

Capítulo 40. Gestión y reciclaje de residuos sólidos urbanos: caso Chetumal.

Mario Arturo Selem Salinas
Robert Beltrán López
Eustacio Díaz Rodríguez
Corina Santana Duarte

Tecnológico Nacional de México, Campus Chetumal

DOI: [10.46990/iQuatro.2025.04.19.40](https://doi.org/10.46990/iQuatro.2025.04.19.40)

Resumen

El estudio analiza la economía circular (EC) como estrategia para la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), evaluando y comparando las prácticas globales, nacionales y locales. Mediante una revisión sistemática de literatura, se identificaron avances significativos en Europa y Asia, donde marcos legales y tecnologías han optimizado recursos y reducido residuos. Se realiza un estudio de las medidas tomadas en Quintana Roo debido a que destaca por su Leyes, programas de reciclaje y colaboración. Se concluye que la economía circular exige tecnología, normativas y un cambio cultural profundo para consolidarse como herramienta de desarrollo sostenible.

Palabras clave

Economía circular, gestión, reciclaje, residuos sólidos urbanos (RSU)

Introducción

En las últimas décadas, el crecimiento acelerado de las zonas urbanas ha conllevado un aumento significativo en la generación de residuos sólidos urbanos (RSU), lo que plantea un reto crítico para la sostenibilidad y la gestión ambiental (Karak, Bhagat & Bhattacharyya, 2012). El crecimiento demográfico, ha intensificado la producción de desechos y la presión sobre los sistemas de recolección y procesamiento de residuos (Wilson et al., 2015). Este desafío es relevante en ciudades modernas, donde la complejidad social y la infraestructura avanzada requieren de estrategias innovadoras y sostenibles para gestionar los residuos de manera eficiente (Siddiqui et al., 2021).

La gestión de residuos sólidos urbanos no solo es una cuestión ambiental, sino que también influye en la salud pública, la economía y el bienestar de los ciudadanos (Guerrero, Maas & Hogland, 2013). Sin embargo, aunque existen diversas iniciativas para mejorar el manejo de los residuos, la implementación de prácticas efectivas de reciclaje en las ciudades modernas enfrenta obstáculos como la falta de infraestructura adecuada, la escasa participación ciudadana y la necesidad de políticas integrales que articulen a todos los actores involucrados (Oelofse & Godfrey, 2008).

Este trabajo examina los enfoques contemporáneos en la gestión y reciclaje de residuos sólidos urbanos en entornos urbanos modernos, considerando tanto las tecnologías actuales como los marcos regulatorios y sociales que influyen en estos procesos. A través de un análisis de la literatura se busca realizar una exploración de las prácticas globales, nacionales y locales entorno a la economía circular y su posible adaptación en ciudades de distintos contextos culturales y económicos (Zaman & Lehmann, 2011).

Este trabajo concluido se realiza de acuerdo a la recopilación, revisión y análisis de literatura la cual ondea en el tema de la gestión de los residuos sólidos y su tratamiento de forma global.

Revisión de la Literatura

La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) se ha convertido en un reto global debido al rápido crecimiento poblacional, la expansión de las áreas urbanas y el aumento en los niveles de consumo. Estos factores han incrementado significativamente la generación de residuos, sobrecargando los sistemas de disposición tradicionales y causando efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública (Kaza et al., 2018).

Según el Banco Mundial, en 2016 se produjeron 2.01 mil millones de toneladas de RSU a nivel global, y se estima que esta cifra podría ascender a 3.4 mil millones de toneladas

para 2050 si no se implementan estrategias efectivas de gestión (World Bank, 2018). Ante esta problemática, el modelo de economía lineal, que sigue un ciclo de “producir, consumir y desechar”, ha sido criticado por su contribución a la acumulación de residuos y la explotación excesiva de recursos naturales, lo cual ha generado un incremento en los vertederos y las emisiones de gases de efecto invernadero, exacerbando el cambio climático y deteriorando los ecosistemas (UNEP, 2015).

