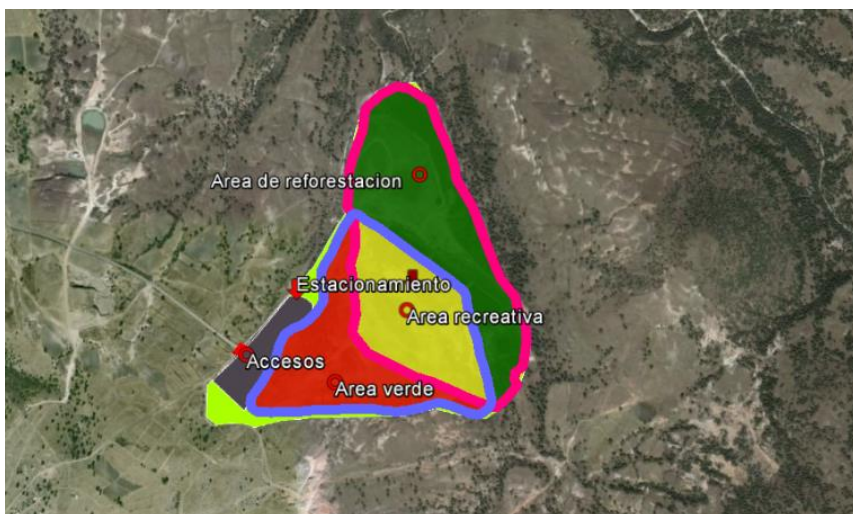
En la siguiente imagen se representa la ruta número 1, la cual pasaría entre el área de reforestación y el área recreativa, bordeando el área verde.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Ruta 2

En la siguiente imagen se representa la ruta de trote 2, la cual bordearía el área verde y pasaría entre el área recreativa y el área verde.

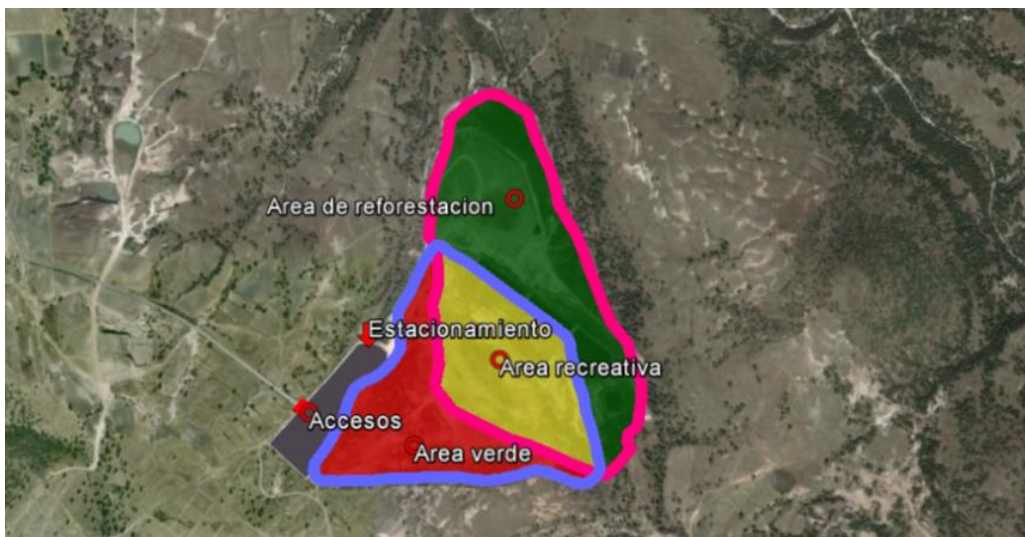


Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Como podemos observar, en ningún momento las pistas de trote invaden el área verde ni el área de reforestación. Esto permite un aprovechamiento digno de las áreas, donde pueden interactuar tanto visitantes como especies animales y vegetales, al mismo tiempo que se promueve la proliferación de éstos últimos en los polígonos propuestos.

Imagen de conjunto

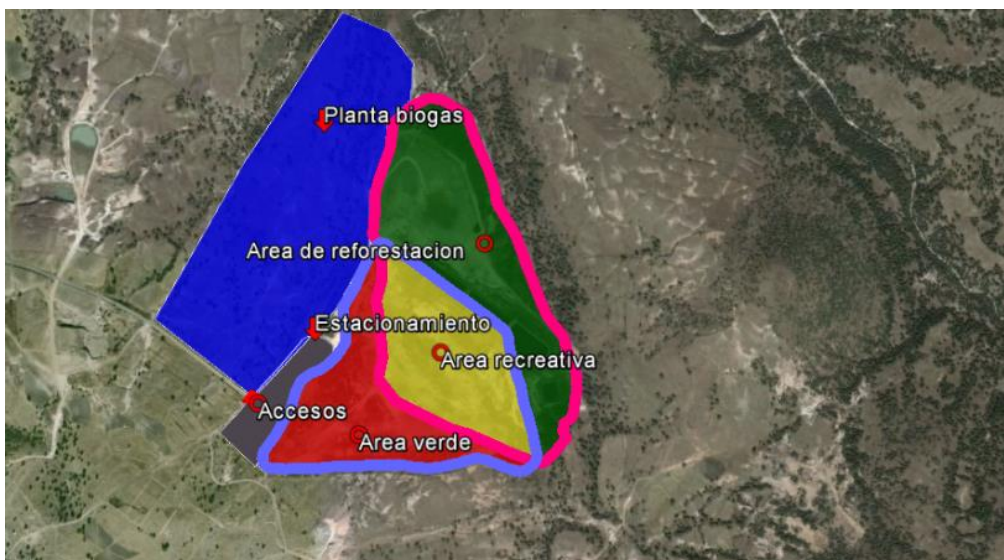
En la imagen que se presenta a continuación, se puede la propuesta para el polígono específico del parque ecológico. La distribución demuestra una correcta armonización de espacio, generando un lugar de recreación, reforestación y conservación de áreas verdes con la intención de restaurar el daño provocado por diferentes factores. Con esta propuesta se beneficia la sociedad y el medio ambiente, y se crea un lugar pacífico que puede servir para escapar de la ciudad para hacer ejercicio y actividades recreativas.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Con esta propuesta, una situación que hasta el día de hoy se ve como una problemática, se podría caracterizar como un metabolismo urbano lineal, es decir, se estaría transformando en una virtud social, ecológica e incluso económica, ya que esta área pasaría de ser un lugar evitado por la mayoría de los pobladores a un lugar digno de visitar. Este cambio, además, le daría oportunidad a los poblados cercanos de instalar pequeños comercios, los cuales darían abasto a la amplia demanda de los deportistas. Por tanto, también se transformaría en un metabolismo urbano circular, ya que se estarían aprovechando tres diferentes aspectos.

