

Propuestas de planeación estructural y de gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos metropolitanos: caso de estudio Xalapa y Emiliano Zapata, Veracruz, México

Proposals for structural planning and management of urban solid waste and metropolitan water resources: case study of Xalapa and Emiliano Zapata, Veracruz, Mexico

Desiree Carrillo Valdivia¹ y Darío Fabián Hernández González²

Resumen: Este capítulo analiza la gestión de residuos sólidos urbanos (GIRSU) y los recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata, Veracruz. Se expone el desafío que representa el crecimiento urbano desmedido y con baja planificación en la calidad y accesibilidad de estos servicios esenciales. Mediante la revisión de literatura y el análisis de datos se diagnostica la situación actual marcada por ineficiencias en la infraestructura, limitada participación ciudadana y contaminación. Por ello, se proponen estrategias integrales para mejorar la GIRSU y la gestión del agua, incluyendo la recolección diferenciada y la valorización mediante compostaje, reciclaje y producción de biogás, así como la reducción de fugas, la diversificación de fuentes y la protección de cuencas como los ríos Huitzilapan y Pixquiac. La investigación establece indicadores ambientales ligados a los ODS de la Agenda 2030, buscando una planeación estructural que avance hacia la sostenibilidad urbana en la región.

Palabras clave: GIRSU, recursos hídricos, planeación.

Abstract: This chapter analyzes the Integrated Waste Management System (IWMS) and water resources in the metropolitan area of Xalapa and Emiliano Zapata, Veracruz. Here, the challenge posed by unmeasured and poorly planned urban growth is exposed and related to the quality and accessibility of these basic services. Through a literature review and data analysis, the current situation is diagnosed, marked by infrastructure inefficiencies, limited citizen participation, and pollution. Consequently, comprehensive strategies are proposed to improve IWMS and water distribution, including waste classification and valorization through composting, recycling, and biogas production, as well as leakage reduction, source diversification, and the protection of water sources such as the Huitzilapan and Pixquiac rivers. This research establishes environmental

¹ Doctoranda en Investigaciones Económicas y Sociales del Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. descvaldivia@gmail.com / zS21023755@estudiantes.uv.mx. ORCID-ID: 0000-0003-3449-4988.

² Doctor en Economía e Investigador de TC en el Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. darhernandez@uv.mx. ORCID-ID: 0000-0003-1471-6205.

indicators linked to the 2030 Agenda for Sustainable Development, seeking to establish the urge for structural planning that advances urban sustainability in the region.

Keywords: IWMS, water resources, planning.

Introducción

El crecimiento constante de las zonas metropolitanas en el mundo ha generado desafíos significativos en la gestión de los recursos naturales y la provisión de servicios básicos; sin embargo, los retos son aún mayores al tratarse de ciudades que crecen exponencialmente de manera desmedida, sin planificación clara y de manera desestructurada como es el caso de muchas en Latinoamérica. Entre los desafíos más grandes se encuentran la gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU¹) y la disponibilidad de los recursos hídricos suficientes y los servicios de calidad que se proporcionan para manejar y distribuirlos.

En este contexto, este capítulo se enfoca en el análisis de la situación actual y la propuesta de estrategias de planeación estructural y gestión para abordar la problemática que representan la falta de calidad y de accesibilidad como es el caso de municipios como Xalapa y Emiliano Zapata, que forman parte de la zona metropolitana de Xalapa, en el Estado de Veracruz, donde se demanda atención urgente y soluciones innovadoras.

El objetivo principal de este texto es el de desarrollar un conjunto de propuestas integrales que permitan mejorar la eficiencia en la gestión de los RSU y garantizar la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos para los habitantes de Xalapa y Emiliano Zapata cuya interrelación es innegable debido a la constante contaminación que sufren las fuentes de agua que proveen del líquido a los municipios de los que se habla, así como del estrés hídrico que se sufre en los mismos derivado de la contaminación y del cambio climático.

Para alcanzar este objetivo, se ha empleado una metodología que combina la revisión de literatura especializada, el análisis de datos existentes sobre la generación y gestión de residuos y recursos hídricos en la región, y la identificación de casos de éxito a nivel nacional e internacional que puedan ser adaptados al contexto local.

Los hallazgos principales revelan la existencia de desafíos significativos en ambos municipios en términos de infraestructura, eficiencia operativa y participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos.

¹ En el extenso del texto se hará uso de estas siglas y, en su caso, de las siglas RSU como “residuos sólidos urbanos”.

La problemática central que se aborda en este capítulo se manifiesta en la creciente generación de RSU, la limitada capacidad de los sistemas actuales de recolección, tratamiento y disposición final, y la escasez cada vez más acentuada de recursos hídricos, especialmente en el municipio de Xalapa, enmarcada en el contexto del crecimiento urbano acelerado, desproporcionado y de poca planeación; a la vez que se toman en cuenta los cambios en los patrones de consumo y en la huella de la sociedad traducida en efectos de cambio climático que de manera directa afectan la obtención de recursos suficientes e indispensables para la subsistencia. Ante ello, la situación particular de Xalapa y Emiliano Zapata, municipios estrechamente interdependientes funcional y territorialmente, requiere un enfoque metropolitano para la planificación y gestión de sus recursos y servicios.

A lo largo de este capítulo se exploran conceptualizaciones cuyo fundamento se encuentra en principios de áreas metropolitanas y planificación urbana de Manuel Castells, planificación y gobernanza de Carlos de Mattos, planificación estratégica e indicadores de desempeño de Marianela Armijo, gestión integral de residuos sólidos conforme a la norma ISO 14001 y las NOM 083 y 098 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), transformación de ciudades hacia modelos sustentables así como economía circular de Herbert Girardet y Walter Stahel, así como la gestión integrada de recursos hídricos en esos contextos. Asimismo, se destaca la relevancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y se considera la influencia de los cambios generacionales en la percepción y las prácticas relacionadas con la sostenibilidad urbana.

Los resultados se presentan a manera de resultado diagnóstico en el que se detalla la situación actual de Xalapa y Emiliano Zapata con respecto a las deficiencias, los retos y las oportunidades en la GIRSU, así como respecto a la gestión y el abastecimiento de los recursos hídricos. A partir de este, se desarrollan una serie de indicadores ambientales fundamentados en cinco ODS cuidadosamente seleccionados con la finalidad de realizar una primera propuesta integral que se pretende ampliar en futuras publicaciones, y en la cual se da cuenta de las posibilidades en la mejora de los sistemas de recolección y gestión de los residuos que existen actualmente, así como la producción de biogás, la reactivación de plantas de tratamiento, y la optimización de la gestión del agua.

En el apartado de discusión se profundiza en los aspectos más relevantes de los principales hallazgos, así como un análisis de la viabilidad y el potencial impacto de las propuestas en lo local. A partir de ello, se exponen las conclusiones en las que se resaltan las implicaciones en términos de políticas públicas y se establecen las líneas de investigación que, como se mencionó anteriormente, se pretenden desarrollar más adelante.

Análisis inicial: comprendiendo la problemática y el contexto

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y la escasez de recursos hídricos representan desafíos cuya atención es primordial y urgente para la sostenibilidad de las ciudades actuales, y los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata no pueden ser la excepción. La creciente generación de RSU, impulsada por patrones de consumo insostenibles y el crecimiento demográfico, ejerce una presión considerable sobre los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final existentes.

La GIRSU en la ZM de Xalapa-Emiliano Zapata

Según cifras de INEGI (En números, documentos de análisis y estadísticas, 2021, págs. 39-41) en el Estado de Veracruz, la generación de RSU asciende en promedio a 0,7 kilogramos per cápita, posicionándonos en el sitio 20 (cuatro lugares delante del Estado de México). Si bien dicha posición no parece ubicarnos entre los primeros lugares como se reportaba en 2017² en generación de RSU, sí nos ubica en el segundo cuartil de los 32 Estados del país entre los que representan la mediana de los promedios, lo cual resulta preocupante y refleja la actualidad de la vida urbana tan necesitada de servicios eficientes de recolección de RSU, pero aún más de la adecuada gestión y disposición de éstos en el territorio veracruzano.

A este respecto, el INEGI realizó dos estudios³ sobre la producción de RSU en el Estado durante 2019 con estándares de la NOM-AA-61-1985, uno en 2020 y otro en 2022. Ambos estudios arrojaron resultados diferentes: mientras que el estudio de 2020 determinó que en el Estado se generaban 0.88 kilogramos per cápita al día, el de 2022 reportó un aumento considerable de 1.097 kilogramos, es decir, casi 0.3 kilogramos más de lo que inicialmente reportaron.

La diferencia mencionada puede reflejar no solo que la gestión de RSU desde su recolección hasta su disposición final no se realiza de manera regular en todos los municipios e incluso podría argumentarse que existen zonas dentro de esos (municipios) o comunidades en los que la recolección es nula por parte de los gobiernos locales, lo que representa un serio problema a nivel nacional derivado de la mala disposición de los RSU por parte de los habitantes, contaminando caminos, bosques, ríos y sus propias comunidades, generando además problemas de salud entre ellos.

En la ciudad de Xalapa, el crecimiento poblacional entre 2000 y 2020 fue más o menos constante, con un aumento de 97,941 personas, en promedio un 32 % cada quinquenio, como se puede observar en la tabla 1. que se presenta a continuación:

2 Según cifras de la SEMARNAT..

3 Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales en la Ciudad de México 2023 y 2021, en <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2023>

Tabla 1. Población de los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata según cifras de los censos de población

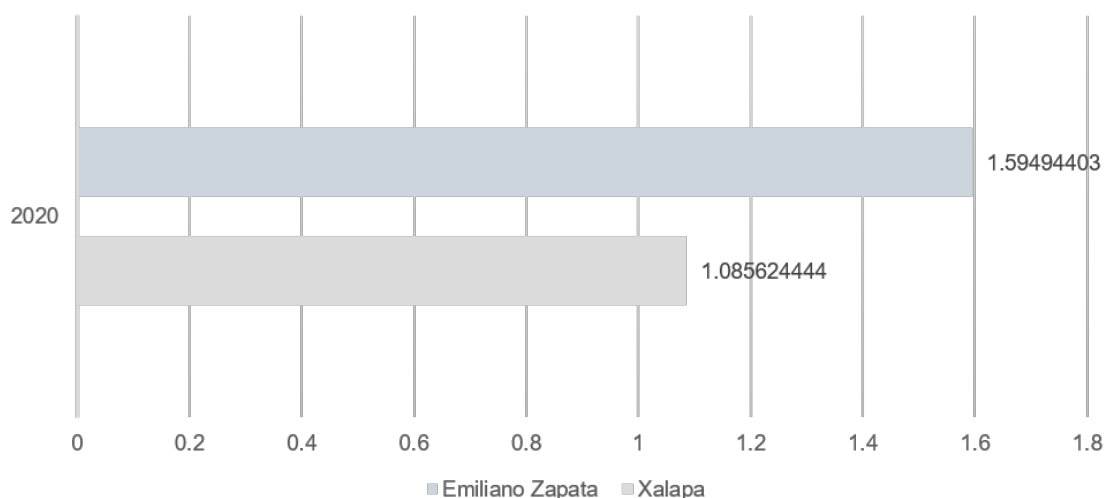
Municipio	2000	2005	2010	2020
Xalapa	390,590	413,136	457,928	488,531
Emiliano Zapata	44,580	49,476	61,718	85,489

Elaboración de los autores con base en cifras de los Censos de Población y Vivienda de INEGI

Xalapa, con una población de 488,531 habitantes en 2020 según cifras del INEGI,⁴ diariamente genera entre 340 y 450 toneladas de residuos, es decir, alrededor de 13,5 mil toneladas al mes y 162 mil al año. En tanto, Emiliano Zapata genera aproximadamente 19.3 mil toneladas anuales, 1,6 toneladas mensuales y 53.6 toneladas diarias, cifras que reflejan el amplio margen entre ambos municipios a razón de la densidad demográfica, los hábitos de consumo y los sitios de consumo.

Gráfico 1. Generación de residuos sólidos urbanos per cápita durante 2020

KILOGRAMOS DIARIOS POR HABITANTE



Elaboración de los autores tomando como referencia las cifras calculadas de generación de RSU en Xalapa y Emiliano Zapata

La cantidad de residuos generados está compuesta en gran parte de materiales orgánicos compostables y reciclables que terminan en el relleno sanitario «El tronconal» en lugar de procesarse para obtener de ellos, cuando menos, un beneficio y con ello haciendo que la vida útil del relleno sanitario se vea comprometida al casi alcanzar su capacidad máxima y por la falta de compromiso gubernamental y social en la implementación y el seguimiento de estrategias de valorización de los residuos y reducción de los desechos que ahí se vierten.

4 México en cifras, INEGI, en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas>.

La inadecuada gestión de los RSU no solo plantea problemas de espacio y viabilidad de uso del relleno sanitario, sino que también genera impactos ambientales negativos como la contaminación del suelo y el agua por lixiviados, la emisión de gases de efecto invernadero (como el metano) y problemas de salud pública asociados a la proliferación de vectores.

Apesar de que existen iniciativas para incentivar a la población a disponer correctamente los residuos a la vez que busca prevenir la contaminación en el entorno (SEDEMA, 2024) como el programa «Reciclón, Región Capital Xalapa, Veracruz» de la Secretaría de Medio Ambiente estatal, que ha logrado recolectar grandes cantidades de RSU y de manejo especial como pilas, aceite vegetal, electrónicos y llantas, entre otros, sigue existiendo la necesidad de un sistema verdaderamente integral y permanente que aborde la gestión de residuos desde la prevención hasta la valorización.

La afectación hídrica: gestión, provisión y contaminación

De forma paralela a los grandes retos que representa la gestión de residuos sólidos en Xalapa y Emiliano Zapata, lo que inicialmente se consideraban hechos aislados y se atribuían a presiones de grupos pequeños que bloqueaban el abasto de agua, es decir, la cada vez más intolerable escasez de recursos hídricos en la zona metropolitana se ha convertido en crisis especialmente en Xalapa. La capital del Estado ha venido experimentando periodos prolongados de desabasto del líquido, afectando la vida cotidiana de sus habitantes no solo en la privacidad de sus hogares, sino que el descontento se ha trasladado a las calles generando protestas sociales (Castillo, 2024).

El suministro de agua de Xalapa depende principalmente de fuentes superficiales como los ríos Huitzilapan y Pixquiac (López Beltrán, 2024), así como de algunos manantiales cuyos caudales han ido disminuyendo drásticamente debido al cambio climático, la deforestación y el crecimiento urbano voraginoso, mismo que trae consigo el factor de contaminación directa o indirecta por desechos. Además, se estima que entre el 30 % y el 50 % del agua distribuida se pierde debido a fugas en la infraestructura, lo que agrava aún más la situación (Luna Escudero, 2025).

En Emiliano Zapata, aunque la problemática de escasez hídrica no es tan severa como en Xalapa, también se enfrentan desafíos en el suministro especialmente en zonas conurbadas con la capital como el fraccionamiento Terranova. En esta zona, se ha reportado la falta de agua por hasta dos años a pesar de que el organismo municipal de aguas de Xalapa, la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS), y el desarrollo inmobiliario tienen un convenio de abastecimiento del líquido, CMAS se niega a brindar el servicio lo que genera tensiones que se abonan al descontento general entre la población de la zona metropolitana.

Lo que para Carlos de Mattos en 2010 representaba la problemática de los países de la periferia posterior a la crisis de 1929, la urbanización acelerada y el aumento en la migración interna a raíz de la integración económico-territorial que estos países habían tomado de los de centro a través de la imitación de sus políticas públicas de corte keynesiano (Globalización y metamorfosis urbana en América Latina), es precisamente la afectación que se vive hoy en tantas ciudades del país, entre las cuales se encuentra naturalmente Xalapa, esto a pesar de fundamentarse en los primeros intentos de planificación para hacerse de centros económicos y sociales organizados (en el contexto europeo postcrisis).

La problemática generalizada está enmarcada en el proceso de urbanización pobremente planificada de la zona, expandiendo la mancha urbana hacia nuevos asentamientos de viviendas multifamiliares que rápidamente se habitan ya sea por nuevas familias, por estudiantes, por profesionistas en proceso de independización y/o por población flotante, lo cual genera una presión aún mayor sobre los escasos recursos naturales de Xalapa y Emiliano Zapata y la capacidad de los servicios públicos para ser provistos en forma inmediata y de calidad.

La planeación que tanta falta le hace a Xalapa debe ser integral y prospectarse a largo plazo, de modo tal que no solo promueva desarrollos urbanos socioeconómicamente sustentables de manera coordinada, es decir, que contengan viviendas, centros de comercio y esparcimiento, servicios básicos adecuados y de calidad, sistemas de captación de agua y tratamiento, así como el uso energías limpias por mencionar las necesidades más inmediatas; sino que además conlleve la aplicación de políticas de reforestación y de cuidado y protección de la naturaleza y los recursos a manera de reducir el impacto ambiental, además ha de considerarse en las planificaciones la interdependencia que guardan Xalapa y Emiliano Zapata con respecto a los recursos hídricos principalmente.

Tejido urbano sostenible

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo en 1972 en la que se proclamó el derecho humano a un medio ambiente adecuado, sentó las bases para la reflexión sobre la sostenibilidad urbana. No obstante, la traducción de este derecho en realidades tangibles plantea desafíos colosales. Debido a que la elaboración de propuestas efectivas para la planeación estructural y la gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata requiere una sólida fundamentación teórica que abarque diversos campos del conocimiento, la conceptualización de un «tejido urbano sostenible» se hace necesaria.

Presentado como un ejercicio de gran complejidad, la búsqueda por un tejido urbano sostenible supera con creces la simple representación visual ya que en su centro

convergen conceptos interdependientes: la calidad de vida y ambiental, la satisfacción integral de necesidades, la planificación y el desarrollo sostenibles, la funcionalidad del sistema urbano, la sustentabilidad a largo plazo y la regeneración del entorno habitado. La complejidad se incrementa al considerar las dinámicas de la acción humana en el espacio habitable y habitado permeadas por las diversas perspectivas de los grupos etarios, lo que demanda un enfoque holístico e inter y transdisciplinario para la planificación y gestión urbana. Por ello, en este apartado se abordan en primer lugar algunas de las convergencias al interior del término propuesto, proveyendo el primer vistazo a la definición y hacerla cuando menos evidente.

Planeación, urbanización y viabilidad.

La planeación estratégica, específicamente en lo que respecta a lo urbano-ambiental, se confiere como un proceso fundamental en la consecución y el logro de metas para el desarrollo sostenible. En esta tónica, la planeación urbana sostenible deviene en una necesidad en el contexto de la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata debido a las necesidades inherentes a cada municipio, así como a las intersecciones urbanísticas y de servicios de las que se habló en el apartado anterior de este capítulo.

Esta planeación requiere de herramientas que le permitan evaluar el estado del medio ambiente y también de la voluntad de las personas –sean estas parte del sector público encargado del desarrollo de los municipios, del sector educativo o las personas que en ellos habitan, para su implementación en desarrollos urbanos ambientalmente responsables, equilibrados, eficientes y sostenibles que se traduzcan en políticas públicas, planes y programas que orienten la organización del espacio, la distribución de las actividades, la inversión en infraestructura y la accesibilidad de las personas a servicios suficientes y de calidad, espacios de confluencia y generación económica, así como de compromiso social (de Mattos, 2010). Particularmente, en el caso de la zona metropolitana de Xalapa, y en el caso de este municipio y el de Emiliano Zapata, el fracaso constante de las políticas de gestión de residuos y del agua han originado grandes descontentos y la necesidad de replantearlos desde una base de desarrollo local.

La insatisfacción de la población de Xalapa y Emiliano Zapata se refleja en el constante rechazo a las obras públicas de gran parte de sus poblaciones no por sus beneficios sino por sus afectaciones constantes, la resistencia a medidas de separación básica de desechos desde el hogar derivado de una mala implementación de la política por parte del municipio⁵ (Falta cultura de separación y reciclaje de basura, 2019) y las quejas constantes sobre el suministro de agua potable por parte de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) que provee del líquido a ambos municipios.

5 Durante 2018, la política de separación de RSU desde casa implementada por el H. Ayuntamiento de Xalapa presentó gran resistencia por parte de la población al no ser orientados y, en su lugar, ser coaccionados a realizarla por parte de las autoridades.

Para orientar un proceso de replanteamiento desde la base (Polèse, 1998, págs. 241-244) mediante una planeación que logre cumplir con los objetivos básicos de mejora en la GIRSU y la distribución de agua potable entre la población, alcanzando un estado de satisfacción, es requisito contar con indicadores ambientales cuya profundidad refleje la necesidad y utilidad que permitan medir el progreso de las políticas para así poder tomar decisiones más informadas ya sea en la consecuencia del curso de acción, o en el cambio de éste. En su construcción, el cambio implica redefinir constantemente lo que implica alcanzar ese estado de satisfacción y para quienes, ello por su característica inherentemente multivariable y multidimensional.

La implicación de alcanzar un estado de satisfacción es multidimensional y multivariable. Comprender las diferencias entre grupos de personas es, en gran medida, un aspecto in implica comprender sus orígenes y motivaciones (migratorios), perspectivas y expectativas más que solo sus necesidades particulares. Para ello, se habrá de analizar su heterogeneidad y establecer puntos de encuentro y expectativas comunes que ayuden a la mejora de las políticas públicas y sus procesos de planteamiento. Sin embargo, tal análisis requiere de grandes voluntades y acciones cuya trazabilidad en el corto plazo es difusa si no se cuenta con un plan específico para tal fin y que supere las menciones en los planes municipales de desarrollo.

Sostenibilidad normativa

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) se fundamenta en la jerarquía de gestión de residuos priorizando la prevención, reducción, reutilización (economía circular), el reciclaje, la valorización y, en última instancia, la disposición final adecuada. Un sistema de GIRSU eficiente debe abarcar todas las etapas del ciclo de vida de los residuos, desde su generación hasta su disposición final, involucrando a todos los actores relevantes, incluyendo a los ciudadanos, la universidad, las empresas y el gobierno.

Normativas como la ISO 14001 proporcionan un marco para la implementación de sistemas de gestión ambiental que incluyen el manejo adecuado de los residuos. En el contexto mexicano, publicada en 2004, ratificada en 2009 y modificada en 2013, la NOM-083-SEMARNAT-2003 establece diversas especificaciones que un sitio de disposición final (o relleno sanitario) debe tener para ser viable; asimismo, esta norma debe ser seguida por todos los Estados y municipios del país para la disposición de los RSU en el territorio.

En el marco de dicha NOM, el relleno sanitario del Tronconal se clasifica como de tipo A, subtipo A2 puesto que diariamente recibe alrededor de 450 toneladas de desechos sólidos, la categoría más elevada dentro de la norma, y siendo así debe ser capaz de realizar la compactación de los RSU mayor de 600 kilogramos/m². Este sitio de disposición final construido en 2002 debería ubicarse al menos a 500 metros de

distancia de zonas urbanas con más de 2500 habitantes, ello contado a partir del límite de la traza urbana, característica que no tiene a pesar de la expansión de 2021 y por la cual debió presentarse un plan de regularización, dato no encontrado.

Metodología del caso de estudio

La metodología aplicada en este capítulo se basa en un enfoque mixto que combina la revisión de fuentes documentales y el análisis de información secundaria para la comprensión del contexto y la problemática, así como la determinación de propuestas basadas en identificación de áreas de oportunidad conforme a la normativa vigente y la posible implementación de indicadores específicos estrechamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la A2030 que consideramos atendibles en el marco de la una GIRSU adecuada, la procuración de los recursos hídricos y los aspectos circundantes a ello (salud, educación, medio ambiente, sostenibilidad y acción climática).

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura especializada en temas de planeación estructural urbana, gestión integral de residuos sólidos urbanos, gestión de recursos hídricos, ciudades sustentables y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) contenidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Ella permitió establecer el marco teórico conceptual y normativo relevante para el estudio de caso de Xalapa y Emiliano Zapata. Se consultaron artículos científicos, libros, informes técnicos, documentos de política pública y normativas estatales, nacionales e internacionales.

En segundo lugar, se realizó un análisis detallado de la información secundaria disponible sobre la generación y gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos en los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata mediante informes estatales y municipales, así como de legislación federal (Gobierno de México, 2003), estatal (Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2004) y municipal, noticias de prensa local, páginas web de los gobiernos municipales y estatales, y documentos académicos. Dicha información fue complementada con datos estadísticos provenientes de los Sistemas de Información de INEGI⁶ Esta información se complementó con datos estadísticos disponibles a nivel nacional y estatal sobre la generación, composición y gestión de residuos, así como sobre la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en los municipios del estudio de caso.

En cuarto lugar, se llevó a cabo una identificación y análisis de casos de éxito en la gestión integral de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos tanto en México como a nivel internacional para identificar las estrategias, tecnologías y modelos de gestión que han demostrado ser efectivos y que podrían ser adaptados al contexto de Xalapa y Emiliano Zapata. Asimismo, para la selección de indicadores ambientales

⁶ Censo Nacional de Población, Sistema México en cifras y el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2023 y 2021, principalmente.

relevantes para ambos municipios, se analizaron los casos de estudio y los ejemplos propuestos por Gross y Hajek (Indicadores de calidad y gestión ambientales, 1998), con ello, finalmente, se procedió a la formulación de indicadores de gestión de RSU y de recursos hídricos estableciendo su relación con ODS y metas específicas para mejorar la planeación estructural en la zona metropolitana.

Análisis de la situación actual

El análisis de la situación actual en Xalapa y Emiliano Zapata revela una serie de desafíos interconectados en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y de los recursos hídricos. En primera instancia, en cuanto a la GIRSU, ambos municipios comparten el uso del relleno sanitario de El Tronconal, ubicado en Xalapa. Como ya se mencionó al principio del capítulo, la ciudad de Xalapa genera diariamente entre 340 y 450 toneladas de RSU, mientras que Emiliano Zapata aporta alrededor de 53 toneladas diarias.

En la ciudad de Xalapa, la recolección de estos residuos corresponde a la Dirección de Limpia Pública del municipio y, a pesar de contar con distintos tipos de recolectores, estos no son suficientes para lograr una recolección diaria, provocando que en algunas colonias pasen días para que ello suceda o que el servicio sea permanentemente intermitente lo cual provoca acumulación de basura en calles y avenidas, en cuyos casos los recolectores informales, popularmente conocidos como pepenadores, cuya función el municipio no ha sabido aprovechar.

En el caso de Emiliano Zapata, la recolección es cubierta en casi un 90 %, aunque parte de los residuos termina en basureros públicos o es quemada lo cual afecta más al medio ambiente. Tanto en Xalapa como en Emiliano Zapata, se han implementado iniciativas de reciclaje como el «Reciclón» así como centros de acopio permanentes, respectivamente, pero la participación y el impacto aún son limitados.

La composición de estos residuos incluye una alta proporción de materia orgánica que, según datos municipales, en todo Xalapa son alrededor del 51 % de sus desechos y tan solo la Central de Abastos genera cerca de 40 toneladas de este tipo de RSU diariamente (H. Ayuntamiento de Xalapa, 2025). Materiales reciclables como plásticos, papel, cartón vidrio y metales también forman parte de los desechos que se vierten, sin embargo, solo una pequeña fracción de este tipo de residuos es aprovechada ya sea para reciclaje o para su reutilización perdiéndose con ello potenciales ingresos y aumentando la basura que ingresa diariamente a un relleno sanitario que hace mucho superó sus capacidades viables.

La infraestructura para el tratamiento de residuos en la zona metropolitana es incipiente, y la cultura de separación de RSU, compostaje, y captación de aguas pluviales es

escasa. Por ello, el municipio de Xalapa mediante la convocatoria «Proyectos para el fomento ambiental 2023» lanzada por la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) Estatal, implementó una suerte de parque sustentable llamado «aula agroecológica» (H. Ayuntamiento de Xalapa, 2024) en el «Área Natural Barranca Honda» para proveer de un nuevo «pulmón» a la ciudad con diversos sistemas como de recolección de aguas pluviales, baños secos, entre otros; en el lugar, las familias y los niños pueden realizar diversas actividades al aire libre y apoyar aprendiendo en los proyectos de cultivo, lombricomposta y demás. Sin embargo, a pesar de los beneficios a nivel informativo que puede implicar un recinto como el establecido, poco hace por resolver los problemas de gestión de residuos y de recursos hídricos en Xalapa.

Proyectos como el del ecoparque y ecomercado de la cooperativa «El bosque de Don Roberto» en la ciudad de Xalapa (Castilla Arcos, 2020) representa una alternativa en la cual es posible aprender más métodos de conservación, gestión, construcción y captación de recursos sostenibles, a la vez que intentan proteger uno de los pocos pulmones vivos no artificiales del municipio.

En cuanto a los recursos hídricos, Xalapa enfrenta una grave crisis de desabasto que se ha ido acrecentando en los últimos años; no solo inciden las subidas de temperatura sino también las gestiones del municipio de Xalapa y la irregularidad en sus distribuciones pues algunas zonas sufren cortes del suministro de tres semanas o más de manera constate aun cuando la época de estiaje no haya iniciado.

La ciudad depende principalmente de fuentes superficiales como el río Huitzilapan en un 58 %, el río Pixquiac en un 38.2 % y siete manantiales que representan el 4 %, fuentes que han perdido volumen en los años recientes derivado de la deforestación, el cambio climático, el desvío de agua y las gestiones realizadas, entre las que se encuentran la pérdida de un porcentaje variable de entre el 30 y el 50 % del líquido por fugas en la red de distribución. La Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) de Xalapa opera 41 tanques de almacenamiento y ocho fuentes de abastecimiento que resultan insuficientes para cubrir la demanda de la población.

El caso de Emiliano Zapata tiene una situación hídrica ligeramente diferente, ya que no cuenta con fuentes superficiales importantes dentro de su territorio ni de la infraestructura necesaria para proveer del líquido a todo su municipio, por ello dependiendo en gran medida de un convenio de colaboración para el suministro de agua a varias colonias y fraccionamientos con CMAS Xalapa; a cambio, Xalapa recibe el 35 % de la recaudación por los servicios de drenaje y alcantarillado prestados en Emiliano Zapata. Sin embargo, este convenio ha generado controversia debido a la crisis hídrica en Xalapa y a la creciente demanda en Emiliano Zapata, especialmente por nuevos desarrollos inmobiliarios como «Terranova» (Castillo, 2024) donde la inconformidad de los habitantes ha escalado al punto de establecer plantones y cerrar

oficinas de CMAS Xalapa, así como declaraciones del municipio de Emiliano Zapata sobre la exigencia de cumplir con los contratos y el suministro pactados.

Respecto al tratamiento de aguas residuales, se cuenta con dos plantas de tratamiento de Xalapa ambas ubicadas en Emiliano Zapata: la PTAR I en El Lencero, que tiene una capacidad de tratamiento de 750 lts/s; y la PTAR II en Pacho Nuevo con 250 lts/s, utilizando ambos procesos biológicos de remoción de contaminantes.

Propuesta de sistema para la gestión mejorada

Fundamentado en el análisis de la situación actual y la teoría, la propuesta integral de mejora en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y de recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata de plantea a continuación.

Sistema de recolección de residuos sólidos urbanos más eficiente. Mediante la implementación de un sistema de recolección diferenciada obligatoria en origen para hogares, comercios e instituciones en ambos municipios basado en la separación de RSU en al menos tres tipos: orgánicos, reciclables (papel, cartón, plásticos, vidrio, metales) y no aprovechables tal como se realiza ya en algunas instituciones gubernamentales. Para tal fin, y para evitar la coacción que ha tenido malos resultados en el pasado, es necesario volver a la realización de campañas de sensibilización y educación ambiental dirigidas a la ciudadanía en las que se proporcione información clara sobre qué tipo de residuos deben depositarse en cada contenedor y cómo beneficia realizar dicha separación.

Un sistema mejorado de GIRSU. Se propone un modelo de GIRSU basado en los principios de la economía circular y la valorización de los residuos, en el cual se incluyen estrategias inspiradas en casos de éxito en México y algunos otros sitios del mundo, a saber:

Tabla 2. Estrategias posibles con base en casos de éxito

Estrategia	Descripción	Casos de éxito
Fomento del compostaje.	Implementación de programas de compostaje doméstico y comunitario, y centros de compostaje a mayor escala para procesar residuos orgánicos y producir abono de calidad.	Compost Crew (Morelia, México): Servicio privado de recolección de residuos orgánicos para compostaje en hogares y negocios (Ochoa González & Mack, 2021). Programas comunitarios de compostaje en EE. UU.: La EPA de EE. UU. destaca los beneficios de programas comunitarios que educan y empoderan a la población sobre el compostaje.

Impulso al reciclaje.	Fortalecimiento de programas de reciclaje mediante contenedores diferenciados, colaboración con recicladores urbanos e incentivos para la participación ciudadana.	Ecoce (México): Asociación civil sin fines de lucro impulsada por la industria de alimentos y bebidas que ha logrado una alta tasa de reciclaje de PET en México de un 56 % (Tecnología del plástico, 2021). San Pedro (Monterrey, México): Municipio que ha implementado la recolección separada de basura, aunque con algunos desafíos (Escaping worlds, 2021).
Aprovechamiento energético.	Exploración de tecnologías como gasificación o producción de Combustible Derivado de Residuos (CDR) para la fracción no reciclable, considerando viabilidad económica e impactos ambientales.	Planta de Carbonización Hidrotermal en Bordo Poniente (Ciudad de México, México): Planta que transforma residuos orgánicos en energía como hidrocarbón, agua rica en nutrientes y vapor (Mexico business news, 2024). Suecia: País con un alto porcentaje de residuos municipales convertidos en energía con casi el 50 % (EARTH.ORG, 2022)

Para que estas y otras estrategias resulten atractivas para los gobernantes y el público, es fundamental destacar los beneficios ambientales que tienen como la reducción de la contaminación, apoyo a la mitigación del cambio climático, la conservación de recursos naturales; así como de los económicos como generación de empleo, ahorro en disposición final, ingresos por valorización de materiales, entre otros, destacando especialmente los relacionados a la participación ciudadana y la mejora en la calidad de vida que potencia la creación de comunidades más resilientes.

Sistema de recolección de residuos para producir biogás. Se propone la implementación de un sistema específico de recolección de RSU orgánicos (provenientes de animales) para su procesamiento mediante digestión anaerobia y la producción de biogás. Este tipo de sistema es parte constante de las capacitaciones en materia de GIRSU que provee el CIESAS Golfo mediante sus diplomados, y que se podría operar de forma paralela al sistema de recolección diferenciada general.

Ya sea que los residuos orgánicos a los que se refiere esta propuesta sean recolectados periódicamente, o se implementen subsistemas de almacenaje en las calles (ya existen empresas que promueven biodigestores urbanos) o mediante la recolección ordinaria, los mismos serían transportados a una planta de biodigestión para descomponerse (en ausencia de oxígeno) para producir biogás que se compone de metano, principalmente; todo ello mediante la colaboración público-privada. Este biogás puede ser utilizado para la generación de electricidad, la producción de calor o como combustible vehicular, contribuyendo a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Reapertura y/o remodelación de plantas de reciclaje, de compostaje y otras existentes o potenciales en Xalapa y Emiliano Zapata. Otra propuesta es la realización de un estudio de viabilidad para la reapertura y/o remodelación de plantas de reciclaje y compostaje existentes en la zona metropolitana, así como para la identificación de sitios potenciales para la construcción de nuevas instalaciones, en el cual se deberán considerar la cantidad y composición de los residuos generados en ambos municipios, las tecnologías disponibles, los costos de inversión y operación, el potencial de mercado para los materiales y la composta que se produzca y, con ello los beneficios ambientales y sociales a obtener, todo mediante alianzas público-privadas y recolectores/recicladores urbanos (pepenadores) y un sistema planificado de ubicación.

Sistema más efectivo de gestión del agua y su calidad para ambos municipios. Para Xalapa, se propone un sistema integral que aborde tanto la escasez como la calidad del agua mediante:

Tabla 3. Gestión efectiva del agua

Estrategia	Descripción
Reducción de fugas.	Implementación de un programa intensivo de detección y reparación de fugas en la red de distribución de agua potable, utilizando tecnologías avanzadas de localización y reparación con tiempos de atención inmediatos.
Diversificación de fuentes.	Exploración y desarrollo de fuentes alternativas de abastecimiento, como la captación de agua de lluvia a nivel doméstico y a mayor escala en edificios públicos y áreas urbanas, así como la reutilización de aguas residuales tratadas para usos no potables, como riego de parques y jardines o usos industriales.
Mejora de la eficiencia en el uso del agua.	Campañas de sensibilización para fomentar el uso eficiente del agua en hogares, comercios e industrias, así como la implementación de incentivos para la instalación de dispositivos ahorradores de agua.
Protección de cuencas.	Implementación de programas de conservación y restauración de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac, incluyendo la reforestación con especies nativas y la promoción de prácticas de uso del suelo sostenibles en las zonas de recarga hídrica.

En el caso de Emiliano Zapata, se propone:

Estrategia	Descripción
Reducción de la dependencia del municipio de Xalapa y CMAS.	Inversión en la construcción de infraestructura para la captación, almacenamiento y distribución de aguas pluviales, reduciendo la dependencia del convenio con Xalapa.
Mejora en la gestión.	Fortalecimiento de CMAS para mejorar la eficiencia en la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado, estableciendo coordinación mejorada en la distribución del líquido intermunicipal.

Mejorar la colaboración con Xalapa.	Mantenimiento y mejora del convenio de colaboración con Xalapa, buscando mecanismos que garanticen un suministro más equitativo y predecible para los habitantes de Emiliano Zapata, especialmente en las zonas conurbadas.
Protección de cuencas.	Implementación de programas de conservación y restauración de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac, incluyendo la reforestación con especies nativas y la promoción de prácticas de uso del suelo sostenibles en las zonas de recarga hídrica.

Para ambos municipios, se propone la realización de estudios de calidad del agua periódicos en las fuentes de abastecimiento y en la red de distribución, así como la implementación de proyectos de tratamiento de agua para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad para el consumo humano mediante, además, la exploración de convenios de colaboración con la Universidad Veracruzana, sus facultades y grupos de investigadores para el desarrollo de más proyectos de tratamiento innovadores y de gestión tanto del recurso hídrico como de la infraestructura, focalizando esfuerzos en la mejora tecnológica de puntos del sistema de distribución que más lo requieran.

