

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/index>
www.ucr.ac.cr / ISSN: 2215-2652

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 2022 - VOLUMEN 32 (2)

The logo for Editorial UCR, featuring three horizontal white bars above the text "EDITORIAL UCR" in a white, sans-serif font.

EDITORIAL
UCR

Comparación de los impactos ambientales ocasionados por la técnica de incineración y rellenos sanitarios para la gestión de residuos sólidos

Comparison of the environmental impacts between incineration and landfill techniques for solid waste management

Oswaldo Antonio Chavarría Acuña

Especialista Ambiental, Secretaría Técnica Nacional Ambiental, Costa Rica

e-mail: ochavarría@setena.go.cr / osvachavarría@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0303-7314

Recibido: 1 de octubre de 2021

Aceptado: 15 de febrero 2022

Resumen:

En el presente documento se plantea hacer una comparación entre las técnicas de relleno sanitario e incineración, para lo cual, se ha seleccionado estratégicamente un sitio cuyas actividades inciden de manera significativa sobre los componentes ambientales, por lo que el proyecto representa un caso supuesto para cuantificar los impactos bajo ciertas condiciones, y evaluado mediante la matriz de Leopold, la cual permite medir la interacción de actividades propias de un proyecto sobre los factores ambientales del proyecto.

Ambas técnicas no resultan ambientalmente viables para el sitio propuesto, siendo el relleno sanitario más impactante. Se requieren realizar estudios técnicos que permitan depurar la magnitud de los impactos, así como proponer medidas ambientales durante su ejecución. Se recomienda seleccionar un sitio con características poco vulnerables desde el punto de vista ambiental y social, para favorecer la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: Impacto ambiental, matriz de Leopold, incineración, relleno sanitario, residuos sólidos.

Abstract:

The environmental impacts of landfills and incineration are compared for a strategic location where construction and operating activities have a significant impact on the environmental components. The study case proposes to quantify the impacts under assumed conditions, to measure the interaction between project activities and the impacts on environmental factors by employing the Leopold Matrix.

As a result, neither technique is environmentally feasible for the proposed site, where the landfill will have a greater impact. Technical studies are required to ensure the accuracy of the impact values, and environmental safeguards are required during implementation. To increase the project's viability, it is recommended that a site with less vulnerable environmental and social characteristics be chosen.

Keywords: Environmental impact, incineration, landfill, Leopold matrix, solid waste.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se pretende conocer qué actividad es más impactante para el tratamiento y disposición de residuos sólidos: rellenos sanitarios e incineración, para una serie de condiciones socio-ambientales, para lo cual, geográficamente, se ha seleccionado la región de Dulce Nombre de Vásquez de Coronado, Costa Rica, y que se visualiza en la Fig. 1.

Esta localidad tiene una serie de elementos vulnerables, de manera que trata de reflejar el “peor escenario” para la construcción y operación de estos proyectos, y así tener una mejor claridad de los impactos que ocasionan estas actividades, por lo que, en un principio, no se realiza para un proyecto real en la zona, sino más bien de un caso supuesto.

Para hacer la evaluación ambiental, se corre la matriz de Leopold para cada uno de los proyectos con respecto a los factores ambientales de las condiciones propuestas, permitiendo, de esta manera, hacer una comparación de entre ambos.

Además de la EIA, se hace una descripción general del terreno propuesto, algunas generalidades de la matriz de Leopold, una serie de explicaciones que justifiquen los valores asignados en dicha matriz, y, finalmente, se exponen algunos reglamentos vinculantes para la operación de estos proyectos.

2. JUSTIFICACIÓN

Este documento se refiere al cierre de basurales a cielo abierto, problemática presente no solo en Costa Rica, sino también en América Latina y el Caribe, donde la existencia de estos espacios debe darse en conjunto con una adecuada gestión de residuos sólidos y en concordancia con el art. 50 de la Constitución Política de Costa Rica que indica que: “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” [1, p. 18]. Además, se considera que el país se acerca a una etapa delicada por la capacidad de vida útil de estos sitios [2], por lo que se espera que esta información sirva de herramienta para la toma de decisiones ante la apertura de proyectos para la gestión de residuos en las diversas localidades del país.

Este tipo de proyectos ha sido de preocupación, especialmente para las municipalidades, que son las responsables directas de brindar el servicio de recolección de residuos sólidos en las diferentes localidades, lo cual ha hecho que busquen las técnicas más actualizadas y eficaces para su gestión.

En el caso de la incineración, en el 2014 se emitió el Decreto Ejecutivo N° 38500-S-MINAE, denominado “Moratoria Nacional de las Actividades de Transformación Térmica de Residuos Sólidos Ordinarios”, el cual define en su artículo 1: “Se establece una moratoria nacional a las actividades de transformación térmica de residuos sólidos ordinarios, hasta tanto no exista por parte de las Autoridades de Ambiente y Salud certeza técnica y científica de que dicha actividad no causará impactos a la salud y al ambiente y se garantice que esta práctica no va en contra de los principios de la ley 8839 denominada Ley para la Gestión Integral de Residuos”. Sin embargo, fue hasta el año 2018 que las autoridades de salud y ambiente finalmente aprobaron estos procedimientos para el tratamiento de residuos, siendo, aún en la actualidad, de dudosa conveniencia para algunos sectores de la sociedad.

Por otra parte, y siguiendo en Costa Rica, se tiene el procedimiento más común: los rellenos sanitarios, que han sido motivo también de conflictos sociales y ambientales, razón por la cual se abre la discusión sobre la mejor técnica de disposición y tratamiento de residuos sólidos, por los impactos potenciales que se ocasionan en los componentes físico, biológico y social.

3. CONTEXTO

El presente caso supuesto se pretende plantear en Costa Rica, provincia San José, cantón: Vázquez de Coronado, distrito: Dulce Nombre, en las coordenadas aproximadas CRTM05: 501,524.136 longitud – 1,108,992.066 latitud.

En la Fig. 1 se aprecia la ubicación aproximada mediante Google Earth, resaltada en el cuadro rojo. La razón de la escogencia de este lugar es que se caracteriza por ser vulnerable a nivel físico y biológico. Por ejemplo, existen sectores que poseen un nivel alto nivel freático, inclusive hasta 0.55 m desde la superficie, y con estratos compuestos principalmente por suelos limo arcilloso de consistencia blanda, según estudios realizados [3]. Además, se encuentran elementos hidrogeológicos: pozos, nacientes, ríos y quebradas que pueden ser impactados por la ejecución del proyecto.



Fig. 1. Ubicación aproximada del sistema de tratamiento de residuos sólidos. Fuente: adaptado de [4]

Tal y como se observa en la Fig. 1 se tiene una considerable cobertura vegetal dentro del sitio de interés, incluyendo la conformación de bosques. Según la Ley Forestal, No 7575 [5], el bosque se define como: *Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más dose-*

les que cubran más del setenta por ciento (70 %) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP). Este tipo de ecosistema es altamente vulnerable, lo cual dificulta, considerablemente, la aprobación de proyectos de infraestructura por parte de las autoridades.

Además del bosque, se encuentran zonas de potrero y algunos sitios donde aflora el nivel freático, produciendo zonas pantanosas en la propiedad [6]. Estas zonas pantanosas son indicadores de posibles humedales, áreas protegidas también por la Ley Forestal No. 7575, haciendo que el terreno sea todavía más vulnerable.

Existen algunos poblados principalmente al sureste del área del proyecto y aprovechamiento turístico. No se observan comunidades con densa población. Entre las más cercanas, se tienen Concepción de Tres Ríos, a aproximadamente 8 km al este y Vásquez de Coronado, a 6 km hacia el sur, que, según datos del INEC [7], al año 2020, tienen 4979.7 y 3593 habitantes/km², respectivamente, mientras que el sitio propuesto tiene una densidad de 174 habitantes/km². Por lo anterior y en términos generales, se tiene que es un área con más vulnerabilidad hacia los componentes físico y biológico, y menos al social.

Para poder efectuar la comparación entre relleno sanitario e incinerador, se han tomado básicamente las siguientes suposiciones: ambos reciben la misma cantidad y tipo de residuos (en este caso de tipo doméstico). Lo primero que se debe definir es el volumen de residuos el cual toma 162 toneladas por día de referencia [8], correspondiente a la planta con más reciente viabilidad ambiental en Costa Rica, y que operaría de forma similar a la propuesta planteada, en el sentido que serviría para tratar los residuos la zona y las comunidades de los alrededores. Además, las características de los residuos a tratar siempre son variables, sin embargo, para efectos de cumplir con la suposición planteada, se supone que en ambos escenarios tengan un contenido de humedad menor o igual al 50 %, superior al 25 % en material combustible, e inferior al 60 % en cenizas, cumpliendo lo establecido por el diagrama de Tanner, que se explica en Komilis et al. [9], para que puedan ser sometidos a incineración. De esta forma, toda porción de residuos que puede ser sometido a incineración, puede disponerse en un relleno, pero toda porción que puede disponerse en un relleno no siempre se puede tratar en una incineradora. Esta lamentable realidad sería aplicable para la actualidad de Costa Rica, pues la técnica que predomina en gran proporción para la disposición de residuos sólidos es mediante rellenos sanitarios, y mediante una mejor gestión se podrían clasificar los residuos para someter un porcentaje a incineración.

Para realizar el análisis de los impactos ambientales, se recurrió a la matriz de Leopold [10]. Dicha matriz consiste en un procedimiento para la evaluación de los efectos o los impactos para la propuesta de un desarrollo sobre el ambiente, y, por lo tanto, la evaluación de sus beneficios económicos y costos.

La matriz de Leopold tiene un eje horizontal de las causas o acciones causadas por el ambiente, y un eje vertical donde se enlistan los factores a ser potencialmente impactados. Para el presente caso, los factores a ser potencialmente impactados son tomados del listado de [11], mientras que las acciones que se presentan en el eje horizontal son tomadas del Formulario de Evaluación D1, contemplado en el Decreto No. 32712 [12] con la diferencia que se agregaron dos actividades que son muy particulares de estos proyectos: transporte de basura y tratamiento de residuos.

Algunas de las ventajas de la matriz de Leopold son: es una metodología de bajo costo de aplicación y es muy útil como método de aplicación inicial para una primera aproximación. A partir de sus resultados se pueden planificar estudios más complejos, y es aplicable a todo tipo de proyectos que impliquen afectación ambiental según [13]; y entre las desventajas se tiene que: el puntaje y, por lo tanto, el resultado de la EIA se basa en su totalidad en el juicio subjetivo de los evaluadores, porque las herramientas no proporcionan criterios explícitos para asignar valores numéricos a la ponderación de acuerdo a [14], y que también según [15] son difíciles de aplicar para la evaluación del impacto socioeconómico. Este último aspecto se ve un poco menos afectado para el caso en análisis, debido a que la localidad se caracteriza por ser menos poblada: 12013 habitantes al año 2021 según el INEC [16], y no tener tanta actividad comercial en comparación a otras ciudades.

En cada interacción se muestran los resultados de la siguiente manera: en la esquina superior izquierda, la magnitud en una escala de 1 a 10 para impactos positivos, siendo 1 el valor inferior y 10 el valor máximo, o bien de -1 a -10 para impactos negativos, siendo -1 el mínimo y -10 el máximo; en la esquina inferior derecha representa la importancia, donde de forma similar, también se utiliza una escala de 1 a 10, en donde 1 es el mínimo y 10 es el máximo.

Basado en la caracterización geográfica, las características de los proyectos, y al aplicar la matriz de Leopold, se muestra en el CUADRO 1 para la evaluación del relleno sanitario, CUADRO 2 para la incineradora y el resumen de los resultados en el CUADRO 3. Del cuadro 1 se concluye que, bajo las condiciones propuestas, la incineradora produce más impactos positivos (77 contra 67) y menos impactos negativos (-239 contra -324). Además, la importancia de los impactos negativos de los rellenos sanitarios resultó mayor (440) contra la incineración (419), mientras que para los impactos positivos dieron a favor la incineración (78) contra el relleno sanitario (68). La diferencia de puntajes positivos radica en que la temperatura de los gases en la incineración se aprovecha para generar el vapor para producir electricidad. Si bien es cierto el gas metano se puede captar y almacenar para su aprovechamiento como combustible, algunos proyectistas han manifestado que no siempre es rentable, razón por la cual se ha optado por quemar el gas metano para el relleno sanitario en análisis tal y como se hace en el resto de los rellenos del país.

El principal impacto potencial que producen las incineradoras es la generación de dioxinas y furanos, el cual está más orientado a impactos en la salud. Según [17], estas sustancias están asociadas a la producción de cáncer, provocando cambios en los niveles hormonales y enfermedades en la piel, razón por la cual se le asignó el máximo puntaje negativo (-10), partiendo del supuesto que, en determinados momentos, se da una incorrecta separación de los residuos en la fuente, es decir, que se someten a incineración materiales no aptos para tal fin. Se producen lixiviados en menor medida que los rellenos sanitarios, asignando valores de -6 y -4 par aguas superficiales y subterráneas respectivamente.

CUADRO 3

RESUMEN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA UN RELLENO SANITARIO Y UNA INCINERADORA EN EL SITIO PROPUESTO

		Relleno sanitario	Incineración
Impactos positivos	Magnitud	67	77
	Importancia	68	78
Impactos negativos	Magnitud	-324	-239
	Importancia	440	419

El volumen de generación de lixiviados depende tanto de las condiciones meteorológicas locales como de las características constructivas y operativas del sitio según informes de la ONU [18] y es uno de los aspectos más preocupantes y que en diversas ocasiones han sido motivo de denuncia por las comunidades, por lo que se otorgaron valores de -8 y -5 para aguas superficiales y subterráneas de forma respectiva. El impacto sobre las aguas subterráneas es de suma importancia (10) dada las condiciones que ofrece el terreno, pero mediante estrictas obras ingenieriles se puede prevenir ese tipo de contaminación, razón por la cual no adquiere el máximo puntaje.

Los puntajes sobre las aguas superficiales, que en este caso sería el vertido del desfogue de una planta de tratamiento de aguas residuales, son ligeramente mayor a las aguas subterráneas, debido a que en los primeros se aplican medidas de mitigación, es decir que reducen el impacto vertiendo contaminantes bajo ciertos umbrales establecidos por la legislación, mientras que las medidas para proteger las aguas subterráneas son de tipo preventivo, es decir, para que no haya contaminación sobre estas.

El otro aspecto importante en los rellenos es la generación de gases. Según [19], la generación de metano y bióxido de carbono por la degradación anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos es del orden de 220 metros cúbicos por tonelada de residuo con un alto valor energético.

El problema radica principalmente en el metano (CH_4), que es un gas de efecto invernadero más potente que presenta 28 veces mayor fuerza que los efectos globales de calentamiento por CO_2 , de acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) [20], lo cual incide en el cambio climático. Para mitigar este impacto, se quema el CH_4 para convertirlo en CO_2 lo cual se hace mediante antorchas que trabajan con eficiencias de combustión entre 98 % y 99.5 %, contribuyendo globalmente a la reducción de gases de efecto invernadero y localmente a la mejora de la calidad del aire (disminución de riesgos de explosión y

olores) según [21]. Esto hace que en la matriz se calificara la magnitud de los impactos en calidad del aire, clima y temperatura con -5. En la fase constructiva, existe una gran diferencia en el puntaje de las etapas: -160 para el relleno sanitario y -108 para la incineradora. Esto se debe a que los rellenos sanitarios requieren grandes extensiones de terreno para instalar las celdas. De hecho, una de las ventajas de las incineradoras es la reducción del peso y volumen de los residuos sólidos, eliminando prácticamente toda la materia degradable de una forma higiénica y controlada. Esta reducción depende básicamente de la composición de los residuos; sin embargo, se puede afirmar que, en términos generales, la disminución de volumen ronda entre el 80 % y el 90 % y la reducción en peso alrededor del 75 % -80 % de acuerdo a información de FUNIBER [22].

En términos generales, ninguna de las dos propuestas es ambientalmente viable, puesto que son más los impactos negativos que positivos. Cabe resaltar, que el sitio se seleccionó para tener un mejor análisis y peor escenario, pues tiene características vulnerables a ser impactados por cualquiera de los proyectos, y no porque algún desarrollador pretenda desarrollar este tipo de actividades, ratificando, de esta manera, la naturaleza de la subjetividad de la metodología aplicada como instrumento de análisis de impactos.

Ante esta situación, se podrían proponer medidas de mitigación que permitan reducir los puntajes de los impactos negativos, y medidas de compensación para aumentar los impactos positivos.

No obstante, mediante estudios técnicos, es posible depurar el puntaje de los impactos, incluyendo estudios de percepción por parte de las comunidades, así como realizar la evaluación de forma interdisciplinaria, para tener resultados más objetivos, y por lo tanto menos subjetivos, y seguirse a cabalidad toda la legislación vigente que dispongan las autoridades ambientales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cierre de los basurales a cielo abierto forma parte de la planificación y gestión de los residuos sólidos, lo cual contribuye a la sociedad para vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Para las condiciones ambientales propuestas, el relleno sanitario tiene mayor magnitud de impactos negativos y menos impactos positivos que la incineración, y también, tiene más representación la importancia de los impactos negativos y en menor grado los impactos positivos el relleno sanitario en comparación a la incineración.

El sitio presenta varias limitantes desde el punto de vista ambiental, lo cual afecta directamente en la viabilidad de los proyectos. Este tipo de actividades que se caracterizan por ser de alto impacto, razón por la cual es recomendable que, en la medida de lo posible, se instalen en terrenos con vegetación que no tenga algún status de protección importante, con vulnerabilidad baja a la contaminación, con una profundidad considerable del nivel freático, con bajo riesgo amenazas naturales y lejos de poblaciones, actividades comerciales y turísticas.

Aunque la naturaleza de los proyectos son bastante diferentes, pues en los rellenos sanitario se dispone en celdas, se compacta, entre otros procedimientos, mientras que en la incineración se quema para producir electricidad con el vapor generado, las dos técnicas se complementan en

conjunto con otras técnicas previas como la reducción, reutilización, reciclaje, rechazo, recuperar (5 erres) y compostaje, las cuales, mediante una debida administración del Estado, avanzan hacia una sociedad con un desarrollo equilibrado y sostenible, además de una economía circular.

Se recomienda realizar estudios técnicos que permitan depurar la magnitud de los impactos, así como para implementar medidas de mitigación, prevención y compensación ambiental y social, realizada por un equipo interdisciplinario. Además, es necesario considerar la legislación ambiental en cuanto a retiros por nacientes, quebradas, ríos, arroyos, lagos, embalses naturales o artificiales, áreas de recarga y acuíferos de manantiales establecidos por art. 33 de la Ley Forestal No. 7575; Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto No. 32966-MINAE; Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), Decreto No. 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC; Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para co-incineración de residuos sólidos ordinarios, Decreto No. 39136-S-MINAE; Reglamento sobre Rellenos Sanitarios, Decreto No. 27378-MINAE.

5. REFERENCIAS

- [1] Asamblea Nacional Constituyente, *Constitución Política de Costa Rica, colección de leyes y decretos*, semestre: 2, tomo: 2, 1949. Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=871&nValor3=0&strTipM=FN
- [2] R. Pacheco. “La próxima crisis de la basura”. *nacion.com*. <https://www.nacion.com/opinion/editorial/editorial-la-proxima-crisis-de-la-basura/KBKUYHXKOZAHRRAM5S66PE2ZI/story/> (accesado en 27 de agosto, 2021).
- [3] G. Vargas, “Informe de Mecánica de Suelos Informe GEOP-ES-044-2017”, GEOPASA, Costa Rica, pp. 3-6, 2017.
- [4] Google Maps. “Coordenadas WGS84: 10.02936600, -83.98609600” Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/10%C2%B001'45.7%22N+83%C2%B059'10.0%22W/@10.0290732,83.991518,1836m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d10.029366!4d-83.986096>
- [5] Ley Forestal No. 7575, *Diario Oficial La Gaceta*, No. 72, alcance 21. 1996.
- [6] A. Ulloa, “Informe de Geología Básica y Riesgos y Amenazas Naturales Proyecto Quinta Alto de la Palma”, Grupo Pangeas, Costa Rica, pp. 4-24, 2017.
- [7] INEC. “Densidad de la población proyectada y estimada según provincia, cantón y distrito al 1 de julio de cada año 2019-2020”. *inec.cr*. <https://www.inec.cr/buscador?buscar=densidad+de+poblacion> (accesado en 5 de febrero, 2022).
- [8] R. Martínez y J. Araya, “Estudio de Dispersión Atmosférica, Ecotoxicología y Toxicidad Humana de Contaminantes”, Estudio de Impacto Ambiental, Planta Gasificadora de Desechos Ordinarios, Coopeguanacaste R.L., pp 3, 2018.

- [9] D. Kimilis, K. Kissas y A. Symeonidis. "Effect of organic matter and moisture on the calorific value of solid wastes: An update of the Tanner diagram", *Waste Management*, vol. 34, no. 2, pp. 249-255, Feb. 2014.
- [10] L.B. Leopold, F.E. Clarke, B.B. Hanshaw y J.E. Balsley, J. E. "A procedure for evaluating environmental impact". U.S. Geological Survey, vol. 2, no. 749, pp. 1-13, 1971.
- [11] V.M. Ponce. "The Leopold Matrix for Evaluating Environmental Impact". *edisciplinas.usp.br*. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5778102/mod_resource/content/1/full_leopold_matrix.pdf (accesado en 1 de septiembre, 2021).
- [12] Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte II, decreto 32712, Diario Oficial La Gaceta, No. 223, alcance 43, 2005.
- [13] V. Gómez. "Matriz de Leopold: para qué sirve, ventajas, ejemplos". *lifeder.com* <https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/> (accesado en 1 de septiembre, 2021).
- [14] J. Glasson, R. Trevel y A. Chadwick, *Introduction to Environmental Impact Assessment*, 4 edición. Routledge Taylor & Francis Group, 2005.
- [15] Ecology and Society. "Limitations of the Leopold Matrix, Peterson Matrix, and the Sorensen Network when dealing with complex social-ecological systems (SESs)". *ecologyandsociety.org*. <https://www.ecologyandsociety.org/vol20/iss1/art41/table1.html> (accesado en 16 de agosto, 2021).
- [16] INEC. "Proyecciones Nacionales: Población Total Proyectada al 30 de junio por grupos de edades, según provincia, cantón, distrito y sexo". *inec.cr*. <https://www.inec.go.cr/documento/estadisticas-demograficas-2011-2025-proyecciones-nacionