

Gestión de residuos sólidos en León, Guanajuato: indicios de economía circular y de los objetivos del desarrollo sostenible

Solid Waste Management in León, Guanajuato: Signs of Circular Economy and the Sustainable Development Goals

Daniel Tagle Zamora*  <https://orcid.org/0000-0002-6203-7429>
Graciela Carrillo González**  <https://orcid.org/0000-0001-8969-5096>

Resumen

Objetivo: definir el estado actual del manejo de residuos sólidos urbanos en León, Guanajuato. La unidad de análisis es el Sistema Integral de Aseo Público del municipio. Metodología: el estudio es de corte cualitativo. La información se obtuvo de entrevistas en profundidad a los actores de la gestión de residuos complementado con información pública y artículos especializados. Resultados: el modelo para el manejo de los residuos de León está creando condiciones para la valorización de éstos y el desarrollo de mercados en un sentido muy inicial de economía circular. Las cifras oficiales de la generación per cápita de residuos muestran una reducción de 38% en 2020 con respecto a 2009, dando cuenta de una aproximación hacia los objetivos del desarrollo sostenible. Valor: se analiza el manejo de residuos sólidos urbanos en un municipio bajo la perspectiva de economía circular. Limitaciones: el estudio no consideró a profundidad la aportación de los pepenadores. Conclusiones: el organismo operador da prioridad a mantener sus finanzas sanas antes que impulsar un proyecto consistente de economía circular que coadyuve mejor con los objetivos del desarrollo sostenible.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos; economía circular; objetivos del desarrollo sostenible; Sistema Integral de Aseo Público; León; Guanajuato.

Abstract

Objective: to define the current state of urban solid waste management in León, Guanajuato. The analysis unit is the Public Cleaning Integrated System. Methodology: it is a qualitative study. The information was obtained from in-depth interviews with waste management actors, complemented with public information and specialized articles. Results: the model for waste management in León is creating conditions for its recovery and the development of markets in a very initial sense of circular economy. The official data for the per capita generation of waste exhibit a reduction of 38% in 2020 compared to 2009, showing a path towards the objectives of sustainable development. Value: the management of urban solid waste in a municipality is analyzed from the perspective of circular economy. Limitations: the study did not consider in depth the contribution of the pickers. Conclusions: the operating agency's priority is to keep healthy finances rather than focusing on a consistent circular economy project that could give support to the sustainable development goals.

Keywords: urban solid waste; circular economy; sustainable development goals; Public Cleaning Integrated System; León; Guanajuato.

■ **Cómo citar:** Tagle Zamora, D., y Carrillo González, G. (2022). Gestión de residuos sólidos en León, Guanajuato: indicios de economía circular y de los objetivos del desarrollo sostenible. *región y sociedad*, 34, e1583. doi: 10.22198/rys2022/34/1583

*Autor para correspondencia. Universidad de Guanajuato, Departamento de Estudios Sociales. Puente Milenio núm. 1001, Predio de San Carlos, C. P. 37670, León, Guanajuato, México. Correo electrónico: datagle@ugto.mx

** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Calzada del Hueso núm. 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, C. P. 04960, Ciudad de México, México. Correo electrónico: gcarri@correo.xoc.uam.mx

Recibido: 30 de noviembre de 2021

Aceptado: 18 de abril de 2022

Liberado: 2 de junio de 2022



Esta obra está protegida bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional.

Introducción

Frente a un escenario de crisis ambiental que se discute a escala mundial desde hace medio siglo, la lenta transición hacia modelos de producción y de consumo más sustentables pretende hoy aferrarse a la idea de extremar esfuerzos para minimizar el uso de los recursos naturales y hacer un manejo más eficiente de los residuos sólidos urbanos (RSU) para recuperar ciertos materiales y alargar su vida útil en la lógica de una economía circular (EC) (Ribeiro, Braga y Duncan, 2018). Esta se posiciona en el contexto actual como una visión alternativa para transitar hacia un paradigma más sustentable, y en torno a éste se establecen acuerdos internacionales que fijan importantes retos para los países, como los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) (Sundaram, 2020), los cuales abordan diversos aspectos relativos a la mejora del medioambiente. Entre ellos, está explícita la gestión de los RSU en los objetivos 11 y 12.

México ha sido un país activo en las discusiones y convenios en torno a la agenda ambiental internacional. Se ha comprometido, desde la década de 1980, a crear el marco legal e institucional necesario para enfrentar el problema. En 1988 surge la primera ley rectora general a escala federal, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece las competencias de los distintos niveles de gobierno y da pauta para posteriores leyes específicas. En 2003 se crea la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) que, junto con la LGEEPA, dan la norma para que el gobierno federal, los estados y los municipios avancen de forma coordinada en la administración de los RSU (Jiménez, 2015): ambas leyes establecen que los municipios son responsables de implementar los procesos de reducción, separación y valorización de los residuos, con el fin de minimizar los efectos negativos en la salud humana y en el ambiente (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003).

No obstante, a casi veinte años de la implementación de la LGPGIR, la propia federación, en su actual propósito de Visión Basura Cero (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019), ha reconocido que dichos instrumentos legales no contribuyen a una gestión de residuos adecuada. Indicadores clave, como la generación per cápita diaria de los RSU, son muestra de las asignaturas pendientes que prevalecen en el sector. En 2004 México generaba 94 800 toneladas al día de RSU (0.90 kg/hab/día). En 2020 se registraron 120 128 toneladas (0.94 kg/hab/día) (SEMARNAT, 2020), es decir, un aumento per cápita de 4%, hecho que ha llevado a las autoridades federales a incorporar nuevas estrategias para el manejo de dichos residuos, como la EC, mediante la cual se pretende revertir la compleja situación que padece el país y a la vez orientarlo hacia el cumplimiento de los ODS incluidos en la Agenda 2030 que México firmó en 2015.

El estado de Guanajuato presenta una tendencia similar a la del contexto nacional en la generación de RSU: ha pasado de 0.92 kg/hab/día en 2010 (Universidad Nacional Autónoma de México-Programa Universitario de Medio Ambiente [UNAM-PUMA], 2014) a 1.02 kg/hab/día en 2020 (SEMARNAT, 2020), hecho al que se suman múltiples problemas relacionados con los procesos de

separación de residuos, de recolección, de valorización, tratamiento y disposición final de éstos (Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial [SMAOT], 2021). En este contexto estatal llama la atención el municipio de León, que presenta un comportamiento contrario a la tendencia nacional y estatal en la generación de RSU —la cual gestiona el Sistema Integral de Aseo Público (SIAP) de León.

El municipio de León es el tercero más poblado del país. En 2020 tenía 1.7 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020) y una intensa actividad económica que lo colocó en el primer lugar en aportaciones al producto interno bruto (PIB) del estado (Instituto Municipal de Planeación [IMPLAN], 2020) y en el noveno a escala nacional entre las ciudades con mayor actividad económica (Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO], 2020).

En este contexto, el comportamiento registrado en León indica que la generación de RSU per cápita ha pasado de 1.02 kg/hab/día en 2005 a 0.62 kg/hab/día en 2020 (Sistema Integral de Aseo Público [SIAP], 2020; SMAOT, 2021). En lo que respecta al volumen absoluto de los RSU que generan en las viviendas al día, en 2007 se calcularon en 1 150 toneladas. En 2020 el volumen diario se estimó en 985 toneladas (Presidencia Municipal de León, 2013; SMAOT, 2021); es decir, ha habido una disminución de 14% en trece años. En cuanto a la generación per cápita, esta se ha reducido 39% entre 2005 y 2020.

El propósito del presente trabajo es, a partir de la tendencia de los datos señalados, analizar los procesos que ha implementado el SIAP para el manejo de los RSU en León, a fin de identificar las medidas que han permitido reducciones sensibles en sus principales indicadores y saber cuáles son las posibles pautas para la EC y para el cumplimiento de las metas de los ODS, en particular del objetivo 12.

La metodología empleada fue de carácter cualitativo con entrevistas en profundidad a los responsables de la gestión y manejo de los RSU de León y a actores de las empresas privadas que prestan el servicio de recolección de residuos, de disposición final y de generación de energía eléctrica a partir de la biomasa del relleno sanitario de la ciudad. La información cuantitativa que ha permitido el análisis del caso de estudio se ha derivado de informes oficiales y se ha complementado con las entrevistas realizadas.

El documento se estructura en cinco secciones. El segundo apartado establece un debate conceptual en torno a la EC y a las dificultades para el cumplimiento de los ODS como enfoques para definir el estado actual del manejo de los RSU en León. El tercero describe el diseño metodológico de la investigación y la zona de estudio. El cuarto caracteriza el enfoque que ha adoptado el gobierno municipal para la gestión de residuos y sus estrategias para la separación y aprovechamiento de los RSU. El quinto apartado está dedicado a la discusión y a las conclusiones.

El debate conceptual de la EC y los ODS

La EC se ve hoy como una alternativa para minimizar los efectos del modelo de producción y consumo actual basado en los hidrocarburos (recurso natural no renovable) y para contrarrestar la estrategia de obsolescencia programada que reduce el ciclo de vida de los productos e incrementa la producción de los RSU (Dai, Duan y Zhang, 2020). El reposicionamiento de este concepto, discutido desde la década de 1960, se suma a una serie de propuestas en el mismo sentido que han dado lugar a compromisos internacionales, como la adopción de los ODS por parte de 193 países en el marco de la llamada Agenda 2030.¹ Las metas planteadas en ese marco dan aportaciones a la construcción de una nutrida discusión tanto del concepto como del debate teórico alrededor de la EC que, en principio, plantea una transición en las actividades humanas de producción y de consumo (Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017).