Indicadores ambientales de calidad

La planificación urbana sostenible requiere de herramientas que permitan evaluar el estado del medio ambiente y guiar las acciones hacia un desarrollo ambientalmente sustentable, como los indicadores ambientales que proporcionan información cuantificable aspectos del entorno y miden el progreso real de las políticas públicas aplicadas permitiendo tomar decisiones más informadas para continuar o modificar el curso de acción.

A este respecto, se propone un conjunto de indicadores ambientales relevantes tomando como referencia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 y las metas siguientes:

Tabla 4. ODS y metas base para la construcción de indicadores ambientales

ODS	Descripción	Metas
3	Salud y bienestar.	3d. Reforzar la capacidad de todos los países (...) en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.
6	Agua limpia y saneamiento.	6.1 (...) lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos. 6.2 (...) lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos (...). 6.3 (...) mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos (...).

7	Energía asequible y no contaminante.	7.2 (...) aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. 7.3 (...) duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética. 7.a (...) facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
11	Ciudades y comunidades sostenibles.	11.6 (...) reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo. 11.7 (...) proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles (...). 11.a Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.
13	Acción por el clima.	13.a (...) adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible. 13.b Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático (...).

En el entendido de que las propuestas que se indican en la tabla a continuación pueden desarrollarse a mayor profundidad e incluir posteriores ejes que establezcan sus propios indicadores, los que a continuación se enuncian son una etapa inicial (datos de SEMARNAT e INEGI) que puede servir de fundamento para la realización de estudios pertinentes que deriven en planeaciones y políticas públicas:

Tabla 5. Indicadores y problemáticas

Indicador	Justificación	Característica
Tasa de generación de residuos sólidos urbanos.	La tasa de generación de RSU en los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata es de 0.8 kg/persona al día.	Se encuentra por encima del promedio nacional (0.7kg/persona/día), lo que indica la gran cantidad de residuos generados en los municipios
Tasa de reciclaje.	La tasa de reciclaje en Xalapa es de apenas el 15 %. No se encuentran datos inmediatos de la tasa en Emiliano Zapata.	Cifra inferior al promedio nacional (21 %) lo que representa potencial de mejora en este rubro.
Tasa de disposición final en vertederos.	La tasa de disposición final en vertederos en Xalapa y Emiliano Zapata es de 85 %.	La cifra indica que la mayoría de los residuos generados en la ciudad se depositan en vertederos sin control, generando riesgos ambientales y de salud.
Tasa de compostaje.	La tasa de compostaje en Xalapa y Emiliano Zapata (según lo reportado) es cercana al 0 %.	No existe un programa municipal de compostaje ni en Xalapa ni en Emiliano Zapata que se encuentre en funcionamiento o reporte resultados.

La propuesta de indicadores de gestión de RSU para Xalapa y Emiliano Zapata se basa en la necesidad de contar con herramientas de monitoreo y evaluación para mejorar la gestión de residuos en la zona, por ello, se presentan los cálculos de los indicadores presentados anteriormente:

Tabla 6. Indicadores seleccionados y métodos de cálculo

Indicador	Fórmula	Descripción
Tasa de generación de residuos sólidos urbanos	$TGR = TR/P$	TGR: Tasa de generación de residuos (kg/persona/día). TR: Cantidad total de residuos generados (kg). P: Población (personas).
Tasa de reciclaje	$TR = (RR/TR)*100 \%$	TR: Tasa de reciclaje (%). RR: Cantidad de residuos reciclados (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).
Tasa de disposición final en vertederos	$TDV = (DV/TR)*100 \%$	TDV: Tasa de disposición final en vertederos (%). DV: Cantidad de residuos dispuestos en vertederos (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).
Tasa de compostaje	$TC = (CO/TR)*100 \%$	TC: Tasa de compostaje (%). CO: Cantidad de residuos compostados (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).

Estos indicadores están orientados a medir el progreso en la gestión de RSU y se pueden relacionar con otros indicadores clave como la calidad del aire y del agua, el acceso a agua limpia y la generación de energía limpia. Considerar estas interconexiones permitiría avanzar hacia una gestión integral y sostenible de los RSU teniendo por efecto inmediato el bienestar de la población y el cuidado del medio ambiente.

Propuesta de proyecto interrelacional

El crecimiento urbano sin orden y la falta de planeación para orientarlo, hace necesario crear un proyecto que mejore la gestión de residuos sólidos urbanos, así como el cuidado y abastecimiento de los recursos hídricos. Por ello, se propone un proyecto integral mediante el aprovechamiento de biogás para las plantas de tratamiento de agua como fuente de energía en ambos municipios, lo que reduciría costos operativos e impactos ambientales.

La propuesta contempla la restauración de cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac mediante el uso de compost para la mejora de la calidad del suelo y en la infiltración mediante el aporte de materia orgánica necesaria para mejorar su estructura, de

nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, mayor retención de la humedad, entre otros, así como la reducción de la erosión del suelo. La captación de aguas pluviales en instalaciones de tratamiento de residuos como plantas de reciclaje, de biodigestión y compostaje, pueden incorporar más sistemas de captación para el autoconsumo y la reducción del consumo de agua potable.

Asimismo, es necesario implementar programas de educación ambiental que destaquen la relación existente entre las problemáticas que aquejan a la región y a los municipios especialmente, ello en cuanto a la gestión de RSU, el cuidado del agua y el impacto en el medio ambiente para promover mediante ellos la adopción de prácticas sostenibles que puedan adoptar los niños y adultos en la vida cotidiana.

Discusión

La implementación de las propuestas presentadas requiere un enfoque colaborativo y coordinado entre los gobiernos municipales de Xalapa y Emiliano Zapata, el gobierno Estatal, la ciudadanía, el sector privado, las organizaciones de la sociedad civil y especialmente las instituciones educativas como la Universidad Veracruzana aplicando un modelo de pentahélice (Hernández González, 2024).

Es destacable la necesidad de creación de una entidad de gestión metropolitana para los residuos sólidos y los recursos hídricos para facilitar la planificación y la implementación de estrategias conjuntas y eficientes acompañadas de campañas de sensibilización y educación ambiental constantes, adaptables al público a abordar y los canales de comunicación susceptibles de lograr un mayor y mejor alcance. Por otra parte, es importante destacar las necesidades exploratorias de fuentes de financiamiento alternas a la inversión privada (concesiones y asociaciones), como las provenientes de recursos nacionales e internacionales mediante convenios o participación en proyectos globales para gestión, disposición y valorización de RSU, principalmente.

Conclusiones

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y la seguridad hídrica en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata son desafíos interconectados que demandan una atención urgente. El análisis presentado pretende evidenciar las limitaciones de los sistemas actuales, subrayando la necesidad crítica de una transformación profunda que abarque desde la infraestructura hasta la participación ciudadana.

Se ha propuesto un modelo integral para la sostenibilidad urbana, fundamentado en las siguientes estrategias clave: la implementación de la recolección diferenciada y la valorización de los RSU a través del compostaje, el reciclaje y la producción de biogás;

la mejora de la gestión del agua mediante la reducción de pérdidas, la diversificación de fuentes y la protección de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac; y la articulación de estas gestiones para una eficiencia y sostenibilidad integral en un modelo de pentahélice.

Lo planteado supone un compromiso profundo de los gobiernos municipales y el Estatal, así como de la participación corresponsable de la ciudadanía, los recolectores urbanos y otros actores clave. Una planificación estratégica urbana acompañada de inversiones inteligentes en infraestructura y tecnología, y el desarrollo de políticas públicas efectivas son los pilares para una gestión sostenible de los residuos y el agua que se traducirían en una mejora tangible de la calidad de vida para los habitantes de Xalapa y Emiliano Zapata, asegurando la protección del medio ambiente y sus recursos para las futuras generaciones, reafirmando la viabilidad de un futuro urbano más resiliente y sostenible.

Referencias

- CastillaArcos, J. D. (06 de 10 de 2020). Bosque Don Roberto será ecoparque. Obtenido de El Heraldo de Xalapa: <https://heraldodexalapa.com.mx/xalapa/60722-en-xalapa-4.html>
- Castillo, L. (21 de 12 de 2024). Desabasto de agua, principal crisis que deben atender las autoridades en todo Veracruz. Obtenido de Diario de Xalapa: <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/xalapa-vivio-uno-de-los-anos-con-mas-escasez-de-agua-potable-en-su-historia-20807594>
- Luna Escudero, C. (13 de 03 de 2025). Xalapa, la Ciudad del caos: La crisis del agua. Obtenido de Sociedad 3.0 multimedios: <https://sociedadtrespuntocero.com/2025/03/xalapa-la-ciudad-del-caos-3-la-crisis-del-agua/>
- López Beltrán, A. (01 de 03 de 2024). En México, la escasez de agua crónica de Xalapa refleja una crisis nacional cada vez más profunda. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2024/03/mexico-escasez-de-agua-xalapa-crisis-nacional/>
- de Mattos, C. A. (2010). Globalización y metamorfosis urbana en América Latina. Quito, Ecuador: OLACCHI.
- EARTH.ORG. (26 de 05 de 2022). How Sweden is Successfully Turning Waste to Energy. Obtenido de EARTH.ORG: <https://earth.org/sweden-waste-to-energy/>
- Escaping worlds. (11 de 12 de 2021). Mexico's waste management and how to reduce your waste. Obtenido de Escaping worlds: conscious & offbeat travel blog: <https://escapingworlds.com/mexicos-waste-management-reduce-waste/>
- Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (28 de 06 de 2004). Ley número 847 de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xalapa, Veracruz, México.
- Gobierno de México. (08 de 10 de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.
- Gross, P., & Hajek, E. (1998). Indicadores de calidad y gestión ambientales. Santiago de Chile, Chile: Alfabeta Artes Gráficas.
- H. Ayuntamiento de Xalapa. (19 de 11 de 2024). Comunicado 1610: Parque Ecológico Barranca Honda, un nuevo pulmón para la ciudad. Obtenido de Ayuntamiento de Xalapa: <https://xalapa.gob.mx/blog/2024/11/19/parque-ecologico-barranca-honda-un-nuevo-pulmon-para-la-ciudad/>
- H. Ayuntamiento de Xalapa. (21 de 01 de 2025). Comunicado 1717: Trabaja Xalapa por un mejor medio ambiente. Obtenido de Ayuntamiento de Xalapa: <https://xalapa.gob.mx/blog/2025/01/21/trabaja-xalapa-por-un-mejor-medio-ambiente/>
- Hernández González, D. F. (2024). La Pentahélice: estrategia para el desarrollo productivo-empresarial en las regiones y metrópolis. La auto-organización como autopoiesis de lo social y solidario. En U. d. Guadalajara, Ecosistemas de emprendimiento e innovación: experiencias y métodos en la UdG-CUaltos y la UV-VITAE-V.I.D.A.-SUME. MaJoMa Editorial.

- Hernández, M. (22 de 01 de 2019). Falta cultura de separación y reciclaje de basura. Obtenido de Diario de Xalapa: <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/no-hay-cultura-de-separacion-y-reciclaje-de-basura-xalapa-15545604?token=-567587227>
- Huerta, V. (24 de 02 de 2021). Con inversión de 70 mdp se amplía capacidad del relleno sanitario El Tronconal. Obtenido de AVC Noticias: <https://www.avcnoticias.com.mx/noticias-veracruz/xalapa/312413/con-inversion-de-70-mdp-se-amplia-capacidad-del-relleno-sanitario-el-tronconal.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). En números, documentos de análisis y estadísticas. (O. Jaimes Bello, Ed.) En números, documentos de análisis y estadísticas, 2(24).
- Mexico business news. (26 de 12 de 2024). Mexico's New Plant Transforms Organic Waste Into Energy. Obtenido de Mexico business news: <https://mexicobusiness.news/energy/news/mexicos-new-plant-transforms-organic-waste-energy>
- Ochoa González, D., & Mack, S. (2021). Mi Historia De Compostaje: Daniela Ochoa Gonzalez. Obtenido de Compostcrew: <https://compostcrew.com/historia-compostaje-daniela/>
- Polèse, M. (1998). Economía Urbana y Regional. Introducción a la relación entre desarrollo y territorio. (G. Pérez Galicia, & E. Pou Madinaveitia, Trads.) Cartago, Costa Rica: LUR (Libro Universitario Regional).
- SEDEMA. (06 de 2024). Programa Reciclón 2024. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz: <https://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/2024/05/14/reciclon-xalapa-2024/>
- Tecnología del plástico. (10 de 12 de 2021). Recycling in Mexico, an industry with potential. Obtenido de Tecnología del plástico: <https://www.plastico.com/es/noticias/recycling-mexico-industry-potential>