

# **UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA LEÓN**

ESTUDIOS CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL POR  
DECRETO PRESIDENCIAL DEL 27 DE ABRIL DE 1981



## **EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LEÓN, GUANAJUATO MEDIANTE INDICADORES**

ESTUDIO DE CASO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE CON ENFOQUE  
EN SUSTENTABILIDAD**

PRESENTA

**ADOLFO ISRAEL LOMELI GARCÍA**

ASESORA

**DRA. DOLORES ELIZABETH TURCOTT CERVANTES**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>CAPÍTULO I</b> .....	8
<b>I.1. ANTEDECENTES</b> .....	8
I.1.1. Gestión integral de residuos .....	8
I.1.1.1. Sistema de gestión de residuos .....	8
I.1.1.2. Problemas en los sistemas de gestión de residuos .....	10
I.1.2. Competencias en la gestión de residuos .....	10
I.1.2.1. Residuos peligrosos.....	11
I.1.2.2. Residuos de Manejo Especial .....	11
I.1.2.3. Residuos Sólidos Urbanos .....	12
I.1.3. Gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de León, Guanajuato.....	12
I.1.4. Herramientas de evaluación en la gestión de residuos .....	13
I.1.4.1. Problemas en la aplicación de indicadores de la gestión de residuos .....	14
<b>I.2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>I.3. OBJETIVOS</b> .....	16
I.3.1. Objetivo General .....	16
I.3.2. Objetivos Particulares.....	16
<b>CAPITULO II</b> .....	17
<b>II.1. RESULTADOS</b> .....	17
II.1.1. Calidad de la información base.....	17
II.1.2. Desempeño de los indicadores.....	20
II.1.3. Evaluación por sub grupos de indicadores .....	23
<b>CAPITULO III</b> .....	267
<b>III.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	267
<b>CAPITULO IV</b> .....	289
<b>IV.1. CONCLUSIONES</b> .....	289
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	290

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO “EL VERDE” EN EL MUNICIPIO DE LEÓN, GUANAJUATO .....	7
ILUSTRACIÓN 2. SUBSISTEMAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS .....	9
ILUSTRACIÓN 3. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO POR ATRIBUTO.....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN BASE.....	17
TABLA 2. RESULTADOS DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN BASE.....	17
TABLA 3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO MEDIANTE PROCESO DE SEMAFORIZACIÓN. ...	20
TABLA 4. RESULTADOS DEL DESEMPEÑO POR INDICADOR .....	20
TABLA 5. PRINCIPALES HALLAZGOS DETECTADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO .....	25

## RESUMEN

El manejo inadecuado de los residuos sólidos, es y seguirá siendo un reto para los municipios. Actualmente, en países en desarrollo, como México, un relleno sanitario se vuelve un elemento fundamental para una disposición final adecuada de los residuos. Sin embargo, muchos de estos sitios no cumplen la legislación vigente para disposición final, lo que provoca una serie de impactos negativos al ambiente, la salud pública y otros problemas que los municipios deben resolver. Ya que no solo es necesario el cumplimiento de la legislación aplicable, sino también evaluar otros aspectos para lograr una gestión sostenible de los residuos. Por ello, en este trabajo se evaluó la gestión de residuos municipales en el relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato, mediante la aplicación de indicadores de sostenibilidad cualitativos y cuantitativos, distribuidos a través de cuatro atributos: social, económico, ambiental y aspectos técnicos. Estos indicadores fueron aplicados con el objetivo de evaluar la calidad de la información de los procesos que se realizan y para clasificar el indicador en desempeño bueno, regular o deficiente. Finalmente se realizó un análisis de los atributos evaluados, para conocer el atributo con mayor déficit. Derivado del análisis de resultados y siguiendo la metodología establecida, se obtuvo: un 80% de calidad alta en la información base de los indicadores que se aplicaron, mientras que el 20% restante, obtuvieron calidades aceptable, baja y desconocida. Por otro lado, en cuestión del desempeño de los indicadores se obtuvo: un 60 % con desempeño bueno, un 30% con regular y un 10% con deficiente. Esto nos indica que aún se tiene áreas de oportunidad y mejora para las gestiones en el relleno sanitario evaluado y por otro lado el atributo con mayor deficiencia en sus indicadores es el eje económico, lo que se tendría que apostar en contar con el presupuesto necesario para dichas gestiones.

### **Palabras Clave:**

Relleno sanitario, gestión de residuos sólidos, indicadores.

## ABSTRACT

Inadequate solid waste management is and will continue to be a challenge for municipalities. Currently, in developing countries such as Mexico, a sanitary landfill is a fundamental element for the proper disposal of waste. However, many of these sites do not comply with current legislation for final disposal, which causes a series of negative impacts on the environment, public health and other problems that municipalities must solve. It is not only necessary to comply with the applicable legislation, but also to evaluate other aspects in order to achieve sustainable waste management. Therefore, in this work, the management of municipal waste in the landfill of the municipality of León, Guanajuato, was evaluated through the application of qualitative and quantitative sustainability indicators, distributed through four attributes: social, economic, environmental and technical aspects. These indicators were applied with the objective of evaluating the quality of the information of the processes carried out and to classify the indicator in good, regular or deficient performance. Finally, an analysis of the attributes evaluated was carried out to determine the attribute with the greatest deficit. As a result of the analysis of the results and following the established methodology, we obtained: 80% of high quality in the base information of the indicators that were applied, while the remaining 20% obtained acceptable, low and unknown qualities. On the other hand, regarding the performance of the indicators, we obtained: 60% with good performance, 30% with regular performance and 10% with poor performance. This indicates that there are still areas of opportunity and improvement for the management of the evaluated landfill, and on the other hand, the attribute with the greatest deficiency in its indicators is the economic axis, which would have to bet on having the necessary budget for such management.

### Key words:

Landfill, solid waste management, indicators.

## INTRODUCCIÓN

En México existe una carencia de datos confiables y sistemáticos sobre la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en los diferentes niveles de gobierno; federal, estatal y municipal. En el ámbito municipal, principalmente es por las dimensiones y discrepancia en cuestión regulatoria de la normatividad aplicable (Martínez, 2015).

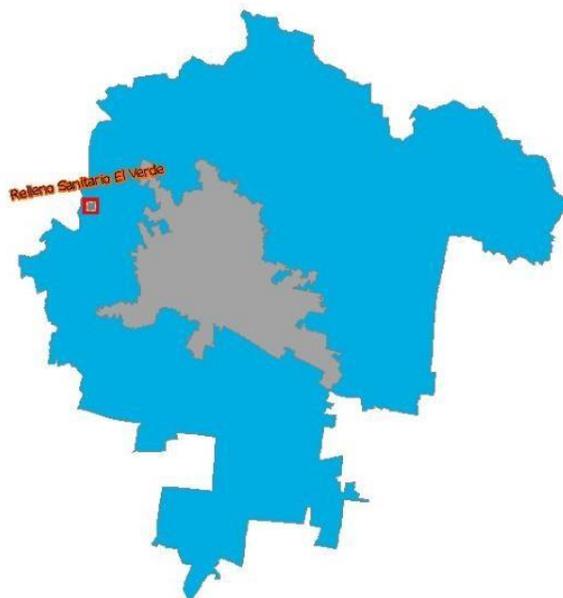
Actualmente en México se generan 10 millones de m<sup>3</sup> de residuos, los cuales son depositados en más de 50 mil tiraderos legales y clandestinos en todo el país. La mayoría de las ciudades en el país, se han enfrentado a los problemas derivados por el manejo ineficiente de los residuos, lo que contrae, una serie de grandes problemas ambientales, sociales, económicos, que en combinación repercuten en la calidad de vida de los habitantes (Salgado, 2014).

Considerando la relación de los problemas, en múltiples esferas de desarrollo que ocasionan el ineficiente manejo de los residuos, junto con la dinámica demográfica que se está presentando, se espera que este tema crezca en importancia. Al igual que en otros países la responsabilidad del manejo de los residuos urbanos recae en las autoridades locales, sin embargo, en nuestro país la mayoría de los municipios aún cuentan con estrategias deficientes, con apenas un porcentaje del 9% de residuos que se valorizan, indica grandes desafíos. Finalmente, el manejo ineficiente de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, no recae únicamente en factores técnicos, sino en factores institucionales de carácter administrativo, inclusive, los funcionarios públicos consideran que es uno de los tres servicios públicos más problemáticos para la administración municipal (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

Con la realización de esta investigación, se evaluará la gestión de residuos sólidos urbanos en las instalaciones del relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato; lo cual permitirá conocer la situación actual de la eficiencia en la gestión administrativa y operativa de residuos y detectar áreas de oportunidad.

El caso de estudio es el relleno sanitario “El verde”, se encuentra a 15 kilómetros al noroeste del centro de la ciudad, en la carretera León-Lagos de Moreno km 18.5. Las coordenadas del sitio son; Latitud Norte 21°10`32.61” y Longitud Oeste 101°46`22.03”. Este se encuentra situado a una altitud entre 2.010msnm y 2.050msnm.

En la Imagen 1, se puede apreciar la ubicación del relleno sanitario, en la ciudad de León Guanajuato.



**Ilustración 1. Ubicación del relleno sanitario “El Verde” en el municipio de León, Guanajuato.**

# CAPÍTULO I

## I.1. ANTEDECENTES

### I.1.1. Gestión integral de residuos

En la actualidad, el concepto de gestión integral de residuos, se entiende al conjunto de todas aquellas operaciones que reciben los residuos generados en un determinado lugar, con el objetivo de que estos sean manejados adecuadamente, sin contraer problemas medioambientales y sanitarios (Colomer & Gallardo, 2007).

Ley general para la prevención y gestión integral de residuos (LGPGIR, 2018) define la gestión integral de residuos como *“Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región”*.

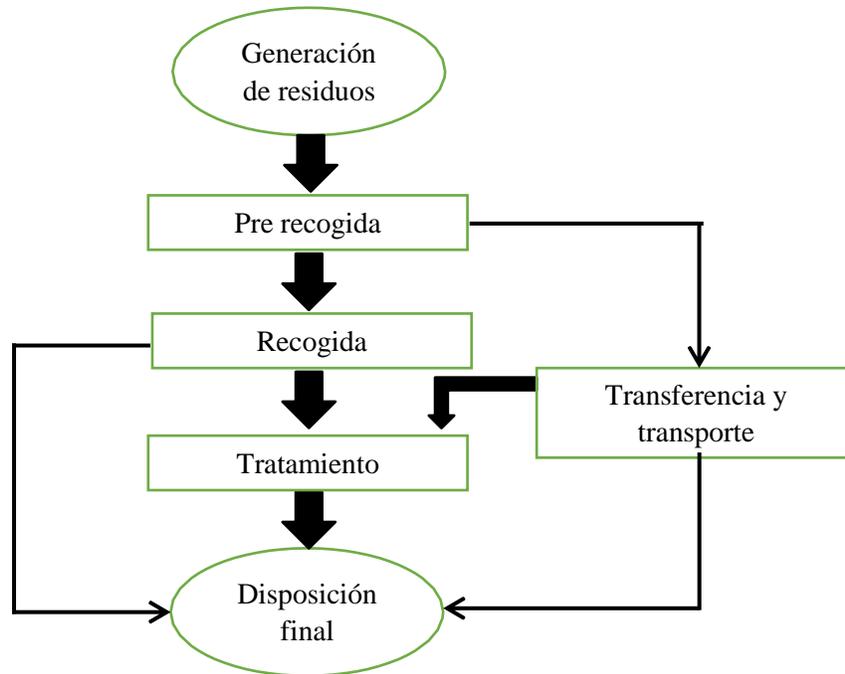
La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es una cuestión relevante a nivel mundial, no sólo para protección de la salud humana, sino también desde el punto de vista ambiental, social y económico.

Los objetivos de la gestión de residuos en general son la protección de la salud humana y el medio ambiente y la conservación de los recursos. Sin embargo, la prioridad dada a los problemas de gestión de residuos es muy diferente según el nivel de vida en el entorno donde se realiza. Hoy en día, en los países en desarrollo, el objetivo es aumentar la cobertura del servicio de recolección de residuos y minimizar el vertido incontrolado o ilegal, mientras que en países desarrollados su objetivo es la reducción de la generación y el incremento de la cantidad de residuos enviados a valorización (Brunner, 2007).