La EC

La idea de dar un sentido circular al proceso de producción surge décadas atrás en reconocidos trabajos, como *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, en el que Boulding (1966) señala que el ritmo de explotación del ecosistema no puede aumentar de forma indefinida sin llegar al borde del colapso, y “The product life factor” de Stahel (1982), artículo que le mereció el premio Mitchell y en el que propone la idea de una economía de bucle cerrado en el que la extensión de la vida útil de los bienes permitiría iniciar una transición gradual hacia una sociedad sostenible.

En la actualidad, el concepto de EC se ha convertido en una estrategia muy aceptada, impulsada por organizaciones internacionales, como The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD); también por organizaciones civiles, como la Ellen MacArthur Foundation (EMF). Todas ellas proponen romper con el paradigma de la producción lineal que asume que los recursos naturales, la capacidad de carga y la capacidad de absorción del planeta son infinitos. La visión circular parte del principio de la escasez de materiales y del impulso hacia un esquema de desmaterialización de la economía, con el objetivo de reducir el uso de materia prima virgen y la producción de desechos para cerrar los ciclos ecológicos y económicos a partir de un eficiente aprovechamiento de la materia y la energía (Tibbs, 1993).

Es muy abundante ya la cantidad de estudios en torno a la EC, a las limitaciones de ésta (Korhonen, Honkasalo y Seppälä, 2018), al papel de los actores locales, a los indicadores (Parchomenko, Nelen, Gillabel y Rechberger, 2019) y a los nuevos modelos de negocio (Planing, 2015), lo cual ha ido ayudando a construir un marco sólido sobre el tema que sustenta la implementación de iniciativas de política pública. Sin embargo, lo esencial en la edificación de este pensamiento, que se basa en diferentes escuelas y autores, es la adopción de principios teóricos importantes que se desprenden de la ecología industrial

1 El 25 de septiembre de 2015 los países miembros de las Naciones Unidas adoptaron de manera unánime diecisiete objetivos centrados en el desarrollo sostenible a ser alcanzados en un plazo de 15 años (ONU, 2015).

(Bruel, Kronenberg y Bertrand, 2018), como el funcionamiento de los sistemas productivos en analogía con los ecosistemas naturales (Graedel, 1994), y el objetivo de la desmaterialización de la economía (Erkman, 2001).

Mediante la EC se pretende mantener los recursos naturales que se utilizan en la manufactura durante el mayor tiempo posible para extraer su máximo valor y poder reutilizarlos el número de veces que sea posible. También se enfoca en evitar la generación de desechos y en transformar las corrientes residuales en recursos reutilizables. La Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2014) ha sido una importante promotora de la EC. La define como “un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de ‘caducidad’ por el de ‘restauración’, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera” (p. 3).

Como se puede apreciar, la EC consiste en una reconversión del sistema económico capitalista, puesto que da espacio al desarrollo de nuevos nichos de mercado para emprendedores y también al diseño de políticas más sostenibles. Procura la participación de los actores gubernamentales y privados para desarrollarla, pues son ellos los que promueven los cambios generales de comportamiento de los consumidores (González y Vargas, 2017). El punto medular es normalizar una cultura de producción e inversión que tenga como centro de articulación el reciclaje y la recuperación de los subproductos de los procesos industriales para aprovecharlos sin dejar residuos (Carrillo, 2014).

La transición hacia la EC se da de manera paulatina en distintos niveles y con la participación de diversos actores de la sociedad. Requiere un lento proceso de acoplamiento de los factores económicos y tecnológicos que privan en el modelo productivo actual y un cambio en la mentalidad de los usuarios y de los consumidores (Carrillo y Ponce, 2019). En el plano local y vinculados a la generación de residuos que provienen del consumidor final, los gobiernos municipales adquieren gran importancia. En esencia, la EC depende de los incentivos que provienen de la política de apoyos y subsidios públicos, de la flexibilidad de la estructura del mercado ante el escenario de crisis ambiental, del contexto institucional del país y del cambio en el comportamiento de los consumidores (Carrillo y Ponce, 2019; Martínez, Henríquez, Freire y Rodríguez, 2019; Prieto, Jaca y Ormazabal, 2017). En el caso de los residuos, el objetivo de la EC es reducir el volumen que termina en los rellenos sanitarios o en los incineradores. No obstante, el financiamiento y la cultura para una gestión sustentable, en general, son aún muy limitados. A ello se suma la resistencia del sector privado para producir valor a partir de los residuos (Schröder, Albaladejo, Alonso, MacEwen y Tilkanen, 2020).

Entre los avances que se observan en distintos países, incluidos los de América Latina, para la gestión de los residuos desde la perspectiva de la EC, está la sincronización de las políticas públicas para impulsar el desarrollo de: hojas de ruta y estrategias nacionales de EC; políticas de manejo de residuos; responsabilidad extendida del productor; eficiencia de los recursos materiales y objetivos de reciclaje; políticas fiscales; y políticas de productos (diseño ecológico, prohibición de productos no reutilizables y extensión de su vida útil) (Schröder et al., 2020, pp. 23-25).

Los residuos y los ODS

Los ODS son una expresión importante de los miembros de la Organización de Naciones Unidas (ONU) para enfrentar las amenazas sociales, ambientales y económicas a escala global. Se concentran en eliminar la pobreza, resguardar el planeta y garantizar las condiciones de paz y prosperidad para todos (Martínez et al., 2019). Representan un referente para medir los avances que logren los firmantes hasta el año 2030 (Mulder y Albaladejo, 2020). El objetivo que aborda de forma explícita la gestión de residuos es el 12:2 “Producción y consumo responsables”. En el punto 12.5 se propone: “De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización” (ONU, 2015).

El enfoque de la EC que de manera paulatina adopten las instancias públicas y privadas para el cumplimiento de los ODS, requiere el compromiso de los gobiernos locales a impulsar cambios institucionales, normativos, políticos, económicos, sociales y culturales que motiven las conductas de la sociedad y del sector privado relativas al objetivo 12, pero sobre todo requiere, como punto estructural, la coordinación entre las políticas y el financiamiento.

En México, la influencia de la EC ya es evidente y se observa en la Visión Basura Cero de la SEMARNAT (2019). Dicho instrumento menciona los escasos alcances que han tenido las dos principales leyes en materia de RSU (LGEEPA y LGPGIR) y la necesidad de hacer cambios profundos acordes con la EC (SEMARNAT, 2019, p. 5). Para tales cambios se proponen nueve líneas de acción basadas en un modelo de negocio que armoniza lo económico y lo ambiental en el campo de la gestión integral de los residuos (SEMARNAT, 2019 y 2020).³

No hay que perder de vista que la EC responde a una lógica de mercado y en la medida en que se garantice un margen de rentabilidad, derivado del aprovechamiento eficiente de los materiales y de la valorización de los residuos, tendrá más posibilidades de generalizarse entre los productores de bienes y servicios. Al mismo tiempo, el discurso y las iniciativas de educación y concientización de la sociedad avanzan y poco a poco tendrán que ir creando un consumidor más responsable. El proceso de transición hacia la EC, que se suma al interés de los empresarios para optimizar sus ganancias y al cambio hacia patrones de consumo sustentables, se vincula de manera directa con el objetivo 12, que propone la producción y el consumo responsables como una vía que contribuye al desarrollo sustentable.

2 El objetivo plantea que el modelo de progreso económico y social dominante ha sido la causa en el último cuarto del siglo XX del deterioro ambiental de la base natural de la cual depende nuestra especie.

3 Las líneas de acción son: fortalecimiento del marco normativo; establecimiento de plataforma técnica financiera; instalación de organismos operadores públicos descentralizados; separación de residuos desde la fuente; alternativas de tratamiento, valoración, recuperación, reciclaje y disposición final; infraestructura eficiente para servicios de aseo público; sensibilización de una cultura; Basura Cero y economía circular, comercialización de productos de vida corta e impacto largo; cierre de tiraderos a cielo abierto; y sistemas de gestión integral y transparencia (SEMARNAT, 2019).

Metodología

Estrategia metodológica

La aproximación metodológica aborda el caso de la ciudad de León, Guanajuato. La unidad de análisis se concentra en el Sistema Integral de Aseo Público, ente responsable de la gestión municipal de los RSU. Para la recolección de datos se utilizaron las entrevistas en profundidad (Geertz, 2003) y la revisión de las principales fuentes de información oficiales sobre los RSU a escalas federal, estatal y municipal. Las entrevistas a los actores se hicieron mediante la técnica de bola de nieve. Por lo tanto, finalizaron una vez que la información obtenida fue la necesaria para lograr el objetivo de la investigación (Hernández, 2019).

La selección de los entrevistados se llevó a cabo mediante un proceso de análisis detallado que identificó los principales actores involucrados en la problemática a estudiar. Los informantes son los encargados del SIAP, las empresas que colaboran con dicha paramunicipal y una autoridad del ámbito estatal (véase tabla 1).

Tabla 1. Actores entrevistados

Funcionarios del SIAP	
A1	Director general del SIAP
A2	Subdirector de Desarrollo Institucional y Administración
A3	Subdirector del Área de Tratamiento y Disposición de Residuos
A4	Subdirectora de Comunicación Social y Educación Ciudadana
A5	Subdirector de Planeación y Desarrollo
A6	Consejero ciudadano del SIAP encargado del sitio de disposición final (SDF): La Reserva
Empresas colaboradoras	
B1	Gerente de operaciones de Gestión e Innovación en Servicios Ambientales
B2	Gerente de operaciones de Promotora Ambiental
Funcionarios estatales	
C1	Subsecretario de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato.