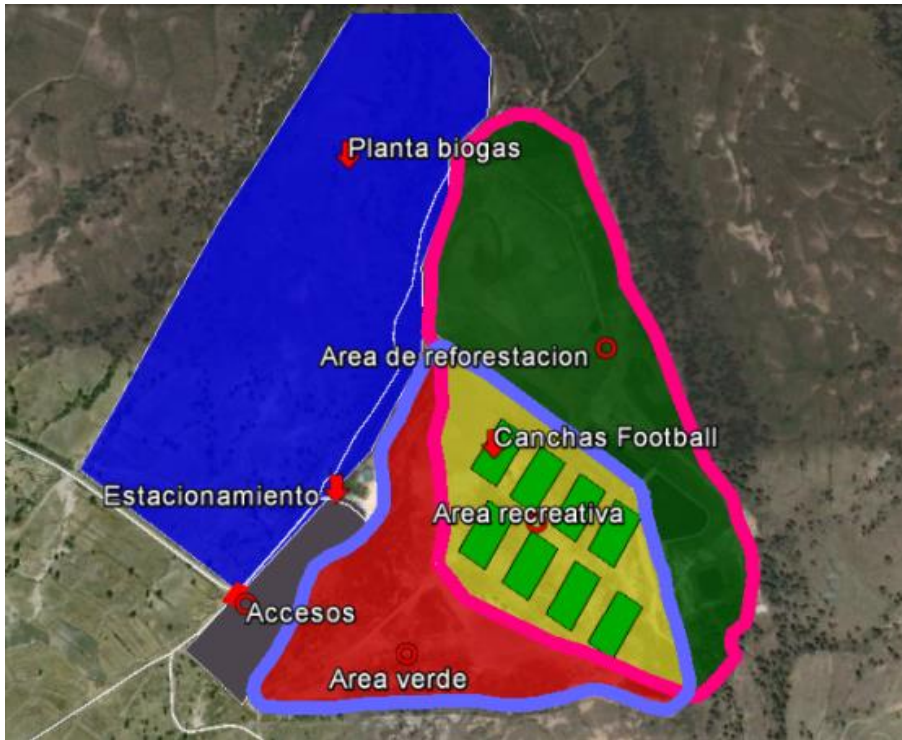
Plano de conjunto



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Plano con detalle de canchas de Football y diferentes áreas

Las siguientes imágenes muestran la propuesta general en la cual se incluyen ocho canchas de Football Soccer, diferentes rutas de trote y áreas diversas.



Fuente: Elaboración propia y visita de campo.

Conclusiones

A lo largo de esta tesis se ha expuesto y discutido la necesidad de darle un destino diferente a los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos que se producen en todas las localidades y actividades humanas del mundo y del país, en particular aquellos que se producen y se recolectan en la ciudad de Puebla, y cuyo destino final es el Relleno Sanitario Chiltepeque. En nuestro estudio también se plantea la necesidad impostergable de producir energías y recursos alternativos a través de los sistemas de reciclaje, así como como contribuir al medio ambiente a través del cambio uso del relleno sanitario, de depósito de basura a un espacio que promueva la ecología y las actividades recreativas entre la población de los alrededores.

Debemos mencionar que reciclar no es una solución ideal a nivel ecológico, pero como se ha comentado antes, para poder transformar los residuos en materia prima, se requiere, en la mayoría de los casos, mucha energía. Ante todo, el reciclaje es un método, cuyo propósito es el de remediar los síntomas, más que resolver las causas del sobre consumo humano. Se trata de un elemento indisoluble del consumismo que toma en consideración el exceso de residuos, su variedad y el agotamiento de los recursos utilizados en la producción y en la distribución de estos bienes de consumo.

El reciclaje es una cuestión individual (selección de basura), que forma parte de un problema general social (su tratamiento): a nivel particular solamente se puede reciclar una

parte mínima de la basura, para, por ejemplo, generar composta o practicar el reciclaje creativo en casa. Sin embargo, el reciclaje de la mayoría de materiales actuales requiere un tratamiento complejo, que solamente resulta viable a nivel industrial. Pero, como afirma Freud, un evento cualquiera considerado de manera individual no causa ningún impacto relevante, pero este mismo evento (reciclaje de la basura), considerado en forma acumulativa, no sólo representa una cantidad de ingresos económicos para el Estado y la población, sino también una mejora en los diferentes factores sociales, ambientales y políticos.

En consecuencia, para realizar cambios necesarios para el aprovechamiento energético es esencial tener un gobierno urbano fuerte para avanzar en este aspecto, pero en general se carece de este tipo de visión. El solapamiento de jurisdicciones respecto al agua, el aire, las carreteras, las viviendas y el desarrollo industrial es un impedimento para el manejo eficaz de los recursos ambientales vitales. La ausencia de sistemas eficientes de información geográfica significa que muchos funcionarios públicos trabajan a ciegas. Aunado a la inexistencia de estadísticas acerca de indicadores urbanos que favorezcan la toma de decisiones ecológicas.

En cuanto investigación, se hacen evidentes los insuficientes estudios sobre el impacto ambiental de las áreas urbanas en razón de la ausencia de datos y financiamiento. La mayor parte de la información que existe es a nivel nacional, pero ésta es poco detallada para mejorar las condiciones ambientales de las áreas urbanas, por lo que se requiere hacer investigación y obtener datos a nivel local que proporcionen a los gobiernos locales la información que necesitan para tomar decisiones.