Ante ello, la articulación de cada una de estas operaciones es fundamental, integrando a ellas factores básicos como, cantidad, tipo y procedencia de los residuos. Con esto, poder realizar un sistema de manejo de residuos englobando todas las etapas desde los puntos de generación hasta la disposición final.

#### I.1.1.1. Sistema de gestión de residuos

De acuerdo con (Tchobanoglous, 1994), los subsistemas que componen la gestión de residuos comprende principalmente seis actividades funcionales, mismas que se observan en la figura 2.



**Ilustración 2. Subsistemas de la gestión de residuos**

De acuerdo a la figura 2, los subsistemas se describen de la siguiente manera:

- **Generación de residuos:** Es aquella etapa donde se conoce el problema de la gestión, según las cantidades generadas, la composición y las variaciones temporales. Conociendo estos datos, se podrá afrontar las operaciones posteriores.
- **Pre recogida:** Esta supone aquellas actividades de separación, almacenamiento y procesamiento en origen de los residuos, hasta se depositados en el punto de recogida.
- **Recogida:** Comprende la tarea de carga y transporte de los residuos desde las áreas de aportación hasta la estación de transferencia, vertedero o lugar de tratamiento.
- **Transferencia y transporte:** actividad por medio de la cual los residuos son retirados de la zona de aportación y es destinado a su valorización o disposición final.
- **Tratamiento:** Esta etapa comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos, esto en instalaciones de recuperación de materiales y/o procesos de transformación.
- **Disposición final:** Es el destino final de los residuos derivado de los procesos de tratamiento y procesado, normalmente vertidos en rellenos sanitarios controlados.

### **I.1.1.2. Problemas en los sistemas de gestión de residuos**

Los residuos existen desde que nuestro planeta tiene seres vivos, hace unos 4.000 millones de años. Antiguamente, la eliminación de los residuos humanos no planteaba un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande. Sin embargo, la problemática de los residuos comienza con el desarrollo de la sociedad moderna en la que vivimos, no sólo en el aspecto referido a la cantidad de residuos que ésta genera (difícilmente asimilable por la naturaleza), sino, y de manera importantísima, a la calidad de los mismos (Roca, 2003).

Este problema de la gestión de nuestros residuos existe y se agrava año tras año. Ante tal situación, resulta importante analizar los factores que han incrementado de manera tan alarmante el problema de los residuos sólidos urbanos. En general, pueden señalarse seis causas principales (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 1992).

1. El rápido crecimiento demográfico.
2. La concentración de la población en los centros urbanos.
3. La utilización de bienes materiales de rápido deterioro.
4. El uso cada vez más generalizado de envases sin retorno.
5. La aparición de nuevas tecnologías
6. Las limitaciones económicas para los servicios públicos.

### **I.1.2. Competencias en la gestión de residuos**

La ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (LGPGIR, 2018), es la máxima ley en el territorio mexicano en materia de gestión de residuos, la cual abarca el manejo de residuos no peligrosos y peligrosos, basada en el artículo 4° de la constitución política de los estados unidos mexicanos.

Por otro lado, la LGPGIR también contempla la clasificación de residuos en;

- Residuos Peligrosos
- Residuos de Manejo Especial
- Residuos Sólidos Urbanos

La que establece que los residuos peligrosos (RP) son facultad y responsabilidad de la Federación, quien debe contar con los instrumentos de planeación adecuados para el manejo de estos. Mientras que para los residuos de manejo especial (RME), las entidades federativas son las responsables del manejo adecuado y finalmente los residuos sólidos urbanos (RSU) son totalmente competencia de los municipios.

### **I.1.2.1. Residuos peligrosos**

En forma genérica, se entiende por “residuos peligrosos” a aquellos que debido a su grado de peligrosidad intrínseca (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso) pueden causar daños a la salud o al medio ambiente (Centro coordinador del convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, 2005).

De esta manera, las definiciones legales pueden perseguir diferentes objetivos, por lo que existe un amplio rango de definiciones, tanto en un mismo país como a nivel internacional.

Para el caso de México, la legislación existente, clasifica un residuo como peligrosos, de acuerdo a los siguientes criterios;

- Pertenecer a la lista de tipos específicos como residuo peligroso.
- Están incluidas en las listas de residuos generados en procesos específicos.
- Presentar alguna de las características de peligrosidad (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso).
- Contener sustancias definidas como peligrosas.
- Superar límites de concentración definidas como peligrosas.

Lo anterior en base a la normativa mexicana Nom-052-SEMARNAT-1993, la cual establece los características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites máximos establecidos de peligrosidad.

### **I.1.2.2. Residuos de Manejo Especial**

La (LGPGIR) define a los residuos de manejo especial (RME) como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos y que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. Esta ley también establece las categorías definidas de los RME (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2020).

Así mismo, se cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, la cual establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial, así como cuales están sujetos a la elaboración de un plan de manejo.

La escasa información que se tiene respecto a la generación y manejo de los RME proviene fundamentalmente de estudios específicos para ciertos tipos de residuos. El diagnóstico básico para la gestión integral de residuos (SEMARNAT, 2020), reporta que la información generada de los RME está muy dispersa, incompleta y en algunos casos no está actualizada. Para ello en el presente diagnóstico para cada una de las fracciones se han incluido las especificaciones indicadas en la NOM-161-SEMARNAT-2001 que establece el listado de residuos de manejo especial y cuales están sujetos a elaboración de un plan de manejo.

Para ello, el sector salud reporta una generación de 11,872.812 toneladas entre sus diferentes flujos de residuos, esto por cada 1000 afiliados a la seguridad social. Por otro lado los residuos de las actividades agrícolas reportan una generación de 47,063 millones de toneladas.

Los residuos provenientes del sector transporte para el año 2018, se reporta una generación de 212,041 toneladas, mientras que para los lodos generados en plantas de tratamiento se reporta una generación de 32,467,784 toneladas en toda la República Mexicana.

En contraste, los RME que se produjeron derivado de las actividades comerciales y departamentales presentan un incremento de 6,800 y 13,700 kg/semana aproximadamente, por lo cual se estima una generación anual de 3,527 millones de toneladas.

### **I.1.2.3. Residuos Sólidos Urbanos**

La LGPGIR, define a los residuos sólidos urbanos (RSU), como aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por dicha ley como residuos de otra índole.

Por otra parte, en el Artículo 10 de la LGPGIR (2003) señala que, los ayuntamientos son los responsables de la gestión integral de los RSU, contando para ello con la colaboración y el apoyo del gobierno estatal y federal. Este fundamento viene desde el artículo 115 constitucional que menciona en su fracción III. Inciso c), los Municipios tendrán a su cargo las funciones y los siguientes servicios públicos; limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos

Así mismo el diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos (SEMARNAT , 2020) establece que la generación de estos residuos a nivel nacional es de 120,128 t/día con una generación per cápita de 0.944 kg/habitante/día.

### **I.1.3. Gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de León, Guanajuato**

El municipio de León, Guanajuato, cuenta con un órgano descentralizado responsable del manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos denominado, Sistema Integral de Aseo Público (SIAP), el cual está encargado de las diferentes áreas de aseo público de la ciudad como;

- **Barrido:** El sistema de barrido de recolección de basura, surge por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas las vías de intensa circulación.

- **Recolección:** Esta se refiere a la acción de manejo de los residuos que permite eliminarlos del entorno de vida de las personas, estos deben ser transportados de origen a sitios de disposición final.
- **Disposición final:** Esta es la actividad de aislar y confinar los residuos de forma definitiva en lugares especialmente seleccionados y diseñados, para evitar la contaminación.

Finalmente para los servicios de recolección, el municipio cuenta con dos empresas diferentes (Promotora Ambiental –PASA- y Gestión e Innovación en Servicios Ambientales –GISA-), para la disposición final, PASA es la responsable del sitio denominado C.T.R el Verde (PPGIRSUML, 2020).

De acuerdo con el programa para la prevención y gestión integral de residuos sólidos en el municipio de León (PPGIRSUML, 2020), se genera aproximadamente 1,357.57 t/día de residuos sólidos con una generación per cápita de 0.68 kg/hab/día, en comparación con la generación per cápita nacional de 0.99 kg/hab/día, nos da una referencia sobre cómo está el comportamiento de generación en la ciudad, así como enfocar esfuerzos para mantener o disminuir esa cantidad.

#### **I.1.4. Herramientas de evaluación en la gestión de residuos**

La implementación de una serie de estrategias de sostenibilidad para nuestras ciudades, hace necesario establecer nuevos ejes de reflexión centrados en renovación de los procesos de gestión ambiental municipal. Para la operación de este objetivo, el primer paso es definir un marco de información que indique si la ciudad se enfoca o no hacia la sostenibilidad local y global y que dicha información ambiental tenga un formato adecuado para labores de síntesis, toma de decisiones en distintos ámbitos o bien para la información pública general (Guerrero, 2004).

Una estrategia de implementación para la gestión ambiental en materia de residuos, son los indicadores, los cuales se definen como un parámetro, o un valor derivado de parámetros, que proporciona información sobre algo, describe el estado de un fenómeno/entorno/área, con un significado que va más allá de lo directamente asociado a un valor de un parámetro. Un indicador, como dato elemental o combinación de varios, sirve para, por un lado sintetizar información relevante acerca de fenómenos complejos (función descriptiva) y por otro lado tomar decisiones (si se compara con un punto de referencia) o medir el cumplimiento de objetivos (función valorativa) (Armijo, 2011).

Uno de los primeros análisis sobre el desarrollo de indicadores para la gestión de residuos, quedó descrita por Parsons (1960) en su libro “*The disposal of municipal refuse*”, quien explicaba la necesidad de homogenizar los datos y la información sobre el manejo de residuos sólidos entre las ciudades y que eso implicaría un adelanto para la evacuación sanitaria de residuos, que no generaría más gastos a las ciudades y que se podrían realizar comparaciones directas. A pesar de estos antecedentes, el desarrollo específico y uso de indicadores para la gestión de residuos surgió más tarde (Turcott C. D., 2018).

A partir de 2010, surgen diversos grupos de indicadores en diferentes países que incluyen, además del contexto operativo, aspectos sociales, económicos y ambientales relacionados con la gestión de residuos. La mayoría de las revisiones que se han publicado sobre los indicadores de gestión de residuos sólidos, se centran en aspectos específicos, como la recolección de residuos (Bringenti, 2001).

Recientemente se han analizado y propuesto otros conjuntos de indicadores para la gestión de residuos, basándose en la revisión de entre 17 y 37 conjuntos de indicadores. Centrándose en el objetivo de desperdicio cero. Ninguno de ellos ofrece un análisis detallado de los indicadores incluidos en los trabajos que consultaron o una discusión de las fortalezas y debilidades en cada caso (Turcott C. D., 2018).

La propuesta de indicadores más adaptable realizada hasta este momento es la de (Wilson, 2015), con la publicación de una metodología que permite evaluar ciudades de países desarrollados o en desarrollo. También incluyen un manual para facilitar su aplicación a los usuarios.

#### **I.1.4.1. Problemas en la aplicación de indicadores de la gestión de residuos**

A pesar de que los indicadores son una herramienta útil en la gestión de residuos sólidos, existen algunas dificultades que impiden aprovechar al máximo su potencial. Entre ellas destacan las que se describen a continuación (Turcott C. D., 2018).

- **Control deficiente de la gestión de residuos sólidos:** esto implica que la información requerida sea escasa o inexistente. En ocasiones existen datos que han quedado obsoletos y no se actualizan, a veintinueve países de América Latina y del Caribe (ALC), hubo casos en los que se aportó información de hasta 15 años de antigüedad, al no haber datos más recientes disponibles.
- **Falta de transparencia:** la información puede existir pero no se encuentra fácilmente disponible, al quedar resguardada por empresas u organismos que no la comparten, en ALC esto sucede, no sólo a nivel local y municipal, sino también a nivel nacional.
- **Falta de homogeneidad en los indicadores empleados:** para realizar comparaciones se debe unificar el tipo, cantidad y definiciones de los indicadores a emplear, incluso para el análisis temporal de un sistema de gestión de residuos en particular, es imprescindible mantener los mismos indicadores.

Estas dificultades pueden verse agravadas por otro factor importante: las diferencias económicas. En cuanto al uso de indicadores, las diferencias entre países con distinto nivel económico afectan fundamentalmente a dos aspectos, la calidad y la disponibilidad de la información. (Turcott C. D., 2018).

## I.2. JUSTIFICACIÓN

El relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato, es el único sitio de disposición final del Estado que cuenta con un dictamen de una unidad verificadora para el cumplimiento de los requisitos señalados en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece las especificaciones para el diseño, construcción, operación, monitoreo y clausura de sitios de disposición final.

A pesar de contar con el dictamen de cumplimiento, el continuar con un manejo eficiente de los residuos sólidos municipales, no recae únicamente en factores técnicos, sino en factores institucionales y de carácter administrativo. Es ahí donde estos procesos de gestión y operación se vuelven fundamentales para la adecuada gestión de los residuos.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, esto no se realiza de la manera correcta, ya que no existen los instrumentos necesarios para la trazabilidad de la información respecto a la gestión de los residuos, esto conlleva una serie de problemas sobre la existencia, carencia y confiabilidad de información y datos sobre variables como; el origen, las cantidades, la composición entre otros.

Es por ello y abonando al cumplimiento que tiene el relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato, se aplicarán una serie de indicadores de la sostenibilidad, con el objetivo de evaluar el estado actual y de cumplimiento de los procesos administrativos y operativos en la gestión de residuos sólidos municipales.

## **I.3. OBJETIVOS**

### **I.3.1. Objetivo General**

Evaluar integralmente la gestión de residuos sólidos en el relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato mediante indicadores de sostenibilidad.

### **I.3.2. Objetivos Particulares**

- Selección de los indicadores aplicables al caso de estudio.
- Generar matriz de recopilación de información base.
- Calcular la calidad y desempeño de los indicadores.
- Analizar los indicadores en el ámbito social, ambiental, económico y de aspectos técnicos.

## CAPITULO II

### II.1. RESULTADOS

#### II.1.1. Calidad de la información base

En la gestión de residuos, históricamente han existido deficiencias importantes en la calidad y cantidad de información, por lo que deben ir adoptándose diversas estrategias que ayuden a establecer mejores prácticas en la colecta, procesamiento y uso de información de la gestión de residuos.

En base a la selección de los 40 indicadores del sistema de la gestión de residuos aplicados en el presente estudio, se realizó la evaluación de la calidad de la información de acuerdo a los criterios mostrados en la tabla 1. El procedimiento detallado de la evaluación de la calidad fue tomado de *Sistema de indicadores para la evaluación integral y control de la gestión de residuos municipales* (Turcott & Lobo, 2018), la cual en función de los criterios se podrá definir la calidad de la información recaba para la evaluación de cada indicador.

**Tabla 1 Calidad de la información base.**

Calidad	Sigla	Puntuación
Alta	A	60-55
Aceptable	B	50-40
Baja	C	35-20
Desconocida	U	<15

Sobre el proceso de la calidad de la información base, para cada indicador, consta de una evaluación sobre las evidencias necesarias que acrediten el cumplimiento a cada indicador, estas pueden ser; leyes, reglamentos, fotografías, encuestas, estudios, recursos disponibles entre otras, el resultado obtenido, se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2. Resultados de la calidad de la información base**

Indicador		Evaluación de la calidad de la información					
ID	Descripción	Origen	Nivel de incertidumbre	Cobertura temporal	Cobertura espacial	Total	Calidad de la información
I-1	Existencia de legislación	15	15	5	15	50	B
I-2	Cumplimiento de la legislación	15	15	15	15	60	A

Tabla 2. Resultados de la calidad de la información base (continuación)

Indicador		Evaluación de la calidad de la información					
ID	Descripción	Origen	Nivel de incertidumbre	Cobertura temporal	Cobertura espacial	Total	Calidad de la información
I-3	Registro de sanciones	15	15	15	15	60	A
I-4	Número de sanciones por cada 10 000 habitantes/año	15	15	15	15	60	A
I-5	Existencia de instrumentos económicos	15	15	10	15	55	A
I-6	Planeamiento para la gestión de residuos	15	15	10	15	55	A
I-7	Planes y políticas para flujos de residuos específicos	15	15	15	15	60	A
I-8	Cumplimiento de planes o políticas	10	10	15	15	50	B
I-9	Diagnóstico de la gestión de residuos	15	15	10	15	55	A
I-10	Presupuesto en proyectos I+D+i per cápita	-	-	-	-	-	U
I-11	Certificaciones y auditorías	15	15	15	15	60	A
I-12	Coordinador de servicio	15	15	10	15	55	A
I-13	Asignación de funciones y responsabilidades	15	15	10	15	55	A
I-14	Cooperación institucional	15	10	15	15	55	A
I-15	Presupuesto para la gestión de residuos	10	10	15	15	50	B
I-16	Porcentaje del presupuesto de aseo respecto al presupuesto municipal	15	15	10	15	55	A
I-17	Sistema de quejas y sugerencias	15	15	15	15	60	A
I-18	Quejas por cada 10 000 habitantes	15	15	10	15	55	A
I-19	Tiempo medio de respuesta a quejas	5	5	15	15	40	B
I-20	Disponibilidad pública de información	15	10	15	15	55	A
I-21	Grado de satisfacción de los usuarios	15	10	15	15	55	A

Tabla 2. Resultados de la calidad de la información base (continuación)

Indicador		Evaluación de la calidad de la información					
ID	Descripción	Origen	Nivel de incertidumbre	Cobertura temporal	Cobertura espacial	Total	Calidad de la información
I-22	Procedimientos para comunicación, consulta y participación	10	10	15	15	50	B
I-23	Inclusión del sector informal	5	5	5	5	20	C
I-24	Control de la prestación de servicios	15	15	10	15	55	A
I-25	Perfil del personal en puestos clave	10	15	15	15	55	A
I-26	Disponibilidad del servicio	15	15	15	15	60	A
I-27	Personal formal por cada 1000 toneladas	15	15	15	15	60	A
I-28	Rendimiento del trabajo en toneladas/hora	15	15	15	15	60	A
I-29	Salario promedio comparado con el salario mínimo	15	15	15	15	60	A
I-30	Prestaciones relacionadas con el salario	5	5	15	15	40	B
I-31	Estrategias de capacitación y formación	15	15	15	15	60	A
I-32	Aspectos relacionados con seguridad e higiene	15	15	15	15	60	A
I-33	Tarifa promedio	15	15	15	15	60	A
I-34	Intensidad de uso del suelo en limpieza viaria y/o recolección	15	15	15	15	60	A
I-35	Intensidad de uso del agua	15	15	15	15	60	A
I-36	Gestión de agua residual y/o lixiviado generado	10	15	15	15	55	A
I-37	Aspectos relacionados con impacto visual	15	15	15	15	60	A
I-38	Contaminación por olores	10	10	15	15	50	B

Tabla 2. Resultados de la calidad de la información base (continuación)

Indicador		Evaluación de la calidad de la información					
ID	Descripción	Origen	Nivel de incertidumbre	Cobertura temporal	Cobertura espacial	Total	Calidad de la información
I-39	Sistema de monitoreo continuo	15	15	15	15	60	A
I-40	Vida útil disponible del vertido	10	10	15	15	50	B

### II.1.2. Desempeño de los indicadores

Por otra lado, se realizó la evaluación del desempeño para cada indicador aplicado en el presente estudio, los cuales nos indican aquellas áreas de oportunidad mediante desempeño bueno, regular o deficiente, esto siguiendo la metodología establecida por (Turcott & Lobo, 2018), la cual se realizó mediante un proceso de semaforización y comparando los resultados obtenidos con otros autores, se puede establecer la clasificación del desempeño

Tabla 3. Evaluación del desempeño mediante proceso de semaforización.

	Desempeño bueno
	Desempeño regular
	Desempeño deficiente

Los resultados obtenidos de la evaluación del desempeño, se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del desempeño por indicador

Indicador			Evaluación del desempeño	
ID	Descripción	Unidad	Resultado	Desempeño
I-1	Existencia de legislación	Si/parcialmente/ no	Parcialmente	

Tabla 4. Resultados del desempeño por indicador (continuación)

Indicador			Evaluación del desempeño	
ID	Descripción	Unidad	Resultado	Desempeño
I-2	Cumplimiento de la legislación	Si/parcialmente/ no	Si	
I-3	Registro de sanciones	Si/parcialmente/ no	Si	
I-4	Número de sanciones por cada 10 000 habitantes/año	Número de sanciones registradas al año/10 000 habitantes	12.66	
I-5	Existencia de instrumentos económicos	Si/parcialmente/ no	Parcialmente	
I-6	Planeamiento para la gestión de residuos	Si/parcialmente/ no	Si	
I-7	Planes y políticas para flujos de residuos específicos	Si/parcialmente/ no	Si	
I-8	Cumplimiento de planes o políticas	Si/parcialmente/ no	Si	
I-9	Diagnóstico de la gestión de residuos	Si/parcialmente/ no	Si	
I-10	Presupuesto en proyectos I+D+i per cápita	Presupuesto anual(USD\$)/ha bitante ó No existe presupuesto para I+D+i	No existe presupuesto para I+D+i	
I-11	Certificaciones y auditorias	Número de certificaciones	1	
I-12	Coordinador de servicio	Si/parcialmente/ no	Si	
I-13	Asignación de funciones y responsabilidades	Si/parcialmente/ no	Si	

Tabla 4. Resultados del desempeño por indicador (continuación)

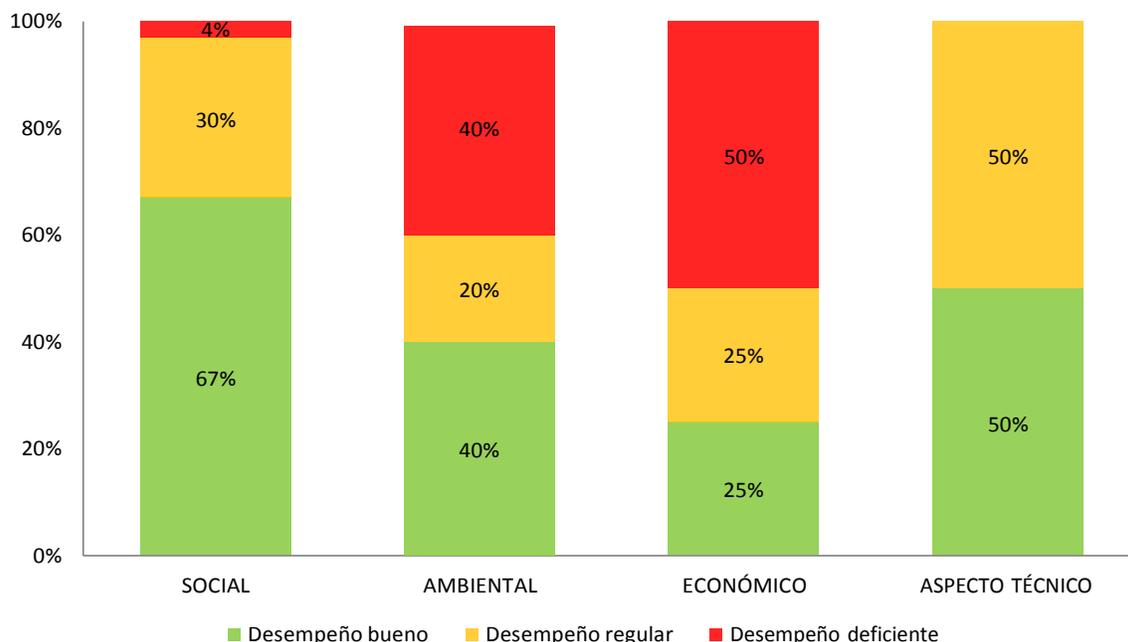
Indicador			Evaluación del desempeño	
ID	Descripción	Unidad	Resultado	Desempeño
I-14	Cooperación institucional	Si/parcialmente/ no	Si	
I-15	Presupuesto para la gestión de residuos	Si/parcialmente/ no	SI	
I-16	Porcentaje del presupuesto de aseo respecto al presupuesto municipal	%	4.90 %	
I-17	Sistema de quejas y sugerencias	Si/parcialmente/ no	SI	
I-18	Quejas por cada 10 000 habitantes/año	# quejas/habitante s/año	42.02	
I-19	Tiempo medio de respuesta a quejas	Días	3-5 días	
I-20	Disponibilidad pública de información	Si/parcialmente/ no	Parcialmente	
I-21	Grado de satisfacción de los usuarios	Satisfechos/No satisfechos/ No se realiza encuesta	Satisfechos	
I-22	Procedimientos para comunicación, consulta y participación	Si/parcialmente/ no	Si	
I-23	Inclusión del sector informal	Si/parcialmente/ no	No	
I-24	Control de la prestación de servicios	Si/parcialmente/ no	Si	
I-25	Perfil del personal en puestos clave	%	64 %	
I-26	Disponibilidad del servicio	%	100 %	
I-27	Personal formal por cada 1000 toneladas	Trabajadores/ 1000 toneladas	0.006	
I-28	Rendimiento del trabajo en toneladas/hora	Toneladas/hora	5.69	
I-29	Salario promedio comparado con el salario mínimo	%	124 %	
I-30	Prestaciones relacionadas con el salario	%	100 %	

Tabla 4. Resultados del desempeño por indicador (continuación)

Indicador			Evaluación del desempeño	
ID	Descripción	Unidad	Resultado	Desempeño
I-31	Estrategias de capacitación y formación	Si/parcialmente/no	Si	
I-32	Aspectos relacionados con seguridad e higiene	Si/parcialmente/no	Si	
I-33	Tarifa promedio	USD\$/tonelada	6.8 USD/Ton	
I-34	Intensidad de uso del suelo en limpieza viaria y/o recolección	m2/tonelada	7.05 m <sup>2</sup> /Ton	
I-35	Intensidad de uso del agua	L/tonelada	0.002 L/Ton	
I-36	Gestión de agua residual y/o lixiviado generado	Si/no	Si	
I-37	Aspectos relacionados con impacto visual	Si/no	Si	
I-38	Contaminación por olores	Si/no	No	
I-39	Sistema de monitoreo continuo	Si/Parcialmente/No	Si	
I-40	Vida útil disponible del vertido	Años	6 años	

### II.1.3. Evaluación por sub grupos de indicadores

Finalmente se realizó una evaluación por componente transversal, es decir, los indicadores por clasificación de los atributos evaluados (social, ambiental, económico y de aspectos técnicos), esto con el objetivo de medir y comparar las esferas de la sostenibilidad y tomar medidas a favor de su mejora, en la ilustración 3, se muestra en porcentaje el nivel de desempeño por atributo.



**Ilustración 3. Evaluación de desempeño por atributo.**

#### II.1.4. Hallazgos relevante de los indicadores aplicados

Dentro de los estudios de aplicación de indicadores, resultan relevante los hallazgos encontrados, lo que resulta de mayor importancia para la correcta toma de decisiones al momento de su análisis y evaluación.

Con la aplicación de los indicadores de sostenibilidad en el presente estudio, nos muestra áreas de oportunidad en muchos aspectos de la gestión administrativa y operativa del sitio de disposición final de residuos sólidos, sin embargo para efectos del presente trabajo, se muestran los hallazgos de mayor área de interés y oportunidad, con el objetivo de centrar los esfuerzos en ello y mejorar las condiciones de trabajo.

En la siguiente tabla, se muestran los principales hallazgos detectados para algunos de los indicadores que se aplicaron en el presente estudio;

Tabla 5. Principales Hallazgos detectados en el presente estudio

Indicador		Hallazgo
Descripción	Desempeño	
Presupuesto en proyectos I+D+i per cápita	●	Derivado de las herramientas de aplicación del indicador, se detectó que el sistema operador del relleno sanitario, no cuenta con un porcentaje de presupuesto para el desarrollo de proyectos de Investigación, desarrollo e innovación.
Porcentaje del presupuesto de aseo respecto al presupuesto municipal	●	El porcentaje del presupuesto de aseo es esta entre un 10 a 15%, lo que resulta importante incrementar su porcentaje por la complejidad del sistema de aseo público.
Inclusión del sector informal	●	Al momento de realizar la aplicación de los indicadores no se contaba con ningún antecedente relación al indicador, sin embargo actualmente se cuenta con un programa de Red de Recuperadores Urbanos, el cual esta en proceso de consolidación.
Aspectos relacionados con impacto visual	●	El indicador es muy subjetivo, resultado con desempeño deficiente por las respuestas de la población aledaña al sitio de disposición final (área de estudio) ya que comentaban que siempre tenía un impacto visual negativo.
Contaminación por olores	●	El 80% de la población encuestada comento que siempre por las tardes y noches los olores son muy fuertes en la zona influenciada por el área de estudio.

## CAPITULO III.

### III.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Derivado de los resultados obtenidos en el presente estudio y de acuerdo a las condiciones locales en las que se desarrolló el presente trabajo, se puede discutir lo siguiente:

En gran parte de los países de América Latina y el Caribe, la deficiencia y la falta de instrumentos de planeación, es nula, lo que provoca una serie de desafíos ambientales para los gobiernos locales en la gestión de residuos sólidos urbanos.

En relación a los resultados obtenidos del presente estudio, la calidad de la información base, se pudo observar que se obtuvo un 80% de calidad alta, esto obedece a que la institución responsable de la gestión de residuos, tiene procesos implementados para la rastreabilidad de la información, los cuales van desde, documentos de registro como bitácoras, planos, estudios, certificaciones, manuales etc.

Para el resto de los indicadores que obtuvieron una calidad de la información aceptable (15%) y deficiente (5%), se considera por la falta de rastreabilidad y trazabilidad en la información que se genera en sus etapas de la gestión y en muchos de los casos se debe al desconocimiento, la falta de recurso y de ética profesional.

En este sentido el indicador con calidad de la información baja, resulto el de *presupuesto para proyectos de investigación, innovación y desarrollo*, indicador importante dentro de esquemas tan complejos como el manejo de los residuos y su disposición final, que presentan impactos negativos hacia el medio ambiente, la sociedad y la economía. Por lo que es de suma importancia el considerar en un futuro, contar con presupuesto para este tipo de proyectos.

Por otro lado, en el proceso de evaluación del desempeño de los indicadores aplicados, se obtuvo un 60% con desempeño bueno, esto medido y comparado con valores de referencia a nivel internacional, mientras que los indicadores que obtuvieron un desempeño regular con un 27% y desempeño deficiente con un 13%, muestran áreas de oportunidad y mejoras en sus procesos de gestión.