Fuente: elaboración propia.

Todas las entrevistas se realizaron entre julio y noviembre de 2019, y se concentraron en conocer en profundidad el esquema de gestión de los RSU en León.

En el caso de la revisión de fuentes de información oficiales, se tuvieron en cuenta los principales instrumentos a escalas federal, estatal y municipal que se emplearon para la planeación de la gestión de los RSU (véase tabla 2).

Tabla 2. Legislación y principales instrumentos para la gestión de residuos

Nivel	Legislación o instrumento
Federal	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (Congreso de la Unión, 2003)
	Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012 (SEMARNAT, 2012)
	Visión Basura Cero (SEMARNAT, 2019)
	Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT, 2020)
Estatad	Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Guanajuato (Universidad Nacional Autónoma de México-Programa Universitario Medio Ambiente, 2014)
	Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Guanajuato (SMAOT, 2021)
Municipal	Modelo Integral para el Manejo y Gestión de Residuos en León (SIAP, 2016)
	Programa Municipal para la Prevención y Gestión de Residuos para el Municipio de León, Guanajuato (SIAP, 2020)

Fuente: elaboración propia con datos del Congreso de la Unión (2003), SEMARNAT (2012, 2019 y 2020), SMAOT (2021), Universidad Nacional Autónoma de México-Programa Universitario Medio Ambiente (2014), SIAP (2016 y 2020).

Partiendo de la revisión de los instrumentos para la gestión de los RSU de León y de las entrevistas, se procedió a caracterizar dicha gestión mediante la descripción de los diferentes servicios que ofrece el SIAP y los programas dedicados a la recuperación y el aprovechamiento de dichos residuos para conocer la incidencia de esa paraestatal en la disminución de los residuos que se depositan en el sitio de disposición final (SDF) del municipio.

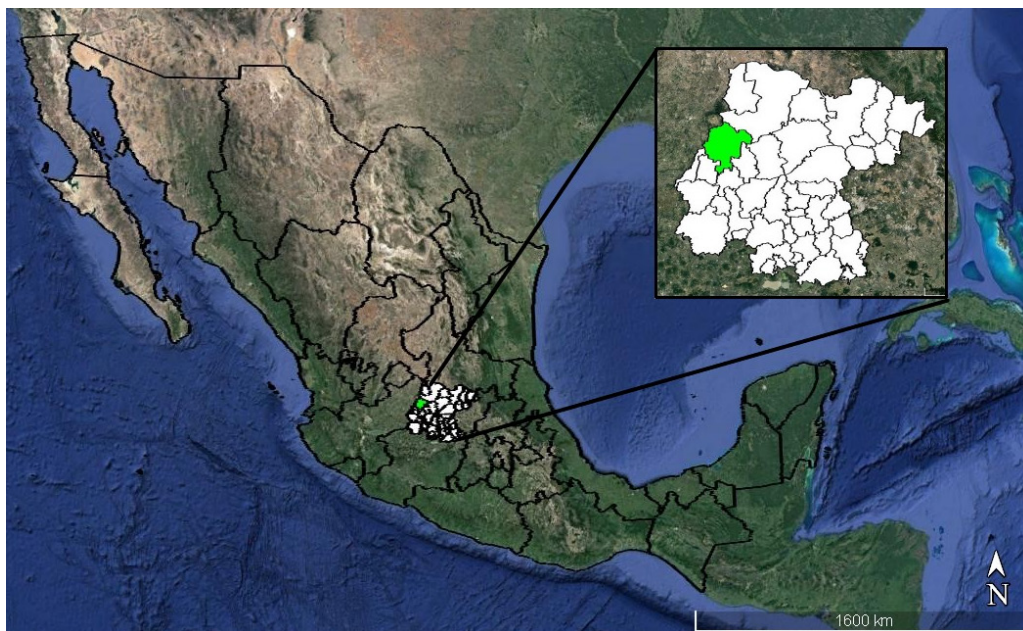
Zona de estudio y unidad de análisis

El municipio de León, Guanajuato

León se ubica en el estado de Guanajuato, México (véase figura 1), y corresponde al conocido Bajío mexicano. Es pieza clave del corredor industrial entre Guanajuato y Querétaro por su aportación al crecimiento económico (Rodríguez y Caldera, 2013).

El municipio tiene 1 721 215 habitantes (INEGI, 2020), que representan 27.9% de la población del estado de Guanajuato. La dinámica demográfica se destaca por tener un crecimiento poblacional de 51.5% en el nuevo milenio (2000-2020). En cuanto a la vivienda, León mostró un crecimiento espectacular de 102% entre 2000 y 2020, cuya evolución se observa en la tabla 3.

Figura 1. León, Guanajuato



Fuente: elaboración propia con Google Earth.

Tabla 3. Dinámica poblacional del municipio de León, Guanajuato

Año	Población	Viviendas
2000	1 135 798	217 874
2005	1 294 127	268 717
2010	1 436 480	329 952
2015	1 578 626	386 977
2020	1 721 215	440 662

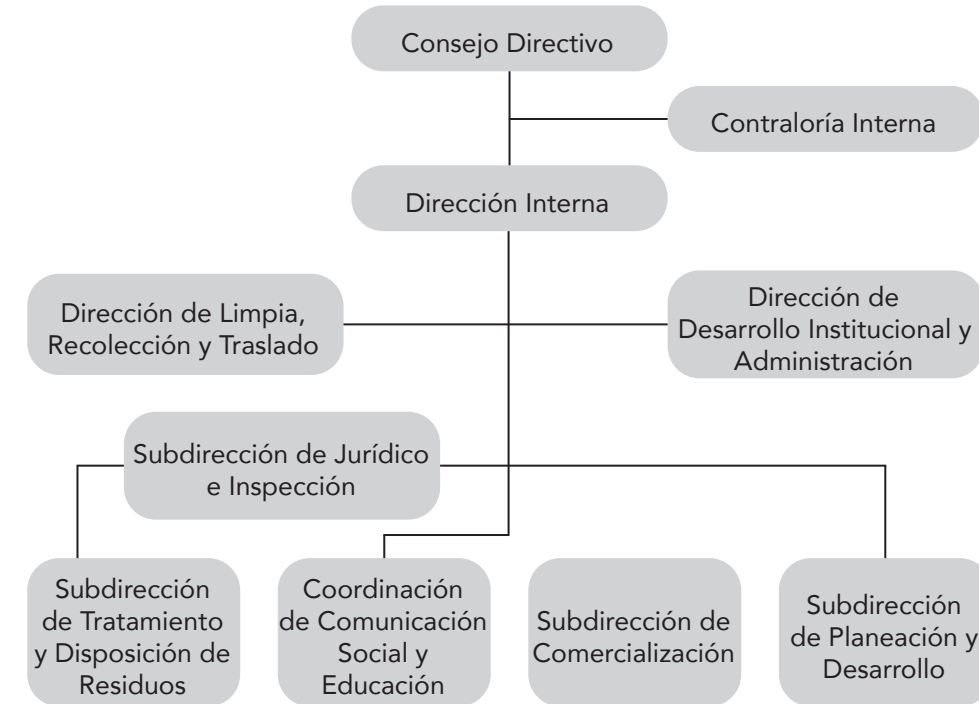
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2020).

Entre 1998 y 2019 la zona urbana de León se expandió 72.5% (IMPLAN, 2019), lo que ha requerido elevados esfuerzos del ayuntamiento para equipar y dotar la ciudad de los diversos servicios públicos municipales que necesitan sus habitantes.

Unidad de análisis: el Sistema Integral de Aseo Público de León

El Sistema Integral de Aseo Público de León (SIAP) fue creado en 2009. Es un organismo público descentralizado del municipio y está dedicado a atender y garantizar el manejo integral de los residuos sólidos del municipio a partir de lo que dicta la LGPGIR. Su creación se deriva de las fallas que manifestó el modelo centralizado ante la nueva dinámica poblacional, económica y ambiental que ha enfrentado el municipio en el nuevo milenio (Entrevista C1, 2019).

Figura 2. Organigrama del Sistema Integral de Aseo Público de León



Fuente: SIAP (2020).

En la actualidad, el SIAP se rige por un consejo directivo conformado por un presidente, un secretario, un tesorero y vocales que dirigen, planean y evalúan las acciones del organismo. Participan también dos representantes del ayuntamiento, dos de organismos civiles, tres representantes del Consejo Coordinador Empresarial, un representante del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, tres representantes de instituciones de educación superior y el director general.

Desde su nacimiento las metas han sido: reducir los RSU recolectados en la mancha urbana de León y que se depositan en el SDF El Verde; dedicar un día a la semana a la recolección diferenciada; aumentar la reutilización y el reciclado de los RSU; ampliar la cobertura de servicios de recolección relacionados con el manejo de los RSU; cerrar el SDF La Reserva (antiguo tiradero de RSU del municipio); aumentar la cobertura de papeleras (conocidos como botes de basura ubicados en la vía pública); incrementar el número de kilómetros para barrer en las vías principales; lograr la sustentabilidad financiera; contar con la infraestructura necesaria para la gestión integral de los RSU; y sensibilizar a la ciudadanía en materia de educación ambiental (Entrevista A1, 2019; SIAP, 2018, pp. 5-6).