La excesiva generación de residuos sólidos en la ciudad de Puebla alcanza de mil 300 a mil 650 toneladas diarias, lo que significa en promedio un kilo diario por habitantes, que se distribuyen en 60% residuos orgánicos y 40%, y de estas cifras sólo 3% se recicla. Ello hace necesario que se considere cercano el límite de su capacidad del actual Relleno Sanitario Chiltepeque, por lo que se debe realizar un manejo más eficiente de los residuos sólidos, para ello se considera prioritaria la incorporación de tecnologías alternativas para su recolección, manejo, reciclaje y disposición final.

Respecto a la disposición final, en este trabajo se considera dos aspectos. El primero se relaciona con la viabilidad de la instalación de una planta de biogás en el Relleno Sanitario Chiltepeque, ya es que no solo es viable, sino también necesaria para contribuir a un cambio de metabolismo urbano lineal a metabolismo urbano circular. Después de consultar las normativas y leyes de los diferentes niveles de gobierno se pudo concluir que no existen impedimentos para la instalación de esta planta de biogás. En lo referente al aspecto social y después de una serie de entrevistas con los pobladores y trabajadores de la zona, se constató que con esta planta de biogás no sólo se van a generar ingresos y a crear empleos, sino que también va a haber una aceptación social que beneficiara a las familias, proveyéndolas de un espacio más limpio y generando una cultura de reciclaje y separación de residuos que hasta ahora es inexistente.

En un segundo momento, se propone la rehabilitación del relleno sanitario, convirtiéndolo en parque ecológico al término de su vida útil. Este proyecto se considera viable no sólo de acuerdo a las normativas y leyes existentes en los diferentes niveles de gobierno, sino porque su rehabilitación tendrá la finalidad de revertir el daño causado por los lixiviados y

disminuir la huella ecológica causada por tantos años de contaminación. En el ámbito social, todas las comunidades cercanas se verían beneficiadas, ya que se favorecería un ambiente incluyente, generando empleos y espacios públicos destinados a la recreación y al cuidado del medio ambiente.

No obstante todos estos beneficios, a lo largo de la investigación se encontró un único impedimento, la renuencia de los actores políticos, que si bien a nivel federal, estatal y municipal se tienen buenas intenciones, en la mayoría de las ocasiones no llegan a acuerdos por las diferencias partidistas o ejes rectores que dictan las acciones de un gobierno y que muchas veces no coinciden entre estos tres niveles de gobierno.

Finalmente, a partir de los proyectos propuestos se podrá comenzar la transición del metabolismo lineal al metabolismo circular en la ciudad de Puebla, y aunque falten muchas acciones para llegar al metabolismo circular y el camino sea largo, esta tesis es una aportación para comenzar un cambio necesario e inminente ante el acelerado crecimiento de la ciudad de Puebla.

Recomendaciones

Con la intención de fundamentar algunas recomendaciones, producto de nuestro trabajo de investigación, recurrimos a diferentes autores quienes indican las ventajas y acciones pertinentes para que una ciudad cambie su metabolismo lineal por uno circular, ya que el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos con plantas de biogás para la generación de energías limpias no es suficiente para concretar esta metamorfosis que beneficiaría en gran medida a la ciudad de Puebla.

Siguiendo a Wolman (1965), el metabolismo urbano involucra un sinnúmero de operaciones de absorción y de secreción. En la absorción considera todas las materias y productos que la ciudad necesita para el sostén de sus moradores, siendo esenciales el agua, los alimentos y el combustible; en la secreción deben incluirse las aguas residuales, los desechos sólidos y elementos de contaminación del aire. MAB 11, en la década de 1970, aporta un método para estudiar los flujos urbanos de materia y energía (UNESCO, 1972). La noción de pueblo urbano de Friedman (1975) parte de una visión metabólica de los asentamientos humanos. En esta noción, el autor también considera los flujos poblacionales y de información (obtención de datos, generación de conocimiento) y las organizaciones humanas.

La crisis ambiental hace que desde finales de la década de 1980 se vuelva a poner especial atención a los estudios sobre el metabolismo urbano, tanto por los recursos demandados como por los residuos generados, destacando el concepto de huella ecológica (Rees, 1992, en Wackernagel y Rees, 1996).

Describir los flujos de agua, materiales y energía de una ciudad moderna es un problema que el mismo Wolman (1965), pionero en el estudio de este tema, ya reconocía como imposible por la cantidad de datos que deben recopilarse. Sin embargo, es necesario hacer estudios que permitan aproximarse a la dinámica económica-energética-ecológica que sostiene a los sistemas urbanos. Al respecto, en la década de 1970, las ideas de autonomía y autosuficiencia (no depender de los sistemas centralizados de redes de servicios) fueron valoradas por como Friedman, Seymour, Steadman y Vale, para replantear con un sentido más estratégico ante el encarecimiento del petróleo y sus derivados y las complicaciones económicas, sociales y políticas.

En este contexto, a continuación se presenta una síntesis de elementos y recomendaciones relacionadas con el metabolismo urbano. La idea central es producir un metabolismo circular, disminuyendo la demanda innecesaria de recursos y manejarlos de forma eficiente; también se busca reducir la generación de residuos, buscando aumentar el nivel de autosuficiencia del asentamiento en relación con su región y el territorio que ocupa:

a) agua:

- estudiar los flujos y la distribución de agua en las ciudades;
- almacenar agua de lluvia (techos, patios, crear instalaciones especiales);
- tratar aguas residuales (grises y negras);

- proteger las fuentes de agua (manantiales, ríos, lagunas y lagos, mares);
- reciclar el agua;
- fomentar el ahorro y el uso eficiente del agua (equipos);
- fijar cuotas para el manejo del agua;
- construir digestores (recuperación de los desechos de animales estabulados y aguas negras);
- usar tecnologías económicas para el tratamiento y el ahorro del agua;
- instalar sanitarios secos;

b) materiales:

- estudiar en lo posible el origen de los materiales que llegan a la ciudad;
- estudiar en lo posible los flujos y el consumo de los materiales;
- crear bases de datos sobre el impacto ambiental y energético de los materiales;
- usar materiales que se puedan reciclar;
- fomentar un menor gasto energético para la elaboración, fabricación, transportación, aplicación y mantenimiento de materiales;
- usar materiales y recursos locales/regionales;
- usar la tierra (arcilla-arena) del sitio para la construcción;
- desarrollar la silvicultura en la región (preferentemente en la periferia de las ciudades) para obtener recursos vegetales maderables y no maderables;
- proteger y manejar los ecosistemas de la región;
- desarrollar bosques perimetrales;
- disminuir entradas (demanda de recursos) al sistema urbano;

c) residuos:

