

# 13. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE RESIDUOS MUNICIPALES EN EL RELLENO SANITARIO DE ICA-PERÚ.<sup>80</sup>

## Assessment of the Environmental Impact of Municipal Waste in the Ica-Peru.

José Carlos Rodríguez Chacón<sup>81</sup>

Patricia Paulina Huaranca Contreras<sup>82</sup>

Eduardo Antonio Navarrete Senda<sup>83</sup>

Juan José, Jiménez Garavito<sup>84</sup>

Paulina Eliades Yarasca Carlos<sup>85</sup>

Reynaldo Jesús Ormeño Berrocal<sup>86</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES<sup>87</sup>

<sup>80</sup> Derivado del proyecto de investigación: Impacto ambiental por manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario de Ica-Perú.

<sup>81</sup> Ing. Mecánico Electricista, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Doctor en Gestión Ambiental, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, jose.rodriguez@unica.edu.pe.

<sup>82</sup> Ing. de Sistemas, Universidad Técnica de Georgia, Doctor en Ingeniería de sistemas, Universidad Alas Peruanas, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, [patricia.huaranca@unica.edu.pe](mailto:patricia.huaranca@unica.edu.pe).

<sup>83</sup> Ing. Mecánico Electricista, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Doctor en Gestión Ambiental, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, enavarrete@unica.edu.pe.

<sup>84</sup> Ing. Mecánico Electricista, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Doctor en Ciencias Empresariales de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, jose.jimenez@unica.edu.pe.

<sup>85</sup> Lic. en Educación Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Doctorado en Educación, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, eliades.yarasca@unica.edu.pe

<sup>86</sup> Ing. Mecánico Electricista, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Doctor en Gestión Ambiental, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Docente en Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Reynaldo.ormeño@unica.edu.pe

<sup>87</sup> Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

## EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE RESIDUOS MUNICIPALES EN EL RELLENO SANITARIO DE ICA-PERÚ.

*José Carlos Rodríguez Chacón, Patricia Paulina Huarancca Contreras, Eduardo Antonio Navarrete Senda, Juan José, Jiménez Garavito, Paulina Eliades Yarasca Carlos, Reynaldo Jesús Ormeño Berrocal.*

### RESUMEN

La investigación consistió en determinar cómo los procesos del manejo de residuos sólidos impactaron en el medio ambiente de la ciudad de Ica en el periodo 2015-2016. Para lograr nuestro objetivo se priorizó evaluar los factores intervinientes, fundamentalmente los socio-ambientales, seguidamente de la cuantificación y calificación de los impactos, para lo que fue necesario el diseño de una matriz basada en Leopold. Se jerarquizó de forma resumida los impactos ambientales específicamente los medios físico-químicos como el suelo, aire, agua, además del componente social, económico y cultural. El resultado evidenció claramente que el manejo fue inapropiado revelando que los impactos ambientales negativos fueron en total 125, casi 3 veces más que los positivos que fueron 45. Debe resaltarse que el municipio de la ciudad de Ica quien administra el relleno sanitario y por consiguiente los residuos sólidos, infringió la normatividad existente a nivel internacional, nacional y local. Lo lamentable del no cumplimiento de los procedimientos para un adecuado manejo de residuos sólidos, trajo como consecuencia la pérdida económica de lo significó la construcción de esta infraestructura que alcanzó la onerosa suma de 7 834 562.35 de soles, desperdiciando una inversión proyectada a futuro y que en consecuencia se generó un latente problema de contaminación ambiental de tipo estético, epidemiológico, social y económicos para la ciudad de Ica.

**PALABRA CLAVE:** evaluación; matriz de Leopold; procedimiento; botaderos; recolección; disposición final.

### ABSTRACT

The investigation consisted of determining how the solid waste management processes impacted the environment of the city of Ica in the period 2015-2016. To achieve our objective, priority was given to evaluating the intervening factors, fundamentally the socio-environmental ones, followed by the quantification and qualification of the impacts, for which it was necessary to design a matrix based on Leopold. The environmental impacts, specifically the physical-chemical media such as soil, air, water, as well as the social, economic and cultural component, were summarized in a hierarchical manner. The result clearly showed that the management was inappropriate, revealing that the negative environmental impacts were a total of 125, almost 3 times more than the positive ones, which were 45. It should be noted that the municipality of the city of Ica, which manages the sanitary landfill and therefore the solid waste, infringed existing regulations at the international, national and local level. The unfortunate failure to comply with the procedures for proper solid waste management resulted in the economic loss of what the construction of this infrastructure meant, which reached the onerous sum of 7,834,562.35 soles, wasting an investment projected for the future and that Consequently, a latent problem of aesthetic, epidemiological, social and economic environmental contamination was generated for the city of Ica.

**KEYWORD:** evaluation; Leopold matrix; procedure; dumps; collection; final disposal.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial demográfico y el desarrollo industrial de los países está generando problemas ambientales, sujetos a un consumo exagerado de productos y de satisfacción de servicios requeridos por las necesidades antropogénicas que cada día son más exigentes (Barrera & Pérez, 2018; Ojeda, 2018; Villanueva et al., 2022), acompañadas de una desmesurada concentración en las grandes poblaciones urbanas trae como consecuencia emisiones de sustancias a nivel global que incrementan sostenidamente gases de efecto invernadero (GEI). Es de conocimiento global que uno de los gases más perjudiciales para el medio ambiente es el metano CH<sub>4</sub> generado en diversas actividades que se dan en los rellenos sanitarios con inadecuado manejo, así mismo contribuyen notablemente los botaderos a cielo abierto, según establece el Panel Intergubernamental 2014 sobre el Cambio Climático -IPCC (Boggiano, 2021). El inmenso volumen de residuos sólidos de muchas ciudades no puede manejarse adecuadamente, es común observar en los países latinoamericanos inadecuados procedimientos del manejo de estos residuos desde su generación, pasando por la deficiente recolección hasta llegar a su disposición final muchas veces eliminados indiscriminadamente en cualquier lugar para deshacerse de ellos (Contreras, 2021).