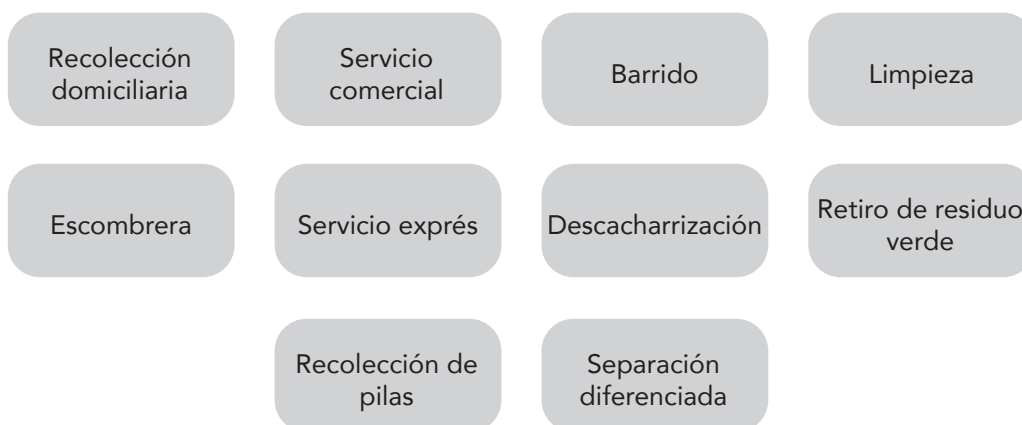
Desarrollo

El presente apartado está dedicado a describir el modelo vigente de gestión de los RSU en el municipio de León en la última década. De acuerdo con los datos oficiales, ha logrado reducir en 38% la producción per cápita de residuos (entre 2009 y 2020). Se analizan las estrategias del SIAP para la separación y el aprovechamiento de los RSU, las cuales son indicios de EC y de aproximación hacia el objetivo 12.

Los servicios de aseo público en León

El modelo que ha puesto en marcha el SIAP⁴ ofrece diversos servicios: barrido, recolección de residuos en zonas rurales (rutas rurales), cuadrillas de limpieza, cuadrillas de mantenimiento, cuadrillas especiales, servicio exprés, recolección de residuos en negocios-industria-comercio (rutas comerciales) y recolección doméstica de RSU, actividades enfocadas en dar una buena imagen del municipio (véase figura 3).

Figura 3. Servicios que proporciona el SIAP



Fuente: elaboración propia.

El modelo de gestión adoptado en León cuenta con la amplia participación del sector privado en las funciones del organismo, ya sea mediante contratos o concesiones, y se sustenta en lo que establecen el artículo 10 de la LGPGIR (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003) y el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, fracción III, inciso c (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión 1917 [2021]).

En 2014, el SIAP cambió de modalidad. Pasó de un sistema de contratos a un sistema concesionado en lo que concierne al servicio de recolección y traslado de los RSU domiciliarios, lo cual puso en evidencia la incapacidad del organismo

4 En esencia, no hay mucha información, salvo los informes oficiales del SIAP y algunos estudios que ha solicitado dicha paramunicipal a consultoras privadas. Por lo tanto, el trabajo de campo y las entrevistas realizadas enriquecen la caracterización del modelo de gestión.

para asumir por cuenta propia la prestación de su servicio más representativo, hecho que también se ha visto reflejado en el resto de sus servicios. El mismo SIAP ha señalado la inviabilidad financiera que tiene para adquirir infraestructura propia y el personal necesario para ofrecer la totalidad de los servicios. En la actualidad, cerca de 95% de las funciones de la paramunicipal están asignadas a la iniciativa privada. El servicio exprés y las cuadrillas de limpieza son los únicos servicios que ofrece el SIAP de manera directa (Entrevista A1, 2019; SIAP, 2018).

El equipo de trabajo con el que cuenta el SIAP es limitado. La mayoría de la infraestructura es propiedad de los contratistas y concesionarios, que cuentan con 124 camiones para la recolección y el traslado del servicio domiciliario de los RSU. Algo parecido sucede con el personal, ya que de las 1 412 personas que laboran de forma directa en todo el sistema solo 12%, 171 empleados, están contratados por el organismo. El restante 88% son empleados de los contratistas. De ellos, 522 personas atienden la recolección domiciliaria de los RSU; 409 están dedicadas al servicio de barrido y 310 se distribuyen para atender las rutas rurales y los distintos tipos de cuadrillas (Entrevista A1, 2019; entrevista A2; 2019; SIAP, 2018 y 2020). Hay que señalar que no se está considerando el personal del relleno sanitario El Verde, puesto que la gestión de éste está a cargo de la Dirección General de Medio Ambiente de León.

El barrido de la ciudad

En el caso del barrido, la actividad comprende la limpieza de los principales bulevares, avenidas y calles de la mancha urbana de la ciudad de León. Incluye también el papeleo (recolección de papeles) y el deshierbe de banquetas, camellones, paradas de camiones y la atención a los lotes baldíos. En 2019 este servicio estaba concesionado a cinco empresas⁵ distribuidas en 15 zonas de barrido que cubrían cerca de 250 kilómetros (km) (Entrevista A2, 2019; SIAP, 2020). En la actualidad, el barrido se ha extendido a 421 km con la incorporación de dos barredoras mecánicas propiedad del organismo (SIAP, 2020). Al igual que en otros servicios, la mayoría del equipo (16 vehículos, 372 carritos recolectores y otras herramientas) es propiedad de los contratistas.

El costo del servicio de barrido de la ciudad en 2019 fue de 43 millones de pesos; es decir, mantener limpio cada kilómetro tiene un costo anual de 102 mil pesos, con barrido diario o terciado dependiendo de la zona (Entrevista A2, 2019). Este servicio se ha manejado hasta ahora de forma exclusiva como un pasivo debido al escaso volumen de residuos valorizables. A pesar de que este modelo de negocio aún no produce el suficiente atractivo de la EC, incide en los ODS.

5 Las empresas eran: Profesionales en Mantenimiento y Limpieza, S. A. de C. V., Madera y Persiana, S. A. de C. V., Corporación, S. A. de C. V., Remodelart Inmobiliaria Empresarial, S. A. de C. V., Especialista en Limpieza Empresarial, S. A. de C. V.

Las cuadrillas

Una forma de organizar el trabajo es mediante la formación de cuadrillas, que son de cuatro tipos:

a) *Cuadrillas de limpieza*. Son veinte cuadrillas que se encargan de la limpieza, la recolección y el traslado de los RSU en la vía pública, así como de atender los reportes de los ciudadanos. El servicio se concentra en la limpieza de baldíos, arroyos, ríos, canales, taludes, áreas de interés común, vialidades, plazas, jardines. También se encarga de asear los espacios utilizados para los eventos sociales, culturales, políticos, cívicos, deportivos y religiosos y los destinados para los programas sociales, así como de algunas contingencias que se pueden presentar en la ciudad⁶ (Entrevista A1, 2019; SIAP, 2016, 2018 y 2020). En 2019 había 120 trabajadores en esta área y se contaba con veinte vehículos para el trabajo.

b) *Cuadrillas de mantenimiento*. Se encargan de la limpieza y del mantenimiento de los camellones y de las áreas verdes. El objetivo es dar buena imagen a las avenidas principales, bulevares y calles de la ciudad; es decir, de ellas depende la percepción social que el ciudadano tenga sobre la limpieza de la ciudad.⁷ Realizan labores de poda, siembra de plantas y árboles en coordinación con la Dirección de Parques y Jardines. Recolectan los RSU depositados en las papeleras que se encuentran en la vía pública, remueven la publicidad no autorizada en cualquier espacio público, retiran mobiliario en malas condiciones, lavan las papeleras y trasladan los residuos recolectados al relleno sanitario. En esta actividad laboran 108 personas equipadas con seis camiones de ocho toneladas de capacidad cada uno (SIAP, 2016 y 2020).

c) *Cuadrillas especiales*. Cubren cinco rutas y apoyan la recolección de residuos sólidos y de la limpieza de terrenos baldíos, arroyos, ríos, canales y taludes. Hacen la limpieza general de los espacios públicos, ayudan en las contingencias (sobre todo en época de lluvias) y auxilian en la limpieza cuando se requiere en algunos programas sociales (SIAP, 2016 y 2020). Cuentan con un chofer y cinco peones que siguen las instrucciones del SIAP. En total laboran treinta personas y su equipo son cinco camiones de ocho toneladas (Entrevista A1, 2019; SIAP, 2020).

d) *Servicio exprés*. Recolecta los residuos sólidos voluminosos abandonados en la vía pública y que requieren pronta atención debido al riesgo sanitario o a la obstrucción de la vialidad (SIAP, 2020). Atiende los reportes de la ciudadanía, sobre todo cuando hay animales muertos o material orgánico pequeño en descomposición. Estas cuadrillas forman parte directa de la infraestructura del SIAP. En 2016 había dos cuadrillas que atendían los reportes de todo el municipio (SIAP, 2016). Respecto a los costos económicos, el SIAP (2020) señala que en 2019 fueron de 41.9 millones de pesos. El trabajo se concentra en la limpieza de las áreas públicas: desde los jardines hasta la recolección de residuos que representen riesgo para la población y que están en el espacio público. No se

6 Como por ejemplo la limpieza de alguna zona afectada en la ciudad por inundación en periodo de lluvias.

7 En 2019 se definieron seis rutas que prestaron el servicio, las cuales fueron adjudicadas, mediante licitación, a la empresa Soluciones Ambientales Sistemáticas, S. de R. L. de C. V.

vinculan de modo directo con los mercados de producción y consumo, pero inciden para acercarse al objetivo 12.