- reciclar plásticos, papel y cartón;
- usar tecnología para mejorar la producción de materiales de bajo impacto ambiental y energético;
- crear normativas para fomentar el reciclaje y evitar el despilfarro;
- aplicar instrumentos legales y económicos para desincentivar el uso de materiales que contaminen y/o consuman mucha energía;
- estudiar la generación y disposición de los residuos;
- reciclar y reutilizar residuos inorgánicos;
- disminuir las emisiones a la atmósfera;
- disminuir la generación de residuos;

- clasificar los residuos;
- incentivar la disminución de la generación de residuos;
- fijar cuotas para el manejo de residuos;
- reciclar residuos industriales;
- reciclar y reutilizar los residuos de la construcción;
- manejar con especial atención los residuos metálicos y hospitalarios;
- reducir la expulsión de recursos de los asentamientos;
- usar tecnologías para el aprovechamiento del biogás generado por residuos

d) alimentos:

- estudiar en lo posible el origen de los alimentos;
- estudiar en lo posible la distribución y el consumo de alimentos;
- estudiar los flujos agrícolas;
- buscar la autosuficiencia alimentaria a nivel local/municipal/regional;
- disminuir la importación de alimentos de regiones lejanas;
- obtener compost a partir de los residuos orgánicos;
- construir invernaderos;
- crear huertos urbanos;
- fomentar viviendas y conjuntos habitacionales productores de alimentos;
- preservar tierras agrícolas;
- generar y restaurar suelos;
- desarrollar la horticultura y la acuicultura intensiva;
- desarrollar la agricultura orgánica urbana/periurbana y de bajo impacto para producir alimentos para el mercado local;
- reciclar residuos de la agricultura;
- reciclar nutrientes (incluyendo residuos orgánicos humanos);
- desarrollar acuicultura en tanques, estanques, ríos y costas;
- desarrollar la estabulación de especies menores y aves de corral;
- cultivar vegetales y otros alimentos en techos, lotes vacantes, canales, terrenos de instituciones públicas, a lo largo de caminos y en pequeñas granjas urbanas, usando aguas residuales y residuos orgánicos;
- retornar el desecho orgánico a la tierra;
- instalar granjas urbanas y manejar policultivos en la periferia de la ciudad;
- preservar tierras para la agricultura;
- utilizar abono animal;
- crear pastizales;

- integrar la producción, procesamiento, distribución, consumo y manejo de residuos del sistema alimentario local a la planificación;
- crear programas previsores de hambrunas;
- crear conciencia de la cuestión alimentaria, su importancia para la economía local;
- integrar la seguridad alimentaria dentro de las metas de la comunidad;
- multiplicar la biomasa y la biodiversidad;
- desarrollar una agricultura sustentada en la comunidad (grupos, asociaciones, cooperativas de productores y consumidores);

e) aspectos generales:

- estudiar el consumo local de combustibles y electricidad;
- estudiar los flujos de energía y funcionamiento del sistema;
- estudiar los flujos de energía, materiales, agua y residuos;
- estudiar el flujo del dinero;
- estudiar el aprovechamiento del biogás
- contar con marcos legales adecuados;
- considerar la informalidad y marginalidad de la población;
- fijar impuestos y definir marcos legales que favorezcan el metabolismo circular;
- definir marcos legales que permitan la agricultura y el reciclaje de residuos;
- coordinar la provisión de alimentos, agua y energía, la disposición de residuos y las medidas de control de la contaminación;
- desarrollar o adquirir tecnología adecuada y apropiable para el ahorro de agua y energía y el reciclaje de residuos;
- aplicar ecotecnias;
- desarrollar tecnología de información y comunicación para manejar el metabolismo (crear redes)

Aunado a lo anterior, además se debe identificar:

a) agua:

- si hay escasez de agua en la ciudad;
- si se promueve el ahorro de agua;
- si hay programas locales para captar el agua de lluvia;
- si hay programas locales para tratar las aguas negras;

b) materiales:

- si hay una ley o normativa local para aplicar criterios ecológicos en las edificaciones y la infraestructura (disminuir el uso de materiales durante su construcción y vida útil; instalar aparatos que ahorren el consumo de agua, etc.);
- si se incentiva el consumo de productos y materiales fabricados u obtenidos en la región;
- si hay programas locales de aprovechamiento de recursos vegetales maderables para promover el autoconsumo, crear empleos y/o abastecer el mercado local;
- si hay programas locales de aprovechamiento de recursos vegetales no maderables para promover el autoconsumo, crear empleos y/o abastecer el mercado local;

c) residuos:

- si hay problemas con la recolección de residuos;
- si hay problemas con la disposición de residuos;
- si hay proyectos para industrias de reciclaje y plantas de biogás
- si se clasifican los residuos (inorgánicos, orgánicos, tóxicos, etc.);
- si se promueve disminuir la generación de residuos inorgánicos (reciclaje, reutilización, disminución del consumo);
- si se promueve utilizar los residuos orgánicos para hacer compost;

d) alimentos:

- si hay programas locales de agricultura urbana o periurbana para promover el autoconsumo, crear empleos y/o abastecer el mercado local;
- si hay programas locales de acuicultura para promover el autoconsumo, crear empleos y/o abastecer el mercado local;
- si hay programas locales de avicultura y/o ganadería para promover el autoconsumo, crear empleos y/o abastecer el mercado local;

e) aspectos generales:

- si maneja el gobierno local indicadores sobre el metabolismo urbano.