En un informe del Banco Mundial [BM], 2018 señala tácitamente que si no se tiene presente la envergadura del crecimiento de residuos sólidos estos alcanzarían valores altísimos aumentando hasta un 70 % de los valores actuales, alertando que para los 30 años próximos la generación percapita de residuos se incrementaría de 2 010 a 3 400 millones de toneladas desde el año de análisis 2016. En el informe del banco mundial se enfatiza que los países desarrollados representan un 16 % de la población mundial, sin embargo, producen una tercera parte que representa el 34 % de residuos a nivel mundial, enfatizando que la región de Asia Oriental y el Pacífico alcanza una producción generada del 23 % la cuarta parte del total; existiendo una tendencia lamentable de que los residuos se dupliquen o tripliquen en otras regiones como África al sur y Asia meridional (Bartra & Delgado, 2020; Galvis, 2016).

Determinar la magnitud generada de residuos urbanos en las ciudades es sumamente

complejo, puesto que es casi imposible realizar registros exhaustivos de los residuos producidos por las localidades, situación que permite a los responsables en determinar el volumen de residuos generados por persona/hogar a través de estimaciones aproximadas apoyadas en modelos matemáticos que extrapolando los valores obtenidos se logra un estimado del volumen de residuos de cada población; considerando para esto las características fundamentales de convivencia, ingresos económicos, condición social y cultural, además de la zona urbana o rural (Sistema Nacional de información ambiental de recursos Naturales [SNiARN],2022; Ipanaque et al.,2018).

La región Ica y el país en general han experimentado un crecimiento económico sostenido hace algunos años atrás debido a la agroexportación, lo que ha hecho notorio un incremento de la generación de residuos sólidos a todo nivel, considerando los primeramente los domésticos, administrativos, comerciales y municipales. Estudios realizados en esta ciudad establecieron que la generación per cápita ha variado de 0.711 kilogramos por habitante por día hasta 1.08 kg/hab/día desde el año 2001 hasta el 2007, considerando una producción anual de 8 091 283.4 toneladas; siendo Lima la capital peruana y la urbe más grande del país generadora de 8 938.57 toneladas, la ciudad de Piura con una producción de 1 343.35, finalmente Madre de Dios con 86.73 toneladas y para la ciudad de Ica 2015 se generaba 140 toneladas por día aproximadamente (Ministerio del ambiente Perú [MINAM], 2013).

El relleno sanitario se diseña considerando que esta es una alternativa para el confinamiento de los materiales considerados desechos de manera eficaz, eficiente y responsable dependiendo de su operatividad, comparado con los botaderos que son lugares escogidos indiscriminadamente por las personas para verter los residuos sólidos en cualquier lugar con la finalidad de deshacerse de ellos, por no tener la sensibilización adecuada para el control técnico-sanitario afectando la salud de los residentes en esa zona (Cruz et al., 2020; Canelo, 2021), así mismo generan impactos ambientales relevantes sobre varios medios como el físico, biótico y social; además de los lixiviados producidos por la descomposición de la materia orgánico depositados en los botaderos y rellenos sanitarios con manejo inapropiado provocando la proliferación de fauna nociva que representa un riesgo para la

calidad del aire, suelo y agua (MINAN,2013; Gonzales &Villalobos, 2021. Esta alternativa técnica contribuye a la mejor disposición de materiales en desuso como son los residuos de toda índole y se utiliza en muchas regiones del país, el proceso de confinamiento final de los residuos se realiza a través de capas de tierra compactadas sobre el suelo en una faena diaria previamente impermeabilizado con una geomembrana para prevenir la contaminación de la capa freática, protegiendo de esta forma los acuíferos cercanos a este lugar (Rojas et al.,2020). Las políticas y sistemas de gestión para manejo de residuos sólidos se diseñaron relevantemente para preservar y mejorar la condición de vida de todos los países del mundo, sin embargo, se encuentran limitaciones en la capacidad financiera sostenible y en los aspectos fundamentales como la infraestructura, operatividad y sobre todo un deficiente mantenimiento (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA], 2020).

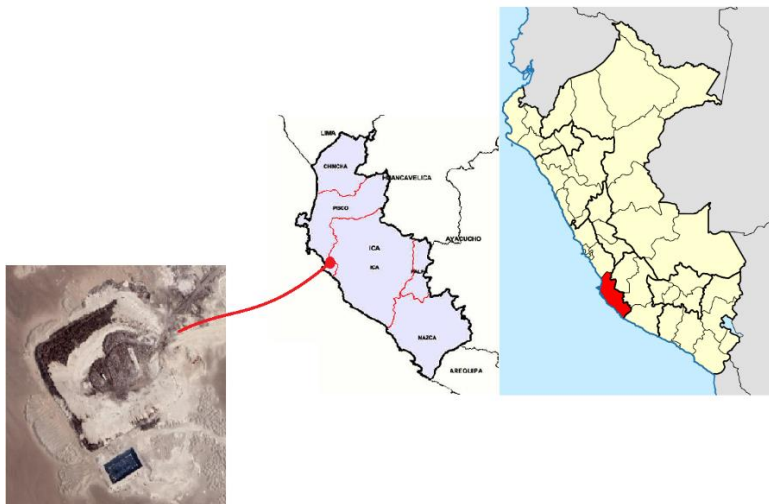
El objetivo de esta investigación fue llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental por manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario de Ica en el periodo 2015-2016, para determinar y evaluarlos se tuvo en cuenta los principales factores socio ambientales actuantes; la cuantificación y calificación de los impactos se realizó a través de una matriz de Leopold, que permitió evaluar algunos medios físicos como el aire, suelo, agua, además de los componentes social, económico y cultural.

## METODOLOGÍA

El relleno sanitario tiene como ubicación en el sector denominado Loma Lodullado, en el kilómetro 10.25 y 11.25 cuya carretera conduce a la playa de Carhuaz, perteneciente al distrito, provincia y departamento de Ica (Fig.1); se construyó el primer módulo en un terreno de 380.59 hectáreas y 8 974.28 metros de perímetro, el proyecto adopto una proyección de vida útil promediando los 54 años y capacidad volumétrica de 12 461 423.52 m<sup>3</sup>, propiedad del municipio provincial de esta ciudad iqueña. La capacidad total destinada al relleno sanitario es de 80 hectáreas, estableciendo que la primera etapa actual construida tiene una extensión de 2.7 hectáreas (27 000 m<sup>2</sup>).

### Figura 1.

*Ubicación Geográfica del relleno sanitario de Ica en Loma Loduallo (carretera a Carhuaz Km 10.25-11.25).*



*Nota:* elaboración propia.

La obra benefició a los distritos de la ciudad de Ica, Tinguiña, Parcona, Los Aquijes, Subtanjalla y Salas-Guadalupe, la población estimada para el año 2009 fue de 245 810 habitantes de la población en la provincia de Ica representando 82.55 %, las investigaciones correspondientes al proyecto contribuyeron a otorgar una calificación del lugar como clima desértico, desecado, subtropical, con lluvias muy esporádicas) (Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental [MINSA-DIGESA], 2009).

En el año 2004 se realizó en la ciudad de Ica un evento dirigido por la organización no gubernamental DAR, conjuntamente con un equipo de trabajo técnico conformado por especialistas de la municipalidad quienes determinaron la caracterización de los residuos generados y concluyeron en el 2012. En dicho evento se estimó la generación percapita de residuos para cinco distritos de la provincia, quedando establecido para Los Aquijes 0.386, la Tinguiña y Parcona 0.390 cada uno, Subtanjalla 0.240, finalmente el distrito de Ica 0.543 (kg/hab/día); donde se tuvo en cuenta los lineamientos contemplados por Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la Provincia de Ica [PIGARS], 2012. El 15 de agosto

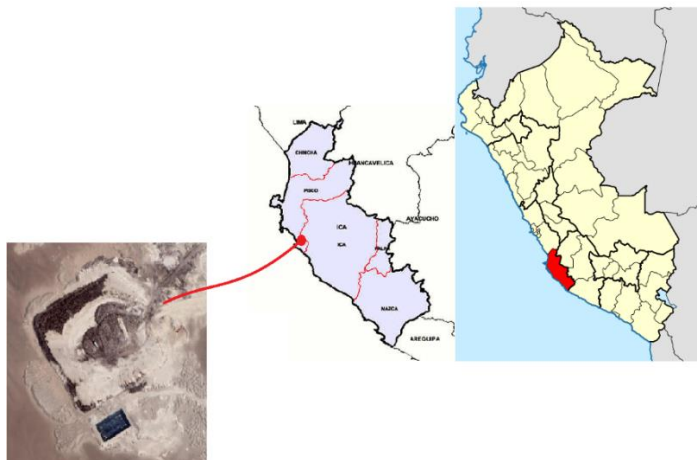
del 2015 se apertura los servicios del relleno sanitario bajo la administración de la municipalidad provincial iqueña (Fig.2).

En el año 2016 la municipalidad provincial de Ica se vio en la obligación de realizar una nueva estimación de la caracterización de residuos de la ciudad, asumiendo que cada habitante generaba 0.6 kg cada día, considerando para aquel tiempo se contaba con 140 000 habitantes en el distrito del cercado; partiendo de este supuesto se consideró adicionarle a este valor el 50%, de lo que se obtuvo  $0.6 \text{ kg/hab/día} * 0.5 = 0.3$ ; por lo tanto, se obtiene como producto la suma de ambos  $0.6 + 0.3 = 0.9 \text{ kg/hab/día}$ . Finalmente, la municipalidad decidió realizar un redondeo técnico de los residuos a  $1 \text{ kg/hab/día}$ , así mismo la densidad de los residuos determinada en camión compactador fue de  $0.6 \text{ kg/m}^3$  y en camión sin compactación de  $0.3\text{-}0.4 \text{ kg/m}^3$ ; la información fue recabada por encuesta a los encargados del área correspondiente basado en el Decreto legislativo 1278 ley de gestión integral de residuos sólidos (Ministerio del ambiente, Decreto legislativo 1278, 2018).

Las unidades de transporte de la municipalidad están conformadas por cuatro camiones marca SCANIA de 5 toneladas y uno marca HINO de 10 toneladas, estos vehículos se sumaron a los que contaba la empresa tercerizada DIESTRA SAT (Convenio con la municipalidad 2005-2022) que contaba con 4 camiones: uno de 10, otro de 15 y dos de  $19 \text{ m}^3$ . Un parámetro de evaluación de los residuos urbanos es determinar su composición física y fue estimada a partir de la investigación de caracterización, quedando establecido que Ica generaba 140 toneladas diarias, considerando empíricamente que 50% era material orgánico con una humedad del 50 % y el otro 50 % inorgánico. La operación y desempeño de maquinaria para el manejo de residuos estaba conformada por un cargador frontal y uno de tipo oruga; donde la municipalidad de Ica estableció que el 50 % de residuo orgánico contenía líquido, entonces de 70 toneladas de residuos se obtiene 35 toneladas de fluidos. Siendo el PIGARS un instrumento de planificación, tiene implantada una política de gestión para el manejo de residuos sólidos domiciliarios e industriales de tal forma que asegure una sostenidamente eficiencia en la prestación de los servicios municipales en todo el proceso partiendo de la generación, la limpieza y recolección pública, hasta su confinación final en el relleno sanitario.

## **Figura 2.**

*Apertura del relleno sanitario del mercado de Ica 15 de agosto 2015.*



Nota: <https://www.youtube.com/watch?v=zv1P8E3eQyY>

La imagen muestra las condiciones técnicas constructivas del relleno sanitario, con geomembrana de protección del suelo, columnas de venteo y acondicionadas para el quemado del metano antes de su apertura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Búsqueda de información.

Se documentó la normatividad existente a nivel local basada en el (PIGARS), según la Ley General de los Residuos Sólidos N° 27314 y su respectivo reglamento aprobado según D.S. 057-2004/PCM, considerando que este instrumento es de vital importancia para la gestión del medio ambiente a nivel de gobiernos locales señalan que el PIGARS es un instrumento de gestión ambiental para gobiernos locales donde se debe elaborar, aprobar e implementar todas las medidas correspondientes para cumplir con el elemental objetivo que es crear condiciones acertadas en la gestión y manejo de los residuos sólidos municipales, garantizando una competente y activa prestación de los servicios esenciales de limpieza, además de un virtuoso ornato público, que involucra desde la generación hasta su confinamiento y compactación final de los residuos.

**Recolección de datos.**

Proporcionados por la municipalidad provincial previo tramite documentario pertinente al señor alcalde de la ciudad, siendo derivado a la subgerencia de áreas verdes y ornato, la que tuvo a bien brindarnos toda la información solicitada y el apoyo del personal correspondiente.

**Entrevistas.**

Mediante cuestionarios establecidos y con preguntas pertinentes de varios ítems, se recogió información valiosa que permitieron formar un sistema documentado de cada una de las acciones y los procedimientos que se utilizaron para la recolección de los residuos en la ciudad de Ica.

**Visita de campo.**

En el relleno sanitario se obtuvo la información del actuar diario respecto de las actividades operativas realizadas por el personal, así mismo se observó y comparo las actividades administrativas para la culminación del proceso de la disposición de residuos verificando los procedimientos de su manejo in situ.

**Toma de imágenes y videos.**

Se ha evidenciado la condición y los procedimientos que aquí se estuvieron desarrollando.

**Observación.**

Se procedió a determinar la condición, el estado y los procedimientos en el lugar de los hechos, pudiéndose delimitar impactos ambientales que acontecen en el lugar.

**Calificación de impactos observados.**

Analizados cada uno de los latentes impactos ambientales se procedió a la calificación de estos en el relleno sanitario mediante una matriz de interacción.

### **Evaluación de impacto ambiental.**

Con la matriz de interacción mencionada se cuantifico y calificaron los impactos ambientales fundamentados en los hechos que ocurrían en el relleno sanitario, utilizando adecuados criterios de juicio para la evaluación y ponderando la significación trascendente de los efectos sobre el medio ambiente circundante, considerándose los términos de valoración estándar, para los medios biofísicos, los aspectos socio-económicos e identificándose impactos de tipo cualitativo y cuantitativo así mismo se determinó su significancia en la matriz de interacción.

Tomando como referencia a González & Villalobos (2021), determinaron que parte de los procesos de valoración de impactos es conveniente identificar de las interacciones que estuvieron presentes en la calificación cualitativa y cuantitativa, lo que se expresó en función de los atributos, en esta investigación se asignaron valores a los correspondientes impactos en una matriz interactiva para poder determinar la jerarquía y la relevancia de las diferentes condiciones existentes en el lugar de evaluación. La calificación ambiental (Ca) para cada impacto queda definida como una expresión numérica de la cual se obtendrá el impacto ambiental evaluado, donde el resultado será la interacción de cada uno de los atributos para caracterizar impactos positivos como negativos y está representada por la siguiente expresión:  $Ca = D * Po * (M + E + Du + F + R)$ .

#### **Tabla 1.**

*Rango de valores para los atributos en la calificación ambiental.*

| <b>Símbolo</b> | <b>Atributo</b>            | <b>Rango</b> |
|----------------|----------------------------|--------------|
| D              | Dirección                  | +1, 0, -1    |
| Po             | Probabilidad de ocurrencia | 0.1 a 1      |
| M              | Magnitud                   | 0, 1, 2, 3   |
| E              | Extensión                  | 1, 2, 3      |

|    |                |               |
|----|----------------|---------------|
| Du | Duración       | 1, 2, 3       |
| F  | Frecuencia     | 0, 1, 2, 3, 4 |
| R  | Reversibilidad | 0, 1, 2, 3    |

*Nota:* elaboración propia.

La tabla mostrada se utilizó para determinar la calificación ambiental de los impactos donde se analizó las condiciones ambientales del lugar se asumió valores en un rango desde (-1) para diferentes atributos hasta un valor máximo de (4) para la frecuencia. Investigaciones realizadas brindaron la información necesaria para establecer el cuadro mostrado, además este trabajo fue sustentado y presentado en dos eventos científicos. Se tuvo como referencia el cuadro importancia del impacto, de la tesis de Karla Vallejos Salazar (2016), Evaluación de impacto ambiental del proyecto vial carretera Satipo-Mazamari-desvío Pangoa-Puerto ocupa página 23-26; así mismo se tomó la metodología para el cálculo de las matrices ambientales pág. 1-5 de Servicios Hidrogeológicos y Ambientales (Hidroar s.a.).

### **Tabla 2.**

*Calificación y Valoración de los de impactos*

| Mínimo                    | Moderado | Significativo | Severo | Mínimo                    | Moderado | Significativo | Severo |
|---------------------------|----------|---------------|--------|---------------------------|----------|---------------|--------|
| -1                        | -2       | -3            | -4     | 1                         | 2        | 3             | 4      |
| <b>Impactos Positivos</b> |          |               |        | <b>Impactos Negativos</b> |          |               |        |

*Nota:* elaboración propia.

La tabla 2 es producto de la asignación de valores a los impactos considerando el análisis de la tabla 1 anterior, donde el rango del impacto se califica desde -1 hasta -4, para impactos negativos y de 1 hasta 4 para los positivos.

### **Tabla 3.**

*Medios y aspectos ambientales analizados*

| Impactos Ambientales | Valoración del Impacto |
|----------------------|------------------------|
|----------------------|------------------------|

| (Medios físicos, aspectos social económico y cultural)         | Positivos (+) |   |   |   | Negativos (-) |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------|---------------|---|---|---|---------------|---|---|---|
|                                                                | 1             | 2 | 3 | 4 | 1             | 2 | 3 | 4 |
| <b>El suelo</b>                                                |               |   |   |   |               |   |   |   |
| Alteración de la condición natural y calidad del suelo         |               |   |   |   |               |   |   | X |
| Manejo de los residuos sólidos                                 |               |   |   |   |               |   | X |   |
| Vertido de los RR.SS.                                          |               |   |   |   |               |   |   | X |
| Remoción de tierra para cubierta                               |               |   |   |   |               |   |   | X |
| Producción y manejo de lixiviados                              |               |   |   |   |               | X |   |   |
| Alteración de la estabilidad natural del terreno               |               |   |   |   |               | X |   |   |
| Cambio de forma del terreno del lugar                          |               |   |   |   |               | X |   |   |
| Altera sustancialmente los usos actuales o provistos del suelo |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Contaminación del suelo por derrame de sustancias peligrosas   |               |   |   |   |               |   | X |   |
| <b>El aire</b>                                                 |               |   |   |   |               |   |   |   |
| Alteración de ruido respecto de los estándares establecidos    |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Alteración por movimiento del viento en el medio ambiente      |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Alteración de movimiento del viento en las instalaciones       |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Intensa percepción de olores desagradables                     |               |   |   |   |               |   | X |   |
| Afectación del hábitat de los animales por ruido               |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Generación de emisiones aéreas contaminantes                   |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Producción y manejo de lixiviados.                             |               |   |   |   |               | X |   |   |
| <b>El agua</b>                                                 |               |   |   |   |               |   |   |   |
| Variación y alteración de la calidad de agua superficial       |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Variación y alteración de la calidad del agua subterránea      |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Contaminación del agua por aguas residuales domésticas         |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| <b>Componentes Sociales</b>                                    |               |   |   |   |               |   |   |   |
| Tendencias migratorias de la población a otro lugar            |               |   |   |   |               |   | X |   |
| Variación en las actividades ocupacionales                     | X             |   |   |   |               |   |   |   |
| Demanda de servicios sociales y salud alterada                 |               | X |   |   |               |   |   |   |
| Exposición de personas gente a potenciales riesgos de salud    |               |   |   |   | X             |   |   |   |
| Posibilidad de afectar los servicios públicos fundamentales    |               | X |   |   |               |   |   |   |
| Alteración de actitud y cambio del estilo de vida del poblador |               |   | X |   |               |   |   |   |
| <b>Componente económico</b>                                    |               |   |   |   |               |   |   |   |
| Incremento de las actividades socio-económicas                 | X             |   |   |   |               |   |   |   |
| Cambio en los patrones económicos y sociales                   | X             |   |   |   |               |   |   |   |
| Incremento de empleo y puestos de trabajo                      |               | X |   |   |               |   |   |   |

|                                                        |   |   |  |  |   |   |  |  |
|--------------------------------------------------------|---|---|--|--|---|---|--|--|
| Incremento de la remuneración e ingresos laborales     |   | X |  |  |   |   |  |  |
| Crecimiento de la demanda de transporte                | X |   |  |  |   |   |  |  |
| Ampliación del traslado adicional de vehículos         |   |   |  |  | X |   |  |  |
| <b>Componente Cultural</b>                             |   |   |  |  |   |   |  |  |
| Crea una estrictamente ofensiva a la vista del público |   |   |  |  |   | X |  |  |
| Alteración de áreas de especial interés                |   |   |  |  | X |   |  |  |
| Cambio del escenario a un panorama abierto al público  |   |   |  |  | X |   |  |  |

*Nota:* elaboración propia.

La tabla 3 muestra los seis aspectos más importantes considerados en el trabajo de investigación realizado en el relleno sanitario, estos son los medios físicos como el suelo, aire y agua; seguido de los aspectos social económico y cultural más relevantes para el lugar y las condiciones naturales y antropogénicas generadas por el manejo de residuos en el relleno sanitario.

## RESULTADOS

### Situación actual del relleno sanitario de Ica.

El 15 de agosto del año 2015 se dio inicio a las actividades de operación, confinamiento y disposición de los residuos en el relleno sanitario de Ica, consistente en el primer módulo actualmente desarrollado, en una superficie de 2.7 hectáreas, construido con una geomembrana impermeable para la protección del subsuelo. Esta infraestructura recibe los residuos sólidos generados por la población del distrito del cercado de Ica, siendo su clasificación técnica en la categoría de mecanizado por albergar aproximadamente 140 toneladas muy por encima del valor tipificado de 40 toneladas diarias.

El estudio de caracterización para la elaboración del proyecto fue de 0.4 kg/hab/día en la fecha junio del 2012, donde se estimó una generación de residuos de 125.98 ton/día,

proyectándose una vida útil de 54 años cuya capacidad volumétrica receptiva sería de 12 461 423.52 m<sup>3</sup> ocupando 80 hectáreas durante su vida útil en todos los módulos.

La geomembrana que impermeabiliza y protege el suelo de lixiviados no cumplió con su objetivo puesto que nunca se obtuvo cantidad alguna de estos fluidos, asumiéndose que la geomembrana estaba rota o mal instalada. La figura 3 muestra que los procedimientos administrativos y operativos en el relleno no se cumplieron de acuerdo a lo establecido en el proyecto, observándose que se vertían los residuos indiscriminadamente y esparcidos por un cargador frontal; por lo tanto no existe planificación, procedimientos y tampoco protocolos establecidos en la normativa del PIGARS 2009-2015, donde señala que es principio fundamental la ecoeficiencia, minimización, reducción, reutilización y reciclaje para el proceso, tratamiento, confinación, concluyendo finalmente con la disposición adecuada de los residuos cubiertos y compactados adecuadamente durante una faena diaria.

El método que se planteó en el proyecto exigía el respeto irrestricto de la normatividad, reglamentos y estándares internacionales en el manejo de residuos sólidos municipales, lamentablemente no se concretaron estos parámetros y el relleno fue manejado como un simple botadero, desaprovechando la infraestructura que tuvo un costo de inversión de 5 350 095.17 en la construcción y 2 484 467.18 destinados para equipos sumando un total de 7 834 562.35 de soles.

### **Figura 3.**

*Procedimiento inadecuado en el relleno sanitario como botadero al año 2016.*



*Nota:* elaboración propia.

El relleno sanitario del distrito de Ica fue diseñado con un sistema de captación de lixiviados en forma de columna de pescado distribuido en toda la base impermeabilizada del relleno, además cuenta con una piscina de lixiviados con dimensiones de 40\*60 metros ancho y largo por 3 metros de altura equivalente a 7 200.00 m<sup>3</sup>; sin embargo, no se ha obtenido ninguna cantidad de lixiviados desde la puesta en operación, razón por lo que no se instaló la bomba de extracción de los mismos.

Los impactos ambientales fueron evaluados tomando como base la normatividad a nivel nacional e internacional para las actividades asociadas al relleno sanitario, describiéndose las acciones y características desarrolladas durante la operación del relleno; determinando que la valoración estuvo en función del carácter del impacto desde mínimo hasta severo, para los impactos positivos como para los negativos como se muestra en el Tabla 3. La matriz de interacción como herramienta para la identificación y evaluación de los impactos ambientales reveló resultados objetivos en la visita presencial realizada en el relleno sanitario de Ica, donde se observó que los procedimientos de manejo de residuos eran inadecuados y se esperaba resultados poco alentadores respecto del manejo apropiado y procedimientos en la etapa final del proceso.

En el Tabla 4, se muestra la calificación y evaluación de los impactos ambientales mediante una matriz de interacción especialmente diseñada, entrego un resumen global de cada uno de los impactos de tipo cualitativo-cuantitativo producto de los procedimientos realizados por los obreros encargados de la distribución y compactación de los residuos en el relleno sanitario de la municipalidad provincial de Ica. Los aspectos evaluados fueron: factores físico químicos; analizando, evaluando la categoría, atributo del suelo y la atmosfera, para los factores biológicos se analizó la flora, fauna y estética, sumados a los factores culturales, analizándose en estos los aspectos económicos, sociales y culturales. Cada aspecto fue observado, analizado, evaluado y calificado en la matriz de interacción donde se pudo obtener la sumatoria de los impactos positivos igual a 45 frente a los negativos que fueron 125 como se establece en el Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Evaluación de los impactos ambientales en el relleno sanitario de Ica*

| FACTORES SOCIO AMBIENTALES |                | IMPORTANCIA          |                       | MAGNITUD                                                                    |                                                                     |                  |                       |                                  |                       |                          |                                                 |                                                           |                             |                             |  |
|----------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
|                            |                | CATEGORIA            | ATRIBUTO              | Remoción y compactación de la capa de tierra para la. Cobertura de residuos | Preparación de taludes del lecho de suelo de la trinchera. excavada | Manejo de RR.SS. | Maquinarias y equipos | Personal y servicio de seguridad | Vertido de los RR.SS. | Manejo de los lixiviados | Percepción y Generación de olores desagradables | Deterioro de la calidad del suelo en el relleno sanitario | Total de impactos positivos | Total de impactos negativos |  |
| Factores socio ambientales | Físico químico | Suelo                | Calidad de suelo.     |                                                                             | -3                                                                  | -2               | -2                    |                                  | -2                    |                          | -2                                              | -2                                                        | 0                           | -31                         |  |
|                            |                |                      | Estabilidad de suelo. | -3                                                                          | -2                                                                  |                  |                       |                                  |                       |                          |                                                 |                                                           | 0                           | -5                          |  |
|                            | Atmosféricos   | Material particulado |                       | -4                                                                          | -1                                                                  | -2               |                       | -3                               |                       | -2                       |                                                 | 0                                                         | -29                         |                             |  |
|                            |                |                      | Nivel de ruido        | -3                                                                          | -3                                                                  | -2               |                       |                                  |                       |                          |                                                 |                                                           | 0                           | -24                         |  |