Las rutas

La SIAP ha definido las rutas con el fin de que la gestión sea eficiente. Se dividen en:

a) *Las rutas comerciales.* En León todos los negocios están obligados a contratar algún servicio de recolección, ya que está prohibido dejarle los residuos comerciales o industriales al servicio de recolección domiciliaria. Las rutas comerciales se encargan de ese servicio y cobran por bolsa de 10 kilos la tarifa establecida en la Ley de Ingresos del Municipio. En 2016, el SIAP tenía alrededor de cuatro mil contratos con comercios, empresas, restaurantes y hoteles (SIAP, 2020). También en esas rutas se recolectan y trasladan residuos de manejo especial (RME) (SIAP, 2016 y 2020). En este caso el mercado es bastante grande. En 2019 se recolectaron 117 970 toneladas, que junto con los RSU sumaron en el año 588 783 toneladas depositadas en el relleno sanitario (IMPLAN, 2019).

b) *Las rutas rurales.* El SIAP tiene trece rutas para atender las 123 localidades de mayor población. La cobertura, al igual que en la zona urbana, es de cerca de 98%, es decir, 115 000 habitantes y más de 29 000 viviendas. El volumen recolectado en 2019 fue de 15 000 toneladas (SIAP, 2020). La frecuencia del servicio va de una a tres veces a la semana, dependiendo de la distancia a la que estén las zonas.

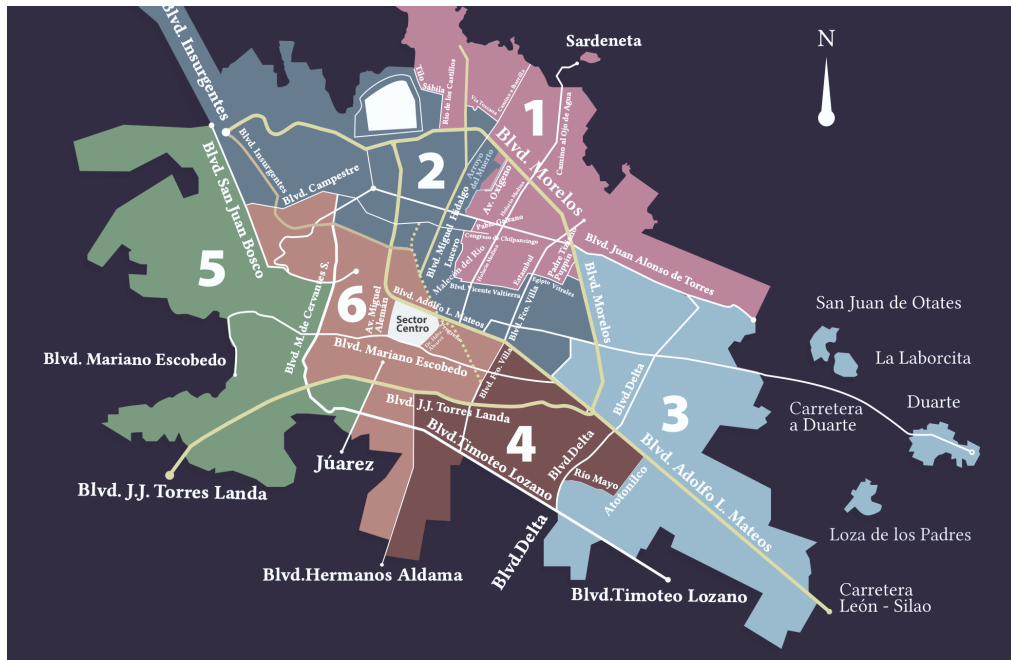
Esta categoría contrata a particulares no constituidos como empresas para dar el servicio. Opera con trece distribuidos entre siete particulares. Tiene 52 empleados y cada una de las trece rutas posee un camión con capacidad de ocho toneladas a cielo abierto. La erogación económica del SIAP para este servicio fue de 14.5 millones en 2019 (Entrevista A2, 2019; SIAP, 2020).

c) *Las rutas de recolección en la mancha urbana.* La recolección domiciliaria de los RSU dentro de la ciudad está a cargo de dos empresas privadas: Gestión e Innovación en Servicios Ambientales (GISA) y Promotora Ambiental, Sociedad Anónima de Capital Variable (PASA). A partir de 2014, el servicio se dividió en tres grandes zonas: A, B y C. Cada una comprende dos sectores (1 y 2 en la zona A; 3 y 4 en la zona B; y, 5 y 6 para la zona c) con 195 rutas que abarcan 98.6% de las casas en la parte urbana (Entrevista A1, 2019; SIAP, 2016 y 2020).

La empresa GISA obtuvo la concesión del servicio de recolección y traslado de residuos sólidos no peligrosos municipales de la zona A (sectores 1 y 2) en 2014. La empresa tiene 38 rutas en la zona A para cubrir alrededor de 180 000 viviendas bajo la modalidad de recolección terciada a partir de 2020 (antes daba servicio diario). Cuenta con 37 unidades, de las cuales 33 son camiones de compactación de 20 o 25 yardas cúbicas (yd³). Cada unidad tiene un operador y dos ayudantes. Son estos últimos los que hacen la labor de recolección de las bolsas de residuos que se ponen en las aceras de las casas. En 2019 la recolección promedio mensual fue de alrededor de 12.5 toneladas (Entrevista B1, 2019; IMPLAN, 2019; SIAP, 2020).

La empresa PASA obtuvo la concesión en 2017 tras un fallo jurídico que exigió al municipio de León reponer el proceso de licitación de las zonas B (sectores

Figura 4. Sectores del servicio urbano de recolección de residuos domésticos en León, Guanajuato



Fuente: SIAP (2020).

3 y 4) y C (sectores 5 y 6). PASA atiende más o menos 271 000 viviendas de la ciudad con 157 rutas. Cuenta con 41 unidades, de las cuales 37 operan con una capacidad de 20 yd³. Ofrece una recolección de tipo terciado en ambas zonas, a excepción del sector zona centro, donde se hace todos los días (Entrevista B2, 2019; SIAP, 2020). Al igual que GISA, tiene un operador y dos ayudantes por camión. PASA acopia dos tercios de los residuos que se producen en las viviendas urbanas. La recolección mensual promedio de dicha empresa en 2019 fue de 21 839 toneladas (Entrevista B1, 2019; SIAP, 2020), con un promedio diario de casi 728 toneladas, que sumadas a las 416 toneladas que recolecta GISA, dan un total mensual de 1 144 toneladas, cantidad superior a las 985 toneladas que reporta la SMAOT (2021).

Los costos que paga el SIAP por esta prestación son elevados y el servicio es gratuito para los ciudadanos. El organismo (Entrevista A2, 2019) señala que desde 2005 el costo rebasaba los 100 millones de pesos. En 2019, la tarifa que pagó el SIAP a los concesionarios por tonelada recolectada fue de 459.01 pesos para la zona A; de 459.86 para la zona B y de 449.45 para la zona C. El costo total fue de 219 millones de pesos (SIAP, 2020) y el costo promedio anual por casa fue de 497 pesos (Entrevista A2, 2019).

La recolección en las distintas rutas, por contrato o por concesión, tiene la participación importante de las empresas privadas que, buscan alternativas de recuperación y circularidad, pero son muy limitadas, aunque se puede obtener algún beneficio económico adicional. El vínculo con el objetivo 12 y con la EC

parte de la posibilidad de implementar el reciclaje y la reutilización desde la fase de la separación de la basura en los domicilios.

La disposición final

León tenía dos SDF: La Reserva, que fue el primer vertedero controlado, a cielo abierto. Operó desde mediados de la década de 1980 hasta 2001, cuando se cerró tras la apertura del actual SDF El Verde.

a) *La Reserva*. Fue el primer SDF controlado en León. Inició operaciones en 1985 y dejó de prestar servicio en 2001. Se calculan 5.5 millones de toneladas de basura confinadas en una superficie de 25 hectáreas (Entrevista A3, 2019). Dado el contexto institucional en el que se dio el inicio de operaciones, La Reserva no contó con las características de infraestructura e ingeniería que ahora exige la NOM-083SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004).

Los residuos que se depositaron en las décadas de 1980 y de 1990 no sólo eran de tipo doméstico, sino también RME de todos los procesos de producción de la localidad. Había residuos de la industria del cuero y calzado, como raspa (desechos del cuero), lodo de pelambre, cortes textiles y suelas. En este SDF los residuos que llegaban se tiraban al suelo natural sin compactaciones, como señala la normatividad vigente. Según la caracterización de residuos depositados, La Reserva tiene presencia de cromo trivalente detectado en el lixiviado. Las pruebas de laboratorio que ha realizado el SIAP no han detectado cromo hexavalente (Entrevista A3, 2019).