Finalmente, con base en nuestros resultados de investigación, ofrecemos las siguientes recomendaciones para evitar problemáticas de este tipo:

- Buscar la eficiencia energética.
- Limitar el crecimiento urbano, diseñando ciudades compactas.
- Crear cinturones agrícolas y reservas forestales.
- Desarrollar un modo de producción de energía descentralizado y eficaz.
- Desarrollar pueblos perimetrales o centros secundarios conectados a la ciudad central mediante el transporte público.
- Integrar el urbanismo espacial y el climático.
- Potenciar el transporte público colectivo y peatonal.
- Reestructurar las actividades dentro de la ciudad en diferentes núcleos.
- Crear proyectos enfocados a mitigar la huella ecológica

Glosario

Accesibilidad. Posibilidad de conectar un lugar con otros. Suele referirse a un asentamiento, núcleo de población, a una ciudad, respecto a sus enlaces con otros espacios periféricos, o a una parte de aquella, para explicar el grado de acercamiento con otras. La accesibilidad es una cualidad espacial de la que dependen la circulación, e intercambio de bienes y personas.

Agente Urbano. Persona física o jurídica que, directa o indirectamente y de forma decisiva, participa en la configuración de la ciudad. Los agentes urbanos forman un bloque heterogéneo y socialmente significativo, lo que les facilita llevar a cabo sus planes.

Aglomeración Urbana. Forma de ocupación del suelo en la que una ciudad principal, afectada por un rápido crecimiento, genera la aparición en su entorno de una corona metropolitana o coronas de núcleos de poblaciones funcionalmente dependientes, pero sin ningún alcance jurídico o administrativo.

Área de Influencia. Espacio que rodea a un núcleo urbano y recurre a él para la adquisición de bienes y servicios o la satisfacción de alguna necesidad. Las áreas de influencia se establecen partiendo de la presencia de un conjunto de lugares centrales en el territorio.

Área Metropolitana. Gran aglomeración urbana institucionalizada y regulada jurídicamente en su definición y límites. En América Latina se entiende

como la formación del área que resulta del crecimiento de la ciudad central hasta sus límites físico-espaciales.

Asentamiento. Adecuación de un espacio para utilización humana con carácter temporal o permanente y funcionalidad residencial o transformadora.

Calidad Ambiental Urbana. Valoración atribuida a los distintos componentes del medio y a su reunión en el interior de los núcleos de población. Mediante la utilización de un conjunto de parámetros de amplio espectro (contaminación, proporción de zonas verdes, equipamientos, densidad, higiene, imagen urbana, etc.) se puede determinar el distinto grado de calidad medioambiental.

Ciudad. Núcleo de población de ciertas dimensiones y funciones especializadas en un territorio amplio. La ciudad desde el punto de vista histórico surge en el 3500 a.C. en la etapa superior del Neolítico como resultado de la Revolución Agrícola que introdujo el paso del nomadismo al sedentarismo y el tránsito de la división natural del trabajo a la división social del trabajo. La ciudad desde el punto de vista económico es un sistema de mercados. La ciudad es un patrón de asentamiento concentrado y que genera un conjunto de ventajas aglomerarías.

Ciudad Sostenible. Núcleo urbano en el que la utilización de los recursos bióticos y abióticos se produce de manera congruente con el objetivo de poder transmitir a las generaciones futuras similares o mejores disponibilidades de los mismos o de otros alternativos necesarios para funciones semejantes.

Conectividad. Cualidad de un lugar o un territorio para ser accesible y relacionarse con otros a través de los diversos medios de transporte. La más fácil o mayor conectividad se considera un factor favorable al crecimiento de las actividades económicas y al desarrollo, por cuanto supone la facilidad de intercambio y de localización de empresas.

Conurbación. Unión de varios asentamientos urbanos cuyas periferias respectivas se han fusionado, al crecer paralelamente, dando lugar a un área urbanizada continua. El factor de unión suele ser un eje de tráfico que une dos ciudades próximas, formando un asentamiento compuesto de forma lineal.

Crecimiento urbano. Progresión en el tiempo y en el espacio geográfico del hecho urbano. La expansión de lo urbano puede ser analizada desde la ciudad individualmente considerada o a partir del crecimiento rápido de la urbanización por todo el planeta. La expansión física de la ciudad puede darse a través de los siguientes tipos: por adición de nuevas superficies a la ocupación por el núcleo urbano central, por absorción de los núcleos rurales periféricos y por la fusión con los núcleos urbanos vecinos provocando la conurbación.

Delimitación del suelo urbano. Es la operación de deslinde formal del suelo urbano según la legislación urbanística para aplicarse a diferentes usos.

Densidad. Relación en el análisis espacial y territorial, entre la variante superficie y otras. Casi siempre se habla de densidad de población, número de habitantes censados por kilómetro cuadrado, país, región o municipio. También se

puede precisar más y recurrir al cálculo de densidades por distritos urbanos o barrios, donde es frecuente emplear la relación habitante por hectáreas e incluso por habitación o vivienda.

Desarrollo urbano. Relación existente entre el progreso de las ciudades y la urbanización como efecto lógico del desarrollo económico o del desarrollo en términos generales.

Ecología Urbana. Vertiente de la ecología humana que pretende analizar las características y problemas de la ciudad como ecosistema, especialmente el caso de las ciudades de gran tamaño y con gran incidencia de los factores que inducen a una pérdida de la calidad de vida en su interior. Su gran objetivo es evaluar los comportamientos humanos que inducen a un desarrollo urbano más o menos vinculado al medio natural y a los elementos que la componen. Igualmente pretende observar las causas directas de la degradación ambiental a partir de los aspectos sociales y económicos que constituyen la raíz de un fenómeno muchas veces negativo. Su importancia se integra en la creencia de que el problema ambiental de las ciudades constituye el indicio de una crisis profunda del modelo de existencia de las ciudades propio de criterios desarrollistas, satisfacción de demandas exageradas de suelo urbano para diversos usos y, sobre todo, la falta de integración y planificación motivada por una calidad de vida centrada de los parámetros económicos.

Equipamiento Urbano. Espacios urbanizados y, en muchos casos, edificados, destinados al uso público, entendido desde múltiples criterios e intereses. En la cultura

del ocio y de la calidad de vida actual, los equipamientos y las dotaciones públicas constituyen un elemento importante en la configuración del espacio urbano y metropolitano, tanto como los usos residenciales y las actividades económicas. En una ciudad el concepto de equipamiento surge en un momento posterior a la estabilización de la acelerada expansión urbana. Una vez que se resuelve el problema prioritario, la vivienda, la ciudad demanda equipamientos urbanos, muchos de los cuales son instalados en los suelos baratos de la periferia. La cuantificación y comparación territorializada de la distribución de los equipamientos en el territorio, para la oferta, demanda y las diferentes prestaciones, obliga a definir no sólo bases espaciales de referencia, sino un conjunto de criterios normativos y de diversa índole que permiten la asignación nacional de los equipamientos dentro del territorio de la ciudad.