|                               |                               |                                                          |         |         |        |         |         |         |         |         |    |    |      |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|------|
|                               |                               | Gases y gases de combustión                              | -1<br>1 | -1<br>1 |        | -2<br>3 |         | -1<br>1 | -2<br>3 | -1<br>1 |    | 0  | -16  |
| Biológico                     | Flora                         | Remoción de cobertura vegetal                            | -1<br>1 |         |        |         |         |         |         |         |    | 0  | -1   |
|                               | Fauna                         | Sentamiento de especies                                  | -1<br>1 |         |        |         |         |         |         |         |    | 0  | -1   |
| Culturales                    | Estética                      | Vista panorámica y escénica                              | -2<br>1 |         |        |         |         |         |         |         |    | 0  | -2   |
|                               |                               | Seguridad laboral                                        | -4<br>2 | -3<br>2 |        |         | -2<br>1 |         |         |         |    | 0  | -16  |
|                               | Social                        | Salud de personal que labora y de la poblacional cercana | 1<br>2  | 1<br>2  | 1<br>2 |         | 1<br>2  |         | 1<br>2  |         |    | 10 | 0    |
|                               | Económico                     | Generación de empleo                                     | 2<br>2  | 2<br>3  | 3<br>3 |         | 2<br>2  | 1<br>2  |         |         |    | 25 | 0    |
|                               |                               | Mejora calidad de vida                                   | 1<br>1  | 1<br>1  |        |         | 2<br>2  | 2<br>2  |         |         |    | 10 | 0    |
|                               | Sumatoria de impacto positivo |                                                          |         | 7       | 9      | 11      |         | 10      | 6       | 2       |    |    | 45   |
| Sumatoria de impacto negativo |                               |                                                          | -37     | -30     | -6     | -24     | -2      | -13     | -6      | -3      | -4 |    | -125 |

Nota: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

La matriz de interacción obtenida se muestra la magnitud alcanzada por impactos después de la evaluación de los procedimientos laborales y administrativos en el relleno sanitario de Ica, donde se reflejan la importancia y la magnitud de los impactos generados en los diversos factores ambientales cuantificados.

Los impactos ambientales físico químicos fueron valorados considerando la relación entre fila-columna para el suelo y atmosfera genero impactos positivos con valor cero y 105 negativos. La evaluación del medio abiótico igualmente genero impactos positivos con valor cero y dos negativos; evaluado el aspecto cultural genero 45 impactos positivos y 18 negativos; finalmente se determinó que el total de impactos positivos fue de 45, frente a los

negativos de 125. Reflejados los resultados en la matriz se demuestran la alta incidencia de impactos negativos valorados y que esta magnitud nos permite inferir que los procedimientos han sido inadecuados y no han cumplido la normatividad como lo establece el artículo 7 inciso c, del Reglamento diseñado para cumplir con la operatividad, mantenimiento de todas las infraestructuras de disposición y confinación final de residuos sólidos municipales; también incluye la sanción por incumplimiento por intermedio de la Dirección General de Salud Ambiental y la Dirección Regional de Salud a nivel regional (2006-2022) en su respectiva jurisdicción. En la figura 4 adjunta se muestra la condición en la que se encontraba el relleno sanitario debido a los procedimientos inapropiados y al incumplimiento de la normatividad mencionada. Para el desaliento de la población iqueña esta infraestructura que tuvo un oneroso costo de construcción termino siendo un botadero indiscriminado como cualquier otro lugar escogido para verter residuos.

#### **Figura 4.**

*Condición del relleno sanitario al año 2018 (utilizado como botadero)*



*Nota:* <https://www.youtube.com/watch?v=9tmcjKYnols>.

La visita al relleno sanitario tuvo como propósito verificar cada uno de los procedimientos utilizados en el manejo de residuos, estableciendo que al ser impropio se pudo identificar vectores como la mosca en cantidades inconmensurables además de gallinazos, incumpliendo el Artículo 75°.- que vela por el control de roedores y vectores, determinándose que debe efectuarse un riguroso control de la proliferación de los mencionados, haciendo uso adecuado de los procedimientos y asegurar la oportuna cobertura de residuos al final del día. El fin de este análisis, es proteger a la población del entorno del relleno sanitario como señala el reglamento de residuos sólidos del ámbito municipal supervisado por MINSA-DIGESA (2006, 2022). Se pudo evidenciar también que a pocos kilómetros del relleno sanitario de Ica existe el proyecto de habilitación urbana proyectada en dos etapas para 7 171 lotes unifamiliares denominada urbanización San Fernando realizada por la ONG COPRODELI en la que se encontró gran cantidad de moscas provenientes del relleno sanitario originando riesgo sanitario para los obreros de la mencionada obra.

Dentro de la normatividad internacional establecida para manejo de rellenos sanitarios es sumamente relevante la minimización de olores desagradables y gases tóxicos, esto es favorable para lograr la mitigación de los impactos generados en una faena diaria, obviamente esto se alcanza cuando se desarrollan las actividades de confinamiento de forma adecuada respetando estrictamente los protocolos exigidos como señalan Barrera & Pérez (2018). La ingeniería del tratamiento de lixiviados ha tomado gran importancia por los desafíos a los que se enfrenta, por el desmesurado crecimiento de la población y la grave insensibilidad cultural del país. La ingeniería ambiental está obligada a mitigar las elevadas cargas contaminantes originadas por descomposición de materia orgánica, además de materiales pesados. La implementación de tecnologías para el tratamiento y manejo de lixiviados más los gases, generados en la mayoría de los países latinos no cumplen con las exigencias técnicas de la legislación, esta situación permite poner en riesgo la salud de los pobladores y la posibilidad del futuro uso de los recursos naturales ambientales locales existentes como indican Zafra & Romero (2019); Ibarra-López et al., (2020).

## CONCLUSIONES

La obra ingenieril que condujo a la construcción del relleno sanitario significó un avance sustancial para un tratamiento y confinación adecuado de los residuos sólidos en la ciudad de Ica, pero lamentablemente los procedimientos y actividades inadecuadas desarrolladas dentro del relleno administradas por la municipalidad de esta localidad no fueron cumplidos como quedó establecido en el proyecto antes de la ejecución de la obra.