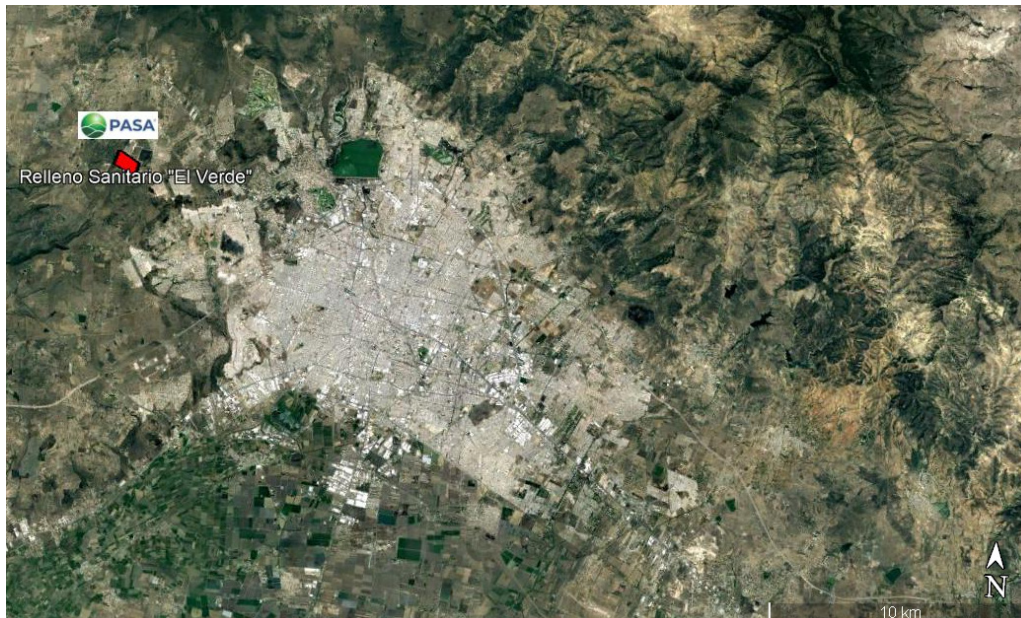
La Reserva está a cargo del SIAP, que garantiza la vigilancia y el mantenimiento del sitio, pero al mismo tiempo tiene dificultad de presupuesto para cumplir con la NOM-083 (control y generación de biogás; de lixiviado y conformación de taludes, plataformas y caminos) (Entrevista A3, 2019; Entrevista A6, 2019).

Hoy en día el SIAP cuenta con una ruta de acción para la clausura de La Reserva. No obstante, el reto es por completo presupuestal, porque se requieren 80 millones de pesos tan sólo para hacer el saneamiento del sitio, y más de 100 millones para llevar a cabo el cierre total (Entrevista A1, 2019; entrevista A3, 2019; entrevista A6, 2019; Presidencia Municipal de León, 2017; SIAP, 2020), con lo cual La Reserva mantendrá la categoría de pasivo ambiental por la falta de financiamiento.

b) *El Verde* opera desde mayo de 2001. Le compete a la Dirección General de Medio Ambiente, aunque le corresponde al SIAP su supervisión. Se ha concesionado a la particular Promotora Ambiental, S. A. de C. V., con un horizonte inicial de vida de quince años. Es el primer SDF de Guanajuato que cumplió con la NOM-083SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004). Está clasificado de tipo A por el ingreso mayor a 100 toneladas al día (Entrevista A3, 2019; entrevista C1, 2019; SIAP, 2020).

Tiene un área de 70 hectáreas y hay dos macroceldas para disponer los RSU. Cada una es de 25 hectáreas. La macrocelda 1 está constituida por cinco celdas cuyo tope de capacidad es 5.4 millones de toneladas, que se alcanzó en 2010. La macrocelda 2, en este momento en operación, tiene diez celdas con una capacidad aproximada de 3.8 millones de toneladas. Su periodo de vida

Figura 5. Ubicación del SDF El Verde



Fuente: elaboración propia con Google Earth.

se relaciona con su profundidad, estimada en poco más de 50 metros. En 2019 ambas tenían contabilizados 7.7 millones de toneladas (Entrevista A3, 2019; SIAP, 2020).

En 2014, la empresa concesionaria propuso al SIAP ampliar la duración a 15 años adicionales. El proyecto aceptado por el SIAP estableció emplear el espacio entre las dos macroceldas, es decir, una pirámide invertida que añade capacidad de espacio para la disposición, lo cual prolonga la vida útil del SDF hasta 2031 (Entrevista A3, 2019). Corresponde a la Dirección General de Medio Ambiente pagar la disposición final de los RSU. En 2019 pagó a PASA para la gestión de la disposición y confinamiento de los residuos 92.62 pesos por tonelada, lo cual resultó en un total aproximado de 43.7 millones de pesos en dicho año (Entrevista A2, 2019). La última fase de la disposición, que se refiere al confinamiento, tiene el mayor potencial para generar energía, pues debido a la recuperación y separación previas, los materiales recuperables llegan en menor cantidad y por lo tanto se puede aprovechar el residuo orgánico para generar la energía eléctrica que consume el alumbrado público, tal como se verá más adelante. De esta forma se integra la visión de la EC.

Aprovechamiento de los RSU

El esquema de operación actual del SIAP tiene las condiciones para que se instrumenten acciones que reduzcan el depósito de los RSU a El Verde y aprovechen los residuos (SIAP, 2020). Las formas de organizar los programas vigentes de aprovechamiento son dos.

Programas municipales de participación ciudadana para la separación y aprovechamiento de residuos

Con el interés de reducir el confinamiento de residuos en El Verde para extender su vida y disminuir la carga financiera que enfrenta el SIAP, se están poniendo en marcha programas de recuperación de residuos, con lo que se desarrollan subcadenas de producción. Los residuos inorgánicos ligeros, como el polietileno de alta densidad (HDPE por sus siglas en inglés), el tereftalato de polietileno (PET por sus siglas en inglés), el cartón y el aluminio, considerados como valorizables, son recuperables, pero necesitan de la gran participación ciudadana para la separación desde el origen.

En el caso de los residuos pesados, como neumáticos, electrónicos, pilas y vidrio, el SIAP ha procurado que las empresas los recuperen y luego los aprovechen. El objetivo, en esencia, es crear una cultura de separación de residuos en la ciudadanía, establecer lazos de colaboración con los recuperadores urbanos (antes pepenadores) y constituir alianzas con el sector privado para obtener resultados financieros que disminuyan la carga ambiental del municipio (Entrevista A4, 2019; SIAP, 2020). En la tabla 4 se aprecian los programas vigentes, los objetivos, los actores involucrados y los resultados.

Tabla 4. Programas del SIAP para la separación de los RSU en León

Programa	Objetivo	Actores	Resultados
Residuos con Valor	Que el ciudadano separe sus residuos de origen a cambio de utensilios proporcionados por el SIAP	Vecinos de diferentes colonias separan los residuos valorizables.	De enero a julio de 2019 se habían recolectado cerca de 400 kg de residuos.
Red de Recuperadores Urbanos	Redignificar la labor de los recuperadores urbanos antes nombrados pepenadores.	A los recuperadores se los capacita para que realicen mejor su labor. En los fraccionamientos, se trabaja con los colonos.	En 2019 el número de recuperadores urbanos registrados en el programa era de 157.
Llantatón	Dar el adecuado destino final de las llantas desechadas en León.	Ciudadanos, dueños de vulcanizadoras y productores de llantas. Estos últimos financian el traslado de las llantas para que se aprovechen en las cementeras con las que hay convenio.	El Llantatón 2019 recolectó 24 900 de los 450 mil neumáticos que se desechan al año en el municipio.

Programa	Objetivo	Actores	Resultados
Recicla tu Vidrio	Recuperar el vidrio de bares, cantinas, restaurantes y hoteles de la ciudad.	Bares, cantinas y hoteles acopian el vidrio. Se recoge el vidrio en bares, restaurantes, cantinas y hoteles y se contacta a los comercializadores de este material en Querétaro.	Se recolecta 1.2% de las 30 mil toneladas de vidrio que se generan al año.
Recopila	Acopiar y trasladar las pilas desechadas a un lugar de confinamiento especial.	Una empresa privada recolecta pilas. Las campañas de acopio involucran a los ciudadanos de manera indirecta.	Se instituyeron 300 centros de acopio en la ciudad cuyo resultado fue, cerca de una tonelada al mes.
Separa	Difusión para la separación de origen de los residuos valorizables.	Vecinos de los fraccionamientos cerrados en varias colonias.	En 2019 participan 200 fraccionamientos con una recolección de residuos valorizables de cerca de 25 toneladas al mes.

Fuente: elaboración propia con la información de las entrevistas A4 (2019), A5 (2019) y Tagle (2020).

La implementación de los programas del SIAP procura incidir de forma directa en la reducción del volumen recolectado y depositado en El Verde. La motivación ha sido sobre todo económica, dadas las restricciones financieras que presenta el organismo. No obstante, son programas que construyen puentes de responsabilidad compartida en cuanto a la separación de origen, que además de ser bien recibidos por la ciudadanía y de crear una nueva lógica de consumo, inciden en pautas para el desarrollo de una EC con efectos positivos para alcanzar los ODS. Sin embargo, los primeros pasos son muy incipientes, puesto que el porcentaje de recuperación sigue siendo marginal: 3% de los RSU aprovechables (Entrevista A1, 2019; Entrevista A4, 2019).

Generación de energía eléctrica con aprovechamiento del biogás producido en el SDF El Verde

En 2009, a casi una década de vida del SDF El Verde, se estaban produciendo 500 metros cúbicos mensuales de lixiviados y 1 500 metros cúbicos por hora de biogás con estimaciones de generación de metano de 56% (PASA, 2010). Esta información sirvió de insumo para ejecutar un proyecto de eliminación de gases, aprovechando los bonos de carbono del Protocolo de Kioto, lo cual dio paso en

2009 a la instalación del evaporador de lixiviados con capacidad de 20 mil litros diarios como parte de la primera etapa de un proyecto integral de generación de energía eléctrica a través de biogás en el municipio de León.

En la segunda etapa se incorporó el quemador de biogás con capacidad de 5 400 metros cúbicos por hora, con 27 pozos conectados a una red de 5.2 km de tuberías. Entre los beneficios ambientales de estas dos etapas, está la reducción de 170 mil toneladas de dióxido de carbono (CO_2) al año, el control de olores, la prevención de incendios y explosiones y la destrucción de entre 98 y 99% del metano que se genera en El Verde (Entrevista A3, 2019; PASA, 2010).