En respuesta a ello, La economía circular (EC) ha surgido como una alternativa para enfrentar los desafíos de los sistemas actuales de producción y consumo, promoviendo la reducción, reutilización y reciclaje de materiales (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Este enfoque, inspirado en la ecología industrial, fue introducido por Frosch y Gallopoulos (1989), quienes sugirieron que los sistemas industriales deberían emular los ciclos cerrados de los ecosistemas naturales donde los materiales sean reutilizados y reincorporados al ciclo productivo en lugar de ser desechados como residuos (Korhonen et al., 2018).

Más adelante, Stahel (2016) enriqueció esta perspectiva al demostrar cómo los ciclos de materiales y energía pueden incorporarse en estrategias empresariales y políticas públicas. Sin embargo, como señalan Kirchherr, Reike y Hekkert (2017), la falta de consenso sobre una definición unificada de la EC ha dificultado su adopción global y su traducción en acciones concretas.

No obstante, hoy en día la implementación de la economía circular ha sido priorizada en diversas regiones del mundo, particularmente en la Unión Europea, donde se ha desarrollado un marco normativo robusto que incluye el Paquete de Economía Circular de 2015 y la Directiva Marco de Residuos. Estos instrumentos establecen objetivos ambiciosos, tales como alcanzar una tasa de reciclaje del 65% para 2035 (European Commission, 2018).

La implementación de la economía circular ha mostrado resultados significativos en países europeos y asiáticos. Por ejemplo, en Suecia, Dinamarca y los Países Bajos, se han desarrollado sistemas que combinan recolección selectiva, reciclaje y conversión de residuos en energía, alcanzando tasas de aprovechamiento superiores al 90% (Swedish Waste Management, 2019).

Además, en Suecia se ha explorado la economía circular en la industria textil, donde los análisis de ciclo de vida y casos de estudio en empresas de confección han revelado que el reciclaje de materiales y el diseño sostenible pueden reducir el impacto ambiental. Sin embargo, este sector enfrenta desafíos, como el alto costo y la complejidad en la cadena de suministro, que limitan su adopción masiva (Sandin & Peters, 2018).

En Japón, la integración de la educación ambiental desde la educación primaria, complementada con campañas de concienciación pública, ha sido fundamental para alcanzar altas tasas de reciclaje. Según un informe del Ministerio del Medio Ambiente de Japón, en 2017, las tasas de reciclaje en diferentes sectores fueron: 95% para fabricantes de alimentos, 67% para mayoristas, 51% para minoristas y 32% para restaurantes. Estos datos reflejan la efectividad de las políticas públicas, la infraestructura adecuada y la educación ambiental en la promoción de prácticas sostenibles de gestión de residuos (Ministry of the Environment, Japan, 2020).

Por otra parte, uno de los aspectos más destacados de la economía circular es su capacidad para generar ahorros significativos en costos de producción. Kirchherr et al. (2017) señalan que las prácticas circulares, como la reutilización de materiales y la optimización de procesos, permiten a las empresas reducir sus costos operativos. Esto no solo aumenta la rentabilidad, sino que también las posiciona de manera más competitiva en un mercado globalizado. Además, la investigación de Geissdoerfer et al. (2017) sugiere que las empresas que adoptan modelos circulares son más resilientes frente a fluctuaciones en los precios de las materias primas, reduciendo su exposición a riesgos económicos externos.

En términos de generación de empleo, la economía circular también representa una oportunidad significativa para diversificar el mercado laboral. Ellen MacArthur Foundation (2015) estima que la transición hacia una economía circular podría crear millones de empleos en sectores como la reparación, el reciclaje y la remanufactura. Este impacto no solo se limita a economías desarrolladas, sino que también es particularmente relevante en economías emergentes, donde las cadenas de valor pueden ser reconstruidas bajo principios de circularidad (Preston, 2012).

Desde una perspectiva macroeconómica, la economía circular también tiene el potencial de estimular el crecimiento económico. Según Korhonen et al. (2018), al extender la vida útil de los productos y promover el reciclaje, los países pueden reducir significativamente su dependencia de la importación de materias primas, mejorando su balanza comercial. Esto es especialmente importante para economías dependientes de recursos no renovables, que enfrentan desafíos de sostenibilidad en un contexto global marcado por la volatilidad de los mercados.

Además, los beneficios económicos de la economía circular no solo se limitan a los sectores industriales. Lieder y Rashid (2016) destacan que la integración de modelos circulares en las economías locales puede tener un efecto multiplicador, generando oportunidades para pequeñas y medianas empresas (pymes) que ofrecen servicios relacionados con el reci-

claje, la reparación y la innovación. Esto no solo diversifica la economía local, sino que también fomenta la inclusión social al crear empleos accesibles para comunidades vulnerables.

Asimismo, la economía circular impulsa avances tecnológicos y nuevos modelos de negocio que redefinen la forma en que las empresas crean y entregan valor. Según Bocken et al. (2016), el diseño sostenible y la fabricación modular no solo permiten a las empresas optimizar sus recursos, sino que también les brindan la capacidad de ofrecer productos personalizados y adaptables a las necesidades de los consumidores. Este enfoque fomenta una mayor lealtad del cliente y fortalece la competitividad en el mercado. Complementando esta visión, Stahel (2016) subraya que los modelos de negocio basados en el alquiler y el leasing están ganando popularidad, ya que no solo maximizan la eficiencia en el uso de los recursos, sino que también generan flujos de ingresos constantes y estables para las empresas.

La innovación tecnológica desempeña un papel igualmente esencial en la economía circular, permitiendo la optimización de procesos como el reciclaje y la recuperación de materiales. Hopewell et al. (2009) destacan técnicas como el reciclaje mecánico, que permite reutilizar materiales sin alterar su estructura química, y el reciclaje químico, que descompone materiales complejos en materias primas de alta calidad.

Un ejemplo destacado de la integración tecnológica en la economía circular es el caso de Corea del Sur. El uso de biodigestores para procesar alrededor de 10,000 toneladas diarias de desechos alimenticios ha permitido la generación de biogás y electricidad, reduciendo significativamente las emisiones de metano y la dependencia de fuentes de energía no renovables (Lee et al., 2020). Este caso ilustra cómo la combinación de innovación tecnológica y modelos de negocio circulares puede acelerar la transición hacia sistemas económicos más sostenibles, maximizando tanto los beneficios económicos como ambientales.

Por otra parte, en América Latina, la implementación de políticas de economía circular enfrenta retos significativos debido a limitaciones en la infraestructura y en la capacidad de gestión de los gobiernos locales. Sin embargo, algunos países han comenzado a adoptar enfoques integrados de gestión de residuos que buscan replicar los éxitos de países europeos y asiáticos. Colombia, por ejemplo, ha desarrollado una Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, que incentiva el reciclaje y promueve la reutilización de residuos orgánicos para la producción de biogás y compost. Este enfoque ha demostrado ser beneficioso tanto en términos ambientales como económicos, al reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos y disminuir los costos asociados a su disposición (Medina, 2020). Chile, por su parte, ha implementado la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor, que obliga a las empresas a gestionar los residuos de los productos que comercializan, pro-

moviendo el reciclaje y la reutilización de materiales en múltiples sectores de la economía (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2019).

En términos de generación de empleo, el sector de reciclaje en México ha demostrado ser una fuente importante de ingresos y trabajo. Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la industria del reciclaje genera alrededor de 50,000 empleos directos y más de 250,000 indirectos, posicionándose como una actividad económica en crecimiento dentro del país. Este sector no solo reduce la cantidad de residuos enviados a los vertederos, sino que también permite una reducción en la importación de materiales vírgenes, especialmente en la industria de plásticos, papel y vidrio, disminuyendo costos para las empresas y promoviendo la autosuficiencia (SEMARNAT, 2020).

Por lo tanto, la implementación de la economía circular no solo ha beneficiado a las empresas, sino que también contribuye a disminuir los precios esto de acuerdo con el estudio de Kirchherr et al. (2017), donde la adopción de prácticas de economía circular puede reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia de los recursos, lo que se traduce en precios más bajos para los consumidores y una mayor competitividad en el mercado. Además, la investigación de Geissdoerfer et al. (2017) destaca que la economía circular fomenta la innovación y la creación de valor, lo que permite a las empresas ofrecer productos de mayor calidad a precios más accesibles, beneficiando tanto a las empresas como a los consumidores.

Además, el sector de residuos orgánicos también ha cobrado relevancia económica. Empresas en México han comenzado a implementar el compostaje y la generación de biogás a partir de residuos orgánicos, lo cual no solo reduce los costos de disposición de residuos, sino que también genera ingresos adicionales mediante la venta de compost y biogás. La compañía Suema, por ejemplo, reporta que el procesamiento de residuos orgánicos para la producción de biogás y fertilizantes ha generado un retorno de inversión del 12% anual, demostrando que el aprovechamiento de residuos orgánicos es económicamente viable y una fuente importante de energía renovable para la industria agrícola (Suema, 2019).

En la actualidad el Estado de México es la entidad que más residuos sólidos urbanos (RSU) genera, lo que evidencia la necesidad urgente de estrategias sostenibles que armonicen las demandas ambientales y sociales en el país.

Según Díaz, Alvarado y Pérez (2018), la gestión de RSU implica la participación de varios agentes: los gobiernos federal, estatal y municipal, la población, las instituciones educativas y el sector privado. Sin embargo, identifican a los gobiernos municipales como los actores clave para impulsar cambios significativos, ya que la falta de involucramiento de estos

ha resultado en la subutilización y el desperdicio de recursos valiosos, a pesar de que todos los agentes reconocen la importancia de una adecuada gestión de residuos.

Además, Flores Montalvo et al. (2024) destacan que la transición hacia una economía circular en México requiere políticas públicas efectivas y la colaboración entre sectores para maximizar los beneficios económicos y ambientales. Por su parte, el informe de WRI México y Fundación Femsa (2024) enfatiza la necesidad de un marco legal sólido y la participación activa de la sociedad civil para impulsar la economía circular en el país.

Para promover una economía circular efectiva, el marco normativo mexicano, a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y la Ley General de Economía Circular, ha establecido normativas para la recolección, valorización y tratamiento de residuos. Con estas leyes se incentiva a la inversión en infraestructura para el reciclaje y la reutilización, integrando los residuos en la cadena de suministro y otorgándoles un valor económico en lugar de desecharlos.

Es por ello por lo que, en 2019, Quintana Roo se posicionó como pionero en México al promulgar la “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo”. Esta legislación establece directrices claras para la gestión de residuos, promoviendo prácticas como la reducción, reutilización y reciclaje, y prohibiendo el uso de plásticos de un solo uso. Además, introduce el concepto de responsabilidad extendida del productor, obligando a las empresas a gestionar los residuos derivados de sus productos (Congreso del Estado de Quintana Roo, 2022).

El Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, incluye subprogramas enfocados en la gestión de residuos en zonas costeras y áreas naturales protegidas, reconociendo la importancia de preservar los ecosistemas locales (Congreso del Estado de Quintana Roo, 2022).

La implementación de estas normativas ha impulsado diversas iniciativas en el estado. Por ejemplo, el programa “Recicla porque el Futuro Está Aquí” busca concientizar a la ciudadanía sobre el valor económico de los residuos, promoviendo prácticas de reciclaje y reutilización en comunidades locales (GALU comunicación, 2024).

Asimismo, se han llevado a cabo capacitaciones y talleres dirigidos a funcionarios municipales y actores clave, con el objetivo de identificar oportunidades en la economía circular y desarrollar proyectos que aprovechen los residuos como recursos valiosos (Portal Ambiental, 2022). Una de las iniciativas más relevantes es la organización del foro “Quintana Roo Resiliente y Circular”, que busca impulsar la economía local mediante la promoción de prácticas sostenibles y la colaboración entre sectores público y privado. Este foro ha servido

como plataforma para compartir experiencias y estrategias exitosas en la implementación de la economía circular en la región, así como facilitando la localización de puntos de retorno para materiales reciclables (Coordinación General de Comunicación, 2024).