Si bien, los indicadores con desempeño regular y deficiente, principalmente se debe a la falta de recurso para ejercer en la gestión de residuos, o el porcentaje de recurso es muy bajo. Escenario importante en México y en países de América Latina y el Caribe, como principal factor de deficiencia.

Indicadores importantes como *contaminación por olores y aspectos visuales*, son detonantes para garantizar la salud pública, lo que ha una apertura al conocimiento de sus impactos negativos y generar acciones al corto plazo para su minimización.

Otro punto importante a resaltar, es el indicador de *Inclusión del sector informal*, el cual obtuvo un desempeño deficiente debido a que la autoridad responsable de la gestión de residuos en el área de estudio, no contempla aún, planes o programas de inclusión de este sector importante para la recuperación de residuos valorizables. Factor importante para la cuantificación de residuos generados en las ciudades.

Indicadores en los cuales se deben enfocar los esfuerzos por parte de las autoridades responsables del manejo, así como involucrar actores estratégicos que puedan aportar a la inclusión y desarrollo de estos indicadores, obteniendo como resultado a mediano plazo, un equilibrio entre todas las variables.

Finalmente los resultados arrojados en el análisis de los indicadores por atributo (social, ambiental, económico y aspectos técnicos), nos indican que la preocupación por la sociedad es el pilar fundamental para las autoridades correspondientes, por otro lado y muy importante la parte ambiental es fundamental en estos temas y aún se tiene un porcentaje pequeño en comparación con los otros atributos, por lo que se tendría que apostar a mejorar los indicadores contemplados en ese eje.

Si bien, los resultados obtenidos nos muestran un escenario de oportunidades desde sus diferentes atributos con el fin de mejorar las condiciones de trabajo en una matriz ambiental que suele presentar un sinnúmero de problemas ambientales, como es la gestión de residuos.

## CAPITULO IV.

### IV.1. CONCLUSIONES

El presente caso de estudio, tuvo como objetivo realizar una evaluación de la gestión de los residuos sólidos en el relleno sanitario del municipio de León, Guanajuato, mediante la aplicación de una serie de indicadores de sostenibilidad, los cuales nos indican aquellas áreas de oportunidad y mejora en la gestión de estos residuos.

Ante este escenario y en base a los resultados obtenidos, podemos decir que la gestión que se realiza en el relleno sanitario de León, se lleva de la manera correcta, presentando puntos críticos de mejora como lo son; el impacto visual y la generación de olores. Puntos importantes en los que interviene la población aledaña y los cuales siempre serán un problema visual.

Al analizar los componentes de los indicadores (social, ambiental, económico y de aspecto técnico), observamos el desempeño deficiente en el componente económico, factor importante a considerar para el manejo y equipamiento de los residuos, así como para el desarrollo de proyectos de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Es de suma importancia considerar el factor económico, ya que resulta indispensable para cualquier proceso que se realiza como parte de la gestión y manejo de los residuos, así como aquellos indicadores que resultaron con desempeño deficiente, los cuales son áreas de oportunidad para seguir mejorando este aspecto.

Finalmente con la aplicación de estos indicadores, se ha generado un estado actual sobre la situación del manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario, lo cual resulta importante para los responsables, al momento de priorizar acciones en la toma de decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijo, M. (2011). *Planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público. Santiago de Chile*. Santiago: Organización de la Naciones Unidas. [https://www.cepal.org/ilpes/publicaciones/xml/8/44008/SM\\_69\\_MA.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/publicaciones/xml/8/44008/SM_69_MA.pdf)
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Situación de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/es/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Berkeley, P. H. (1960). The disposal of municipal refuse. *Waste Management*.
- Bringuenti, J. Z. (2001). Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion. *Resources, conservation and recycling*.
- Brunner, P. y. (2007). Setting priorities for waste management strategies in developing countries. *Waste Management*, 234-240.
- Centro coordinador del convenio de Basilea para America Latina y el Caribe. (2005). *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos*. Montevideo.
- Colomer, M. J., & Gallardo, I. A. (2007). *Tratamiento y Gestión de residuos sólidos*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Guerrero, G. E. (2004). Indicadores de Sustentabilidad para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios. *Geografía Norte Grande*, 71.
- INECC. (2013). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos*. México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico\\_basico\\_extenso\\_2012.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf)
- LPGGIR. (2003). *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*. Obtenido de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf)
- Martínez, S. J. (2015). La gestión de residuos sólidos en México. Universidad EAN. [https://www.researchgate.net/publication/281212628\\_La\\_gestion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/281212628_La_gestion_de_residuos_solidos_en_Mexico). DOI [10.13140/RG.2.1.3745.4167](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3745.4167).
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (1992). *Atlas Nacional de España. Edafología*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.
- PPGIRSUML. (2020). *Programa para la Prevención y Gestión Integral de residuos en el Municipio de León, Guanajuato*. León.
- Roca, F. A. (2003). *Infoagro*. Obtenido de Problemática y clasificación de los residuos. [https://www.infoagro.com/documentos/problematika\\_clasificacion\\_y\\_gestion\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/problematika_clasificacion_y_gestion_residuos_solidos_urbanos.asp)

- Salgado, L. (2014). Percepción y factores que facilitan su separación en el hogar (caso de estudio). *Quivera*, 91-112.
- SEMARNAT . (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los residuos*. México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- SEMARNAT. (2012). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de residuos* . México. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/Documentos/Ciga/libros2009/CD001408.pdf>
- SEMARNAT. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de residuos*. México. *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los residuos*. México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Tchobanoglous, G. T. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw-Hill. ISBN: 84-481-1766-2
- Turcott, C. D. (2018). Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management. *Waste Management*, 51-63.
- Turcott, C. D., & Lobo, G. d. (2018). *Sistema de indicadores para la evaluación integral y control de la gestión de residuos municipales*. Santander España: Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/15418>
- UNED. (Julio de 2020). *Gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos*. Obtenido de <https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm>
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (Julio de 2020). *Secretaría de Sustentabilidad*. Obtenido de <http://sds.uanl.mx/residuos-de-manejo-especial-rme/>
- Wilson, D. R. (2015). Waste aware benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 329-342.
- Zaman, A. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management. *Ecological indicators*, 682-693.