En 2019, después de cuatro años de anunciada la tercera etapa, el SIAP logró concretar el proyecto de generación de energía eléctrica a partir del biogás que se acumula dentro de las macro celdas del relleno sanitario. Es el resultado de la participación del sector privado a través de la subsidiaria Land Fill Gas Energy (LFG E) de PASA (México) e HIDROSAN (Chile), empresas que constituyen la Central LFG E León, Sociedad de Responsabilidad Limitada de Capital Variable, que ha recibido la concesión por veinte años.

Figura 6. Central LFG E León de S. de R. L. de C. V.



Fuente: Castro (2019).

Se invirtieron 140 millones de pesos en la construcción de la Planta Generadora de Energía Eléctrica “Alberto Santos González”, la cual aprovecha toda la entrada de residuos orgánicos dándoles una segunda utilidad, que ahora sirven de insumo para producir 2.8 mega watts de energía eléctrica para el alumbrado público de 28 mil luminarias en la ciudad de León (25% de las que hay en la ciudad) (Gobierno de Guanajuato, 2019).

Mediante la planta el municipio logra obtener amplios beneficios ambientales y económicos que consisten en la disminución de entre 30 mil y 35 mil toneladas anuales de dióxido de carbono (Gobierno de Guanajuato, 2019) y la

reducción en el pago de 12% a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Velázquez, 2019). A su vez, la central LFGE León de PASA e HIDROSAN obtiene beneficios económicos provenientes de dos fuentes: *a*) los ingresos de la venta total de electricidad al municipio; y *b*) los ingresos de la venta de bonos de carbono en el mercado internacional.

Discusión y conclusiones

León está rezagado en la gestión integral de residuos sólidos, pero se ha ido modificando a partir de 2009. Ha dejado atrás el modelo centralizado de aseo público que resultaba incompatible con la LGPGIR de 2003 y ha transitado hacia la constitución del Sistema Integral de Aseo Público de León (SIAP). Mediante esta empresa pública descentralizada, el municipio ha logrado cambios significativos en su modelo de gestión que han tenido efectos positivos en la disminución per cápita de la producción de RSU.

Bajo un modelo de gestión mixto (participación pública con fuerte participación privada) y con la prioridad de establecer un esquema de atención de los RSU centrado en la salud financiera del organismo, el servicio que ofrece el SIAP se ha posicionado como la prestación municipal mejor calificada por la ciudadanía de León (Entrevista A1, 2019), a pesar de los retos internos por la escasez de recursos económicos, técnicos, administrativos y de infraestructura con que ha tenido que lidiar el organismo en estos primeros diez años de operación. La fuerte restricción económica que padece por depender de los subsidios federales y estatales ha provocado que el organismo desarrolle proyectos alternativos para atender el aseo público de la ciudad.

Medidas como la separación diferenciada de residuos (recolección de residuos con valor en más de doscientos puntos de la ciudad), el intercambio de enseres domésticos por residuos valorizables, el desarrollo de una red de recuperadores urbanos (credencialización e identificación de las personas que se dedican a pepenar), la recuperación y la reutilización de neumáticos que hacen las llanteras en la industria cementera, el reciclaje de vidrio (en los bares y cantinas de la ciudad para venderse triturado para usos posteriores), el Programa Recopila (puntos de recolección de baterías) y la producción de biogás en El Verde, representan acciones propias del SIAP para conseguir el objetivo de reducir su carga financiera. Pero, de acuerdo con el marco de referencia seleccionado en la presente propuesta, estas acciones de la paramunicipal no son estrictamente un proyecto estructurado de EC, aunque proporcionan indicios de EC y de orientación hacia el objetivo 12.

La suma de este tipo de acciones, como es notorio, ha contribuido a crear una dinámica de reducción de los RSU domésticos que se confinan en El Verde para prolongar su vida útil. Los indicadores en el avance de la gestión de este sector son la generación per cápita de los RSU, que en León ha pasado de 1.02 kg/hab/día en 2005 a 0.62 kg/hab/día en 2020 (SIAP, 2020; SMAOT, 2021). De forma análoga, ha disminuido 14% el volumen absoluto de los RSU entre 2007 y 2020.

Cabe señalar que estos datos, producción per cápita y producción absoluta, podrían cuestionarse por inconsistentes ante el bajo volumen de residuos que recupera el propio SIAP (3%). No obstante, éstos son los datos oficiales para determinar los avances y los retrocesos en León en lo que respecta a los RSU.⁸ También vale comentar para la discusión que la parte institucional local ha generado información en cuanto al indicador de peso (toneladas) de la colaboración de los socios formales del SIAP y de sus propios programas. Sin embargo, no se cuenta con el dato del volumen en peso de recuperación de residuos de los colaboradores informales del organismo (recuperadores urbanos). En 2019 en la mancha urbana había poco más de 1 500 recuperadores (entre afiliados y no afiliados al SIAP) (Entrevista A4, 2019), con lo cual las estimaciones en esta sección en torno al volumen anual recuperado por ese grupo, al que no remunera el sistema, podría encontrarse entre 16 425 y 27 375 toneladas anuales, considerando que cada uno recupera entre 30 y 50 kg al día. Pero es necesario un esfuerzo institucional para producir dicho dato con exactitud y mediante él realizar un análisis más certero de las aportaciones de los distintos programas formales e informales del SIAP. Así, podrían destacarse las aportaciones a la sociedad de estos colaboradores visibles pero invisibles institucionalmente hablando.

Retomando los avances alcanzados en León según los indicadores oficiales, se tiene que, a diferencia de la ruta que ha emprendido el SIAP, un modelo de EC debe desarrollar sinergias que articulen las políticas públicas, las posibilidades de innovación en la industria y los requerimientos de los consumidores en un marco de cuidado del ambiente, situación que en realidad no ha tenido lugar en León, cuyo componente conductual está motivado por el cumplimiento de la imagen de limpieza de la ciudad encuadrado por la estabilidad financiera del organismo. La EC implica adoptar políticas y herramientas adecuadas, claras y estables, patrones empresariales de producción más limpios, así como el uso de materiales renovables y el desarrollo de tecnologías. Se requiere la colaboración del Estado y de las empresas para tomar acciones más fuertes e innovadoras para promover un modelo de EC (WBCSD, 2020), acciones que no son evidentes en el modelo que ha desarrollado el SIAP. No obstante, los programas que ha puesto en marcha el organismo están creando las condiciones para la futura formación y posible consolidación de mercados que valoricen la diversidad de los RSU del municipio. En este sentido, se puede señalar que se está en una etapa muy inicial de los planteamientos de la EC, pues ha comenzado a alargar el ciclo de vida de esos materiales.

Reestructurar los objetivos del organismo operador para encaminar León hacia una EC implica necesariamente la activa participación del SIAP bajo el pleno conocimiento de las estrategias y avanzar de manera coordinada con

8 Sumado a ello, uno de los desafíos que se identificó a lo largo de la investigación fue la incertidumbre en la calidad de la información reportada de dichos indicadores en cada nivel de gobierno. SEMARNAT (2020) da cuenta de ello señalando los retos en la respuesta de estados y municipios para generar bases de datos confiables, mismo que se pudo constatar ante la descoordinación mostrada en la presentación de los datos manejados por el Programa Estatal y el Programa Municipal para la Prevención y Gestión de Residuos, ambos instrumentos de 2020.

todos los actores en las etapas previas de la cadena de producción: desde la prevención para no generar RSU y la recuperación hasta la fase final, que es reciclar los productos al término de su vida útil. Este tipo de acciones también convergen con el cumplimiento de al menos dos ODS. En este sentido, la EC se va construyendo como un proceso de transición que va sumando acciones a lo largo del proceso de gestión de los residuos cuyo horizonte es el cumplimiento de las metas de sustentabilidad.

En el caso del proceso de recuperación de residuos orgánicos para la generación de energía mediante el biogás que se produce en el SDF, no sólo se extiende el uso de recursos ya desechados, sino que también se produce una sinergia importante al canalizar un subproducto derivado del relleno sanitario al alumbrado y otros servicios de energía eléctrica del municipio, de modo que el potencial de este proyecto arroja una gran expectativa en torno al enfoque de circularidad.

En cuanto al cumplimiento de las metas de los ODS, el modelo de gestión de León apuntaría a que éste se está moviendo en dicha dirección. La evidencia se encuentra en los programas de separación que está promoviendo con una fuerte colaboración y participación de la sociedad, aunque sin reconocer del todo aún el papel que desempeña el sector informal de los recuperadores urbanos. Sin embargo, los ODS, en cuanto que compromisos y metas, no definen necesariamente una estrategia, como lo es la EC. Por tanto, plantear de manera seria y clara una aproximación a la EC en el municipio de León permitiría sin lugar a duda avanzar en el cumplimiento de los ODS.

Concluimos señalando que si bien el modelo de gestión para la atención de los RSU en León avanza en la dirección correcta, esto no quiere decir que lo esté haciendo de manera estructurada y motivada para garantizar la LGPGIR y el compromiso de cumplir con los ODS en 2030. Las múltiples limitaciones que tiene el SIAP lo llevan a responder a cuestiones inmediatas de imagen y de salud financiera, más que a un proyecto consistente de EC que persiga con mayor fuerza los ODS.