En Chetumal, la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) presenta desafíos importantes que impactan tanto al medio ambiente como a la economía local. La generación per cápita de residuos en la ciudad alcanza los 0.452 kg por persona al día, de los cuales el 40.5% corresponde a residuos orgánicos, lo que revela un potencial significativo para el compostaje y la valorización de estos desechos (Flores et al., 2021). Sin embargo, el sistema de recolección es ineficiente y carece de la infraestructura necesaria para un manejo adecuado de los RSU, lo que ha contribuido a la proliferación de tiraderos clandestinos y a la contaminación de cuerpos de agua cercanos (León et al., 2020). Esta problemática no solo plantea un riesgo ambiental, sino que también representa un alto costo económico para la ciudad, afectando la imagen de la región y generando gastos adicionales en remediación.

Por otra parte, en Chetumal, se ha identificado que la educación y la concienciación ambiental juegan un papel crucial en el éxito de las prácticas de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU). Aunque estudios sobre el manejo de residuos en hogares de la ciudad como el de Kantun, et al., (2024) muestran que la población tiene un conocimiento teórico sobre la importancia del reciclaje, las prácticas efectivas aún son limitadas, debido a la falta de financiamiento para equipar adecuadamente los rellenos sanitarios, adquirir maquinaria especializada y capacitar al personal encargado.

Esto se debe en gran medida a la falta de infraestructura adecuada y a la carencia de programas de sensibilización que fortalezcan la participación ciudadana en la separación y disposición responsable de los residuos. Sin un sistema de recolección selectiva eficiente y sin centros de acopio accesibles, los esfuerzos individuales y comunitarios se ven obstaculizados, perpetuando la dependencia de los vertederos y los problemas ambientales que estos conllevan (Cano y Arriaga, 2023).

Metodología

La presente investigación documental sobre economía circular se desarrolló mediante un enfoque cualitativo, utilizando técnicas de recopilación, análisis e interpretación de información secundaria. El diseño de esta investigación es de carácter exploratorio y descriptivo, con el objetivo de identificar, analizar y sintetizar las contribuciones existentes sobre la economía circular en diversos contextos. Las fuentes utilizadas para esta investigación incluyeron artículos científicos publicados, informes técnicos de organizaciones internacionales, leyes y normativas nacionales y locales, así como estudios de caso relevantes. En cuanto a la

relevancia temática, se incluyeron exclusivamente trabajos que abordaran la economía circular desde una perspectiva económica, ambiental o social. Las categorías consideradas para análisis son la de son la de Generación de residuos, considerando el universo poblacional; la recolección de residuos, tomando en consideración el destino que se le dará y la disposición final como el espacio, capacidad y cumplimiento de normas.

Resultados

De acuerdo a la investigación y al análisis de estudios realizados, los resultados encontrados respecto al manejo de los residuos solidos urbanos en la ciudad de Chetumal y acciones promovidas para lograr una transición a la economía circular, con una situación actual de los residuos en incremento del 16.4% de septiembre 2023 a septiembre 2024 con una infraestructura al 85% de su capacidad de uso y no contando con en su totalidad con las normas establecidas por protección ambiental.

Discusión

La economía circular se posiciona como una respuesta imprescindible a los retos globales de sostenibilidad y desarrollo económico, pero su implementación revela contradicciones y tensiones que exigen una reflexión más profunda. Aunque la literatura destaca sus beneficios potenciales, como la reducción de residuos, la generación de empleo y la eficiencia en el uso de recursos (Ellen MacArthur Foundation, 2013; Kirchherr et al., 2017), los resultados no son universales ni garantizados. La economía circular es, en esencia, una transición, y como toda transición, enfrenta barreras estructurales, culturales y económicas que no siempre son abordadas con la profundidad requerida.

En primer lugar, la narrativa de la economía circular tiende a centrarse en sus beneficios económicos, como la reducción de costos o el aumento de competitividad (Bocken et al., 2016; Lieder & Rashid, 2016). Sin embargo, esto puede llevar a una instrumentalización del concepto, donde se priorizan los intereses empresariales sobre los impactos sociales y ambientales. En este sentido, cabe preguntarse si los modelos circulares están logrando realmente el cambio sistémico que prometen o si, en algunos casos, simplemente prolongan la lógica extractiva bajo un nuevo marco retórico. Por ejemplo, el énfasis en tecnologías avanzadas, como los biodigestores o el reciclaje químico, podría beneficiar a grandes industrias, pero dejar de lado a actores clave en la transición, como las comunidades locales o las pequeñas empresas (Hopewell et al., 2009; Lee et al., 2020).

Además, la economía circular corre el riesgo de perpetuar desigualdades regionales si no se adapta a los contextos específicos de cada lugar. En regiones como Quintana Roo,

donde el turismo es un motor económico clave, la generación de residuos es una problemática compleja que requiere enfoques integrales y no solo soluciones tecnológicas (Flores et al., 2021). El marco legal establecido, aunque sólido, no necesariamente garantiza resultados si no se acompaña de inversiones sostenidas en infraestructura y educación ambiental. La experiencia de países como Japón muestra que la educación ciudadana es un pilar fundamental, pero implementar este modelo en contextos con altos niveles de desigualdad social y económica, como en muchas partes de México, plantea un desafío mayor (Ministry of the Environment, Japan, 2020).

Otro punto de análisis surge de las tensiones entre las escalas global y local de la economía circular. Mientras los marcos internacionales promueven la eficiencia de recursos y la reducción de residuos, estas directrices a menudo no consideran las realidades locales, como la falta de infraestructura básica o la limitada capacidad institucional en muchos países en desarrollo (Medina, 2020). En el caso de Quintana Roo, aunque se han implementado iniciativas prometedoras como “Recicla porque el Futuro Está Aquí” y “Quintana Roo Circular”, no se ha logrado una integración plena de los distintos actores sociales y económicos. Esto evidencia la necesidad de una gobernanza más inclusiva que permita alinear los intereses de los sectores público, privado y comunitario.

Por último, es necesario cuestionar si el modelo actual de economía circular está logrando abordar las raíces del problema o simplemente mitigando sus síntomas. La economía circular debe ir más allá de la simple gestión de residuos para repensar profundamente los sistemas de producción y consumo. Esto implica no solo optimizar lo existente, sino también cuestionar patrones de consumo excesivo y fomentar una redistribución equitativa de los recursos. En este contexto, la implementación de la responsabilidad extendida del productor en Quintana Roo es un paso importante, pero limitado si no se refuerza con políticas que incentiven la reducción en la generación de residuos desde el diseño de los productos.

En síntesis, la economía circular ofrece un camino viable hacia la sostenibilidad, pero su implementación debe ir acompañada de un enfoque crítico que reconozca sus limitaciones y potenciales contradicciones. El éxito de este modelo dependerá de su capacidad para integrar la diversidad de actores, superar las barreras estructurales y culturales, y abordar los desafíos de inequidad que emergen tanto a nivel local como global. Quintana Roo tiene una oportunidad única de liderar esta transición en México, pero para ello será esencial trascender los discursos teóricos y enfocarse en estrategias pragmáticas, inclusivas y adaptativas.

Conclusiones

La economía circular no debe ser vista únicamente como un modelo operativo o una herramienta para optimizar la gestión de residuos; más bien, representa una oportunidad para replantear las relaciones entre los sistemas económicos, los recursos naturales y las sociedades. Si bien la literatura revisada destaca los avances logrados en la implementación de estrategias circulares, también subyace la necesidad de una transición que no solo sea técnica o económica, sino también profundamente cultural y estructural.

En este sentido, un elemento que ha sido poco explorado en los estudios revisados es el papel de la creatividad y la innovación social como motores de cambio hacia la circularidad. Si bien las tecnologías avanzadas y los marcos legales son fundamentales, la capacidad de las comunidades para co-crear soluciones adaptadas a sus realidades locales puede ser igual de transformadora.

De este modo se concluye que en Chetumal predomina el modelo de economía lineal, ya que no cuentan con sistemas de reciclaje o separación, así como la falta de participación de los ciudadanos por lo cual el destino final de los residuos son el basurero.

Por la falta de infraestructura la propuesta más viable para generar cambios y poder comenzar la transición a la EC, es la adopción de prácticas responsables en cuanto a la separación de los residuos desde el origen, el cual requiere gran compromiso por parte de las autoridades y la ciudadanía.

Referencias

- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1203207>
- C40 Cities. (2016). Good practice guides: San Francisco - Zero waste by 2020. C40 Cities. <https://www.c40.org/es/case-studies/c40-good-practice-guides-san-francisco-zero-waste-by-2020/>
- Cano, R. & Arriaga, M. (2023). Estudio sobre el manejo de residuos sólidos en hogares de Chetumal. *CUADERNO URBANO. Espacio, cultura, sociedad*, 35(35), 149-166. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369275548007>
- Congreso del Estado de Quintana Roo. (2023). Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. <https://bitly.cx/D0vW>
- Coordinación General de Comunicación, (2024). Se impulsa la economía con el Foro: Quintana Roo Resiliente y Circular. <https://acortar.link/T6SbnW>

- Díaz, E., Alvarado, A., & Pérez, C. (2018). Estrategias en el manejo de residuos sólidos urbanos en el desarrollo local sostenible, estado de México. En *Impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo* (pp. 108-124). Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., Coeditores. <http://ru.iiec.unam.mx/4254/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_GrowthWithin_Report_2015.pdf
- European Commission. (2018). A European strategy for plastics in a circular economy. European Union. <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>
- Flores, L., Martínez, J., & Torres, R. (2021). Caracterización de los residuos sólidos urbanos en Chetumal y su potencial para el compostaje. *Revista Mexicana de Ciencias Ambientales*, 7(3), 105-118. <https://doi.org/10.22201/rmca.2021.0003>
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144–152. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144>
- GALU comunicación, (2024). Impulso a la economía circular y la conciencia ambiental con programas innovadores. <https://bitly.cx/AxtE>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220-232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115-2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Estadísticas de residuos sólidos urbanos en México. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/>
- Kantun Poot, A. S., Maldonado Antonio, D. M., Beltrán López, R., & Díaz Rodríguez, E. (2024). Oportunidades de negocio a través del aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en Chetumal. *Emergentes - Revista Científica*, 4(3), 450–459. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i3.229>
- Karak, T., Bhagat, R. M., & Bhattacharyya, P. (2012). Municipal solid waste generation, composition, and management: The world scenario. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(15), 1509-1630. <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.569871>

- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Lee, S. W., Park, S., & Cho, S. H. (2020). Conversion of food waste to energy using anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 156, 1243-1250. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.006>
- León, A., Sánchez, M., & Pérez, D. (2020). Análisis de la infraestructura y gestión de residuos sólidos urbanos en Chetumal, Quintana Roo. *Revista de Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 9(2), 225-239. <https://doi.org/10.22201/rgads.2020.0002>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Medina, M. (2020). Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Colombia: Un análisis de su impacto ambiental y económico. *Revista de Gestión Ambiental y Sostenibilidad*, 15(3), 225-245. <https://doi.org/10.1016/j.gesus.2020.03.005>
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2019). Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. <https://mma.gob.cl/ley-responsabilidad-productor/>
- Oelofse, S., & Godfrey, L. (2008). Towards improved waste management services in South Africa: A waste governance perspective. *Waste Management*, 28(8), 1461-1468. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.031>
- Portal Ambiental. (2022). Identifican áreas de oportunidad de economía circular en Quintana Roo. <https://www.portalambiental.com.mx/>
- Preston, F. (2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. Chatham House. <https://www.chathamhouse.org/2012/06/global-redesign-shaping-circular-economy>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y datos geoespaciales. SEMARNAT. <https://www.gob.mx/semarnat>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Informe de la situación del medio ambiente en México 2018: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y datos geoespaciales. SEMARNAT. <https://www.gob.mx/semarnat>

- Siddiqui, T., Ahmad, K., & Ayub, A. (2021). Smart waste management system for efficient urban waste collection: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126120. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126120>
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>
- Suema. (2019). Producción de biogás y fertilizantes a partir de residuos orgánicos: Un enfoque rentable para la economía circular en México. Suema. <https://www.suema.com.mx/biogas-fertilizantes>
- UNEP. (2015). Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2015). Global waste management outlook. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/>
- Wilson, D. C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C. A., & Alabaster, G. (2015). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research*, 33(12), 1049-1057. <https://doi.org/10.1177/0734242X15592106>
- World Bank. (2018). What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Zaman, A. U., & Lehmann, S. (2011). Challenges and opportunities in transforming a city into a “zero waste city”. *Cities*, 28(4), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.03.005>