Estructura Urbana. Diferentes elementos, formales y funcionales, entendidos sincrónicamente y considerados primordiales en la conformación de una ciudad y su inmediata periferia, partiendo del principio de que dichos componentes se encuentran interrelacionados y forman parte de un todo. La aproximación estructural considera al núcleo urbano como un ente articulado y organizado en el que la estructura urbana implica necesariamente la consideración de diferentes áreas urbanas, el centro, las periferias y otros espacios urbanos caracterizados. El estudio de la estructura urbana también se ocupa de analizar los distintos barrios que se individualizan, la existencia de sectores residenciales sobre densificados u otros en proceso de abandono,

y de la localización de la industria o los servicios en el plano. A este respecto, diversos autores se refieren a la estructura morfológica o funcional de las ciudades. Por otra parte, forman sustancialmente la estructura urbana los elementos que dan cohesión al espacio urbano, tales como el viario principal, las infraestructuras urbanas, la distribución de equipamientos y zonas verdes denominados sistemas generales.

Gestión Urbana. Constituye la última fase de los procesos de planificación urbana definidos a partir de la legislación de esta naturaleza, pues se inicia una vez elaborado y/o aprobado definitivamente el instrumento de planeamiento, aunque el hecho es bastante frecuente que coincidan en el tiempo la redacción del plan y la gestión. Se trata de una competencia de las administraciones públicas, siendo posible la participación de agentes urbanos privados en áreas previamente delimitadas, tales como: gestión de los recursos para elaborar el Plan de Desarrollo en cualquier dimensión, gestión de los servicios públicos y la capacitación del personal de la administración pública, obra pública, etc. De manera general debe considerarse que la gestión urbana debe preservar el interés público frente al privado.

Infraestructuras Urbanas. Conjunto de espacios, edificaciones y conducciones existentes en los núcleos urbanos destinados a abastecer, eliminar residuos y comunicar o relacionar las distintas partes de la ciudad entre sí y a éstas con el conjunto del territorio en que se localiza. En el sentido más amplio forman parte de este concepto, no sólo hechos de localización subterránea (infra) como las

condiciones de gas, agua potable o alcantarillado, sino también las superficiales como la mayor parte de las carreteras y vías férreas, o las instalaciones portuarias y aeroportuarias, tendidos aéreos, así como los de distribución de energía eléctrica, telefónica o televisión por cable. En sentido estricto son consideradas a veces infraestructuras urbanas aquellas que se tienden como mínimas para urbanizar un determinado suelo.

Legislación Urbana. Conjunto de normas, federales, estatales y municipales que regulan el proceso de urbanización y la ordenación del territorio que emanan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y legislación urbanas propiamente dicha como la Ley Generales de Asentamientos Humanos.

Localización. Lugar que ocupa un hecho o un objeto determinado. El significado de este vocablo se suele dividir en dos enunciados complementarios: localización en el sentido de posición exacta de cualquier elemento expresado en coordenadas o georreferenciado y localización como acto de localizar, de llevar a un área o a un punto una actividad, un conjunto de personas, una infraestructura. En cualquier caso, este término está en estrecha relación con los de situación y emplazamiento. Toda localización es al mismo tiempo singular, única e irreplicable, y generalizable. Se han elaborado muchas teorías, leyes y modelos de localización, y al señalar cualquier localización indicamos unos parámetros territoriales bastante exactos (el fondo de un valle, en el litoral, cerca del centro) que permiten comparaciones. Por lo que concierne exclusivamente al acto de localizar, las distintas ciencias humanas

y sociales se han preocupado desde hace tiempo en comprender y explicar los factores territoriales, históricos y de organización social que justifican la localización de los diferentes núcleos habitados en un país o región determinados. La ordenación del territorio y las actuaciones públicas definen criterios estándares y normas de localización de dotaciones y equipamientos.

Morfología Urbana. Estudio de las formas urbanas que puede expresarse a los procesos y agentes urbanos que han contribuido a modelarlas históricamente. Constituye una corriente especializada en las investigaciones sobre las ciudades y un lugar de encuentro multidisciplinar. Los morfólogos interpretan el plano, la edificación y los usos del suelo como el resultado de procesos de crecimiento o remodelación de una ciudad a lo largo del tiempo. Estos tres elementos básicos de la morfología están cambiando continuamente como resultado de la propia dinámica social interna de la urbe, pero a ritmos completamente distintos. Así, las transformaciones en los usos del suelo suelen ser muy intensas en periodos bastante cortos, mientras que las registradas en la edificación son más pausadas y para estudiar las que tienen lugar en el plano se hace preciso recurrir a las grandes divisiones convencionales de la historia.

Normativa Urbana. Documento esencial e inseparable de los instrumentos de planificación urbana en los que se integra, y que tiene por objeto regular el régimen general de cada uno de los distintos usos del suelo y edificación.

Ordenamiento del Territorio. Política que se ocupa de la presencia, distribución y disposición en el territorio de aquellos hechos a los que se confiere la capacidad de condicionar o influir en el desarrollo y el bienestar de sus habitantes. La ordenación del territorio, se orienta progresivamente a la definición y gestión de los modelos territoriales correspondiente a ámbitos supra locales; en los que se identifican las estructuras y sistemas territoriales que contribuyen a darle cohesión interna y a integrarlo en el espacio mayores.

Ordenamiento urbano. Voluntad y acción de disponer adecuadamente los diversos componentes físicos y funcionales que forman el hecho urbano y la estructura espacial de la ciudad.

Periferia Urbana. Márgenes de la ciudad en los que la densidad de usos urbanos decrece. El termino periferia se utiliza sobre todo para referirse a aquellos espacios urbanos semi formalizados que se localizan una vez finalizado el núcleo urbano continuo y que por lo tanto forman parte de una gran ciudad, una aglomeración urbana o un área metropolitana. Las periferias urbanas comenzaron a atraer lo sustancial del crecimiento residencial y de los procesos de urbanización y de suburbanización que se crearon en el siglo XX en México y toda América Latina.

Proceso de Urbanización. Con este vocablo se designa al crecimiento acelerado de las ciudades como producto de la industrialización. La urbanización se inicia con la revolución industrial en 1750, a tal grado que de esa fecha hasta 1980

podemos hablar de urbanización capitalista. Con la urbanización se establece una revolución urbana a tal grado, que dentro del sistema mundial de localidades, la población predominantemente vive en ciudades, cerca del 60% de la población es población urbana.

Tercerización de la economía. Proceso por el cual el sector servicios, o terciario, ha aumentado de forma notable su participación en los totales de población ocupada y la generación de riqueza de los diferentes territorios. La tercerización es un fenómeno fundamentalmente urbano, ya que las ciudades han actuado como lugar privilegiado de instalación del comercio, los servicios públicos, las empresas innovadoras y los grandes centros de transporte. Según la terminología clásica de Clark (1940), el terciario es el sector productivo que no transforma materia y que ofrece servicios a la industria, la agricultura y la población en general. La tercerización de la economía ha generado una verdadera revolución, pues ha desplazado al sector secundario o manufacturero como principal aportador de valor a la composición orgánica del PIB de los países por un lado, y por otro la expansión urbana mundial de las ciudades obedece fundamentalmente al impacto que tienen los servicios a la urbanización.

Anexos

Normas y leyes consultadas

Sobre las bases de las características del proyecto no existe vinculación alguna referente a los Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Sección V Evaluación del Impacto Ambiental.

Art. 29.- Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y además recursos que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que se refiere a la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Capítulo II Art. 5 inciso K De las Obras o Actividades que Requieren

Autorización en México de Impacto Ambiental. Industria Eléctrica: Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW. Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.

Capítulo IV de la Protección del Suelo

Art. 132.- Corresponde al Estado, los Municipios y a sus habitantes, la protección ambiental del suelo, a través de:

II. Control los materiales y residuos no peligrosos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.

Art. 138.- Para la localización, instalación y funcionamiento de sistemas de disposición final de residuos sólidos no peligrosos, se tomará en cuenta los programas de ordenamiento ecológico y los diferentes planes de desarrollo urbano, así como las Normas Oficiales Mexicanas.

Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Puebla

Sección I de la Protección del Suelo y Manejo de los Residuos Sólidos.

Art. 73.- Para la protección y mejor aprovechamiento de los suelos así como para la correcta y eficaz recolección, manejo, reutilización y disposición final de los residuos sólidos municipales, el ayuntamiento considerará los siguientes criterios:

I.- Los usos productivos del suelo, no deben alterar el equilibrio de los ecosistemas, por lo que se debe cuidar su integridad física y evitar toda práctica que favorezca la erosión y degradación de las características topográficas que vayan en contra del medio ambiente; y

II.- La degradación, erosión y contaminación de los suelos, así como la disminución de su productividad, tiene en la sobre generación y en el deficiente manejo de los residuos sólidos, una de las principales causas por consiguiente, para mantener o incrementar la productividad del suelo, se debe corregir y sancionar toda acción o actividad que al generar o manejar residuos sólidos, conlleven a la disminución de las características del mismo.

El proyecto está estrechamente vinculado con la operación del relleno sanitario Chiltepeque, por tal motivo lo estipulado en la Ley para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para el Estado de Puebla se relaciona con el proyecto evaluado.

Título Sexto De la prevención y Gestión Integral de los Residuos de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.

ARTÍCULO 40.- La Secretaría y los Ayuntamientos, en el ámbito de sus respectivas competencias, para realizar la ubicación de los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en rellenos sanitarios, estarán sujetos a lo señalado en las Normas Oficiales Mexicanas. Los Ayuntamientos regularán los usos del suelo, de conformidad con los programas de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico, en los cuales se considerarán las áreas en las que se establecerán los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, pudiendo solicitar para este efecto la asesoría de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, así como de la Secretaría previa celebración del convenio correspondiente.

ARTÍCULO 43.- Las personas que presten servicios de manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial deberán realizar la caracterización de los mismos, realizando al menos las siguientes acciones:

- I.-** Clasificar su manejo en relación con las características físicas, químicas y biológicas de su composición en los términos que señala la presente Ley;
- II.-** Determinar la cantidad y calidad de los residuos a manejar;
- III.-** Identificar a los generadores de los residuos que pretenden manejar; y
- IV.-** Las demás que les señale las normas de la materia y el Reglamento de la presente Ley.

III Prestación de servicios en materia de residuos.

Artículo 55.- Para realizar las actividades relacionadas con la caracterización, acopio, transferencia, almacenamiento, transporte o cualquier otra actividad en preparación de los residuos para su reutilización, reciclado, tratamiento o disposición final las empresas por sí o a través de terceros según corresponda, deberán tener la autorización de la Autoridad competente y contar con:

- I.-** Estudio de impacto ambiental aprobado;
- II.-** Uso del suelo;
- III.-** La información necesaria para la formulación del Programa para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial;
- IV.-** Informes acerca del manejo y destino otorgado a los residuos de que se trate, con la periodicidad y en los formatos que la Autoridad competente determine;
- V.-** Programas de capacitación de los trabajadores involucrados en el manejo de los residuos y la operación de los procesos, tecnologías y equipos que para tal fin se requieran;
- VI.-** Programas para prevenir y responder a contingencias o emergencias ambientales.

Con referencia al Plan de Desarrollo Urbano Sustentable y Servicios Públicos del Municipio de Puebla, no existe una vinculación directa con el proyecto.

En este plan sólo se hace mención de que el organismo operador del servicio de limpia funciona con la participación de dos empresas privadas concesionadas.

Bibliografía

- Abbott, M. Y. (1969). *Teoría y problemas de termodinámica*. Cali: MacGraw-hill.
- Achkar, M. (2005). “Indicadores de sustentabilidad” en Achkar, M. et al. *Ordenamiento ambiental del territorio*. Montevideo: Comisión Sectorial de Educación Permanente, DIRAC, Facultad de Ciencias. Disponible en: <http://www.ucipfg.com>
- Araus, Magda (2015). “De sapos a príncipes azules: 7 ex vertederos que hoy son espectaculares parques”. En El Definido. Disponible: www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/5318/De-sapos-a-principes-azules-7-ex-vertederos-que-hoy-son-espectaculares-parques/
- Bairoch, P. (1985). *De Jericó a México. Historia de la urbanización*. Mexico: Trillas.
- Boff, L. (2002). *Ecología: grito de la tierra, grito de los pobres*. Madrid: Editorial Trotta.
- Borja, J. &. (1997). *Local y global. La gestión de las ciudades en la era de la información*. Madrid: United Nations Centre for Human Settlements.
- Brown, T. H. (1991). *Química: la ciencia central*. Mexico, D.F.: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Brunner, P. (2002). Beyond material flow analysis. In *Journal of Industrial Ecology*, enero, 6(1):8-10.
- Camp, D. Y. (2009). *Modeling urban metabolism of New Orleans Louisiana*. Massachusetts.
- Carrizosa, J. (2009). Ciudades nuevas sostenibles en las regiones del Caribe y Orinoquía. En *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes, noviembre, No. 30.
- Colin, C. (1940). *Las condiciones del progreso económico*. Madrid, España: Alianza Editorial, 352 p.
- Colmenares, W. (2007). Modelo mexicano para la estimación del biogás. Disponible en: <http://tesis.uson.mc/digital/tesis/docs/20593/Capitulo3.pdf>
- Cook, S. (1973). Production, ecology and economic anthropology. In *Social Science Information* 12(1):25-52.
- Eurostat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicator: a methodological guide 2*. Luxemburgo, European Communities, 85 p.

- Friedman, Y. (1975). *Utopías realizables*. España, Gustavo Gili.
- Gandy, M. (2004). Rethinking urban metabolism: water, space and the modern city. In *Journal City*, diciembre, 8(3):363-379. Disponible en: www.academia.edu
- GILMAN, R. (1993). *A call for a sustainable community solution*. EEUU.
- Girardet, H. (1992). *The Ghaia atlas of cities: New directions for sustainable urban living*. New York: Anchor Books.
- Haberl, H. (2001). The energetic metabolism of societies. Part 1: accounting concepts. In *Journal of industrial ecology*. Wiley InterScience, 5(1): 11-33.
- Hardoy, J. M. (1992). 1992. "The future city". *Making sustainable development. Redefining institutions, policy, and economics*.
- Hermanowicz, S. and T. Asano. (1999). Abel Wolman's "The Metabolism of Cities". Revisited: a case for water recycling and reuse. In *Water Scientific & Technology*, december, 40(4):29-36. Disponible en: <https://www.researchgate.net>
- Huang, S. L. and C. W. Chen (2009). Urbanization and Socioeconomic Metabolism in Taipei. In *Journal of industrial ecology*, february, 13(1):75-93. Disponible en: onlinelibrary.wiley.com
- Idrus, S. A. (2008). "Spatial urban metabolism for a livable city. New Zealand: Blue prints for sustainable infrastructure conference.
- K'Akumu, O. A. (2007). Sustain no city: An ecological conceptualization of urban development. In *Journal City*, 11:221-228. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/136048107013958>.
- K'Akumu, O. A, and Onyango, M. (2007). *Land use management challenges for the city of Nairobi*. Amsterdam: Urban Forum.
- Kennedy, C., J. Cuddihy and Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. In *Journal of Industrial Ecology*, april, 11(2):43-59.
- Levine, R. S. et al. (2008). Generating sustainable towns from Chinese villages: a system modelling approach. In *Journal of Environmental Management*, abril, 87(2):305-316. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>
- Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. Disponible en: <http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marcoLAERFTE.pdf>
- Marcuse, P. (2005). The city: as perverse metaphor. In *Journal City*, Routledge-Taylor & Francis, agosto, 9(2):274-254. Disponible en: www.tandfonline.com
- Margalef, R. (2002). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Alfaomega grupo editor.

- Murtishaw, S. S. (2005). *Development of energy balances for the state of California*. California: California Climate Change Centre & California Energy Commission.
- Newman, P. (1999). Sustainability and cities: extending the metabolism model. In *Landscape and Urban Planning*, 44:219-226. Disponible en: <http://pdfs.semantic scholar.org/5b91/fbb4ef6e6a50e68bb3b03233e3e60535c89a.pdf>
- Odum, C. (1998). *El Vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales*.
- OPDS, R. P. (2016). *Encuentro de RSE y reciclaje*. Buenos Aires, Argentina.
- Ouyang, T. et al. (2008). A new assessment method for urbanization environmental impact: urban environment entropy model and its application. In *Environ Monit Assess*, 146:433-439. Disponible en: http://researchgate.net/publication/5688458_A_new_assessment_method_for_urbanization_environmental_impact_Urban_environment_entropy_model_and_its_application.html
- Prigogine, I. (2001). *El fin de las certidumbres*. Madrid: Grupo Santillana de Ediciones.
- Regolini, C. (2009). "Sustainable urban design". *Conference city futures*. Madrid. Disponible en: www.cityfutures2009.com
- Rees, W. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. In *Environment and Urbanization*, October, 4(2):121-130.
- SEMARNAT. (2012). *Programa nacional para la prevencion y gestion de residuos*.
- Sutton, D. Y. (1992). *Fundamentos de Ecología*. Mexico, D.F.: Editorial Limusa.
- Toledo, V. (2008).
- UNESCO (1972). Programa sobre el hombre y la biosfera UNESCO.
- Urbanismo, M. D. (1990). España.
- White, L. A. (1959). *The evolution of culture: The Development of civilization to the fall of Rome*. New York: McGraw-Hill.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of the city. In *Scientific American*, 213(3):179-190.
- Yunuen. (1997).
- Zhang, Y. Z. (2009). Ecological Network and energy analysis of urban metabolic systems: model development, and a case study of four chinese cities. In *Ecological Modelling*, 221(16):1865-1879. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>
- Zoppi, e. (s/f). Vertederos de basura: deuda social y ambiental. Disponible en: <http://móvil.ecoticias.com/sin-seccion/446376/noticias-medio-ambiente-medioambiente-medio-ambiental-ambiental-definicion-contaminacion-cambio-climatico-calentamiento-global>