Referencias

- Boulding, K. (1966). The economics of the coming spaceship earth. En H. Jarrett (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy* (pp. 3-14). Baltimore: Johns Hopkins University Press. Recuperado de http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_SpaceShipEarth.pdf
- Bruel, A., Kronenberg, J., y Bertrand, N. T. (2018). Linking industrial ecology and ecological economics: a theoretical and empirical foundation for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1-2), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12745>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (1917 [2021]). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México: Cámara de Diputados. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México: Cámara de Diputados. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/>

- file/131748/23._LEY_GENERAL_PARA_LA_PREVENCI_N_Y_GESTI_N_INTEGRAL_DE_LOS_RESIDUOS.pdf
- Carrillo, G. (2014). La ecología industrial. Una alternativa innovadora y sustentable. *Innovación y Competitividad*, 14(64), 3-21.
- Carrillo, G., y Ponce, J. I. (2019). Economía circular, bioeconomía y biorrefinerías. En G. Carrillo y L. Torres (coords.), *Biorrefinerías y economía circular* (pp. 17-38). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco-División de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Castro, J. (8 de septiembre de 2019). En León, convierten basura en energía eléctrica, provee energía a 28 mil luminarias. *Periódico AM León, Guanajuato*. Recuperado de <https://www.am.com.mx/guanajuato/noticias/En-Leon-convierten-basura-en-energia-electrica-provee-energia-a-28-mil-luminarias-20190907-0036.html>
- Dai, S., Duan, X., y Zhang, W. (2020). Knowledge map of environmental crisis management based on keywords network and co-word analysis, 2005-2018. *Journal of Cleaner Production* 262, 121168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121168>
- Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2014). *Hacia una economía circular. Resumen ejecutivo*. Unión Europea: EMF, Cisco, Kingsher, Phillips, Renault y Unilever. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/hacia-una-economia-circular-resumen-ejecutivo-ellen-mac-arthur-foundation.pdf>
- Entrevista A1. (2019). Director general del SIAP. León, Guanajuato.
- Entrevista A2. (2019). Subdirector de Desarrollo Institucional y Administración. León, Guanajuato.
- Entrevista A3. (2019). Subdirector del Área de Tratamiento y Disposición de Residuos. León, Guanajuato.
- Entrevista A4. (2019). Subdirectora de Comunicación Social y Educación Ciudadana. León, Guanajuato.
- Entrevista A5. (2019). Subdirector de Planeación y Desarrollo. León, Guanajuato.
- Entrevista A6. (2019). Consejero ciudadano del SIAP encargado del sitio de disposición final (SDF): La Reserva. León, Guanajuato.
- Entrevista B1. (2019). Gerente de operaciones de Gestión e Innovación en Servicios Ambientales. León, Guanajuato.
- Entrevista B2. (2019). Gerente de operaciones de Promotora Ambiental. León, Guanajuato.
- Entrevista C1. (2019). Subsecretario de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato. Guanajuato, Guanajuato.
- Erkman, S. (2001). Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system. *Swiss Med Wkly* (131), 37-38. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11759173/>
- Geertz, C. (2003). *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa.
- Gobierno de Guanajuato. (2019). *En Guanajuato trabajamos a favor de las energías renovables y sustentables: gobernador*. Guanajuato: Gobierno de Guanajuato. Recuperado de <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2019/10/24/>

- en-guanajuato-trabajamos-a-favor-de-las-energias-renovables-y-sustentables-gobernador/
- González, G., y Vargas, J. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Revista de Coyuntura y Perspectiva*, 2(3), 105-130. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2415-06222017000300004
- Graedel, T. E. (1994). Industrial ecology: definitions and implementation. En R. H. Socolow y C. Andrews (coords.), *Industrial Ecology and Global Change* (pp. 23-42). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hernández, J. (2019). *Efectos de la urbanización en la gestión del agua en las zonas periurbanas. El caso de la zona metropolitana de León, Guanajuato* (tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2020). *Valle de México y Monterrey: las únicas ciudades con alto nivel de competitividad en el ICU 2020*. México: IMCO. Recuperado de <https://imco.org.mx/indice-de-competitividad-urbana-2020/>
- Instituto Municipal de Planeación de León (IMPLAN). (2019). *Diagnóstico del municipio de León 2019*. León: IMPLAN. Recuperado de <http://www.implan.gob.mx/estudios.php>
- Instituto Municipal de Planeación de León (IMPLAN). (2020). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial para el Municipio de León*. León: IMPLAN. Recuperado de <https://www.implan.gob.mx/sistema-indicadores.php#>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Aguascalientes: INEGI. Recuperado de <https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México. Entre la intención y la realidad. *Revista Letras Verdes* (17), 29-56. doi: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419>
- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling* (127), 221-232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., y Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and limitations. *Ecological Economics* (143), 37-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Martínez, L., Henríquez, A., Freire, N., y Rodríguez, R. (2019). *Economía circular y políticas públicas*. Santiago: Konrad Adenauer Stiftung-EKLA-CIEC. Recuperado de <https://www.kas.de/documents/273477/273526/Econom%C3%ADa+Circular+y+Pol%C3%ADticas+P%C3%ABlicas.pdf/e7d98c0f-423c-947c-fe3e-6a83ae5fb7c3?version=1.1&t=1580245377248>
- Mulder, N., y Albaladejo, M. (2020). *El comercio internacional y la economía circular en América Latina y el Caribe*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46618-comercio-internacional-la-economia-circular-america-latina-caribe>

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Nueva York: ONU. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., y Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy – a Multiple correspondence analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production* (210), 200-216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357>
- Planing, P. (2015). Business model innovation in a circular economy reasons for non-acceptance of circular business models. *Open Journal of Business Model Innovation* (22), 1-11. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.966.1992&rep=rep1&type=pdf>
- Presidencia Municipal de León. (2013). *Diagnóstico ambiental*. León, Guanajuato. León: Presidencia Municipal de León. Recuperado de https://seieg.iplaneg.net/seieg/doc/Diagnostico_Ambiental_2013C_1383242536.pdf
- Presidencia Municipal de León. (2017). *Presentación de actividades realizadas en el antiguo relleno sanitario “La Reserva”*. León: Presidencia Municipal de León.
- Prieto, V., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular, relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería* (15), 85-95. Recuperado de <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308>
- Promotora Ambiental (PASA). (2010). *Quemador de biogás en León, Guanajuato*. Monterrey: Promotora Ambiental. Video informativo. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CoNiTo7yoS8>
- Ribeiro, F., Braga, S., y Duncan, L. (2018). Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. *Resources, Conservation & Recycling*, 135(2018), 202-209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.031>
- Rodríguez, J. A., y Caldera, A. (2013). Crecimiento económico y desarrollo local en la región centro-bajío de México. *Revista Quivera* (15), 37-59. Recuperado de <https://quivera.uaemex.mx/article/download/9984/8167/>
- Schröder, P., Albaladejo, M., Alonso, P., MacEwen, M., y Tilkanen, J. (2020). *La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia*. Londres: Chatham House. Recuperado de <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-01/2021-01-13-spanish-circular-economy-schroder-et-al.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato (SMAOT). (2021). *Programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos de Guanajuato*. Guanajuato: SMAOT. Recuperado de <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/manejo-integral-de-residuos/196/Programa-Estatal-para-la-Prevencion-y-Gestion-Integral-de-los-Residuos-Solidos-Urbanos-de-Guanajuato>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2012). *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187438/pnpgir_2009-2012.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Visión Basura Cero. Líneas de implementación*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463684/Vision_Basura_Cero_-_Lineas_de_Implementacion__13_03_2019_.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Sistema Integral de Aseo Público (SIAP). (2016). *Modelo integral para el manejo y gestión de residuos en León*. León: GlobalMind.
- Sistema Integral de Aseo Público (SIAP). (2018). *Informe de resultados. Consejo directivo 2013/2015*. León: SIAP.
- Sistema Integral de Aseo Público (SIAP). (2020). *Programa Municipal para la Prevención y Gestión de Residuos para el Municipio de León, Guanajuato*. León: SIAP. Recuperado de https://a9abc043-3b7b-46a7-98b7-c2a50660cc0d.files-usr.com/ugd/c08315_a08dad4944a44fabb29b3eb214c28b18.pdf
- Stahel, W. (1982). The product life factor (Mitchell Prize Winning Paper). *Product-Life Institute*. Recuperado de <http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor>
- Sundaram, J. (2020). Un nuevo acuerdo verde global (*global green new deal*) para un desarrollo sostenible. *El Trimestre Económico*, 87(1), 345, 279-291. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/313/31364897009/html/>
- Tagle, D. (2020). Una mirada de la economía circular a los programas de reducción de residuos en León, Guanajuato. ¿Soluciones concretas o paliativos ambientales? *Revista Expresión Económica* (44), 59-79. Recuperado de <http://expresioneconomica.cucea.udg.mx/index.php/eera/issue/view/88>
- Tibbs, H. (1993). Industrial ecology: an environmental agenda for industry. *Global Business Network*, 3-28. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285589929_Industrial_Ecology_an_environmental_agenda_for_industry
- Universidad Nacional Autónoma de México-Programa Universitario Medio Ambiente (UNAM-PUMA). (2014). *Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de Guanajuato*. México: UNAM-PUMA. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197030/PEPGIR-Guanajuato_UNAM-PUMA.pdf
- Velázquez, I. (2019). Generará biogás relleno sanitario. Periódico *El Heraldo de León*. Recuperado de <https://www.heraldoleon.mx/generara-biogas-relleno-sanitario/>
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2020). *Indicadores de transición circular V1.0. Métricas para empresas realizadas por empresas*. Ginebra: WBCSD. Recuperado de <https://www.wbcsd.org/content/twbc/download/11123/164399/1>