Este relleno sanitario se convirtió en un botadero indiscriminado puesto que incumplió con los niveles y estándares exigidos por la normatividad de índole nacional e internacional correspondientes, desperdiciando una inversión proyectada que onerosamente tuvo un valor de construcción y mantenimiento elevado de 7 834 562.35 de soles, que tuvo la importante condición de mejorar la calidad de vida de los pobladores además de proteger el medio ambiente.

No se cumplió con el confinamiento, compactación y la cobertura establecida normativamente del 100 % de los residuos diariamente, lo que trajo como consecuencia el incremento de diversos vectores y olores desagradables que actualmente están perjudicando a los pobladores más cercanos del lugar con denominación Tierra Prometida, los cuales son vulnerables a enfermedades proliferadas por los vectores mencionados.

Se evidenció que el número de impactos negativos superó ampliamente a los positivos confirmando que el tratamiento y manejo de residuos sólidos en el mencionado lugar fue inadecuado e incumplió los propósitos técnico-administrativos establecido en el diseño original del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA. (2020). *Mejores prácticas para la gestión de los residuos sólidos: Una Guía para los responsables de la toma de decisiones en los países en vías de desarrollo*. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm\\_guide-spanish-reducedfilesize\\_pubnumber\\_october.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf)
- Banco Mundial. (2018). *Informe del Banco Mundial. Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Barrera-Barrera, C. S. y Pérez-Ramírez, A. M. (2018). Evaluación del impacto ambiental del relleno sanitario y manejo integral de residuos sólidos en Ramiriquí Boyacá. *L'Esprit Ingénieur*. 1, 105-13.
- Bartra, J. y Delgado, J. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medio ambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 993-1008. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v4i2.135](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135)
- Boggiano, M. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(3), 61-72. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.03.05>
- Canelo, C. (2021). Criterios y métodos para seleccionar la ubicación de los rellenos sanitarios. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(2), 9-19. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20212.764>.
- Contreras, Y. (2021). Gestión de residuos sólidos en América Latina: ¿hacia una economía circular? *Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia*, (28), 4-49. [http://ieu.unal.edu.co/images/DGU\\_28\\_Gestin\\_Residuos\\_ALTA\\_070422.pdf](http://ieu.unal.edu.co/images/DGU_28_Gestin_Residuos_ALTA_070422.pdf)
- Cruz, I. Campuzano, I. y Camino, J. (2020). El impacto ambiental que ocasiona el basurero a cielo abierto en el recinto La Hernestina del Cantón Montalvo. *Revista digital de*

- Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7, 643-654.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8298040.pdf>
- Galvis, J. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región*, (22); 7-28.  
<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>
- Gobierno de México. (2022). *Sistema Nacional de Información ambiental y recursos Natural. Informe de medio ambiente, residuos*.  
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>
- González-Jiménez, Y. y Villalobos-Morales, J. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 11-22. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>
- Ibarra-López, B. E., Narváez-Castro, M. L. y de la Rosa, A. (2020). Análisis de la disposición de los desechos sólidos y generación de biogás en el relleno sanitario de Ambato, Ecuador. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 13(3), 988-1006.  
<https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.68441>
- Ipanaque, J., Rodríguez, R., Ruiz, B., Sánchez, A., Nunja, J. y Díaz, B. (2018). Diseño de un modelo matemático formulado a partir de variables socioeconómicas para estimar la generación de residuos sólidos urbanos en el distrito de huacho. *Big Bang Faustiniiano*. 7(1), 5-11.  
<https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/view/193/186>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Disposición final segura de residuos sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública*.  
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/DF2382E8F43F983D05257D6D00570749/\\$FILE/MINAM\\_Disposici%C3%B3n\\_Final\\_2013.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/DF2382E8F43F983D05257D6D00570749/$FILE/MINAM_Disposici%C3%B3n_Final_2013.pdf)
- Decreto legislativo 1278 de 2018 [Ministerio del Ambiente]. Que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. 24 de abril de 2017. Congreso de la república del Perú.  
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

- MINSA -DIGESA. (2009). *Opinión técnica favorable del proyecto de infraestructura de disposición final de residuos sólidos relleno sanitario de la provincia de Ica.* <http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/DepositoOTF/001085-2009.pdf>
- MINSA-DIGESA. (2006-2022). *Ministerio de Salud, Dirección General de Salud. Reglamento para el diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal.* [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Relleno\\_sanitario.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Relleno_sanitario.pdf)
- Ojeda, V. (2018). Antecedentes, limitaciones, barreras y problemática del manejo de los residuos sólidos de la región. Gestión Integral de residuos sólidos urbanos. En *Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS*, (pp. 2-12). <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- Municipalidad Provincial de Ica. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Ica. PIGARS.* <https://muniica.gob.pe/transparencia/PIGARS.pdf>
- Rojas-Oviedo, B., Borja-Borja, J., Poma-Copa, M., Cárdenas-Badillo, M. y Rubio-Segovia, F. (2020). Estado actual de la gestión de desechos químicos en los rellenos sanitarios del Cantón Puerto Francisco de Orellana. *Revista Dominio de las Ciencias*, 6(3), 1143-1159  
<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/viewFile/1357/2382>
- Villanueva-Jiménez, K., Reyes-Pastor, G., Obando-Peralta, E. y Rodríguez-Balcázar, S. (2022). Gestión de residuos sólidos y la contaminación ambiental en las empresas industriales: una revisión de la literatura científica entre 2011-2020. *Polo del Conocimiento*. 7, 79-92.  
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3946>
- Zafra-Mejía, C. y Romero-Torres, D. (2019). Technology Trends of Leachate Treatment in Ibero-American Landfills. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 125-147. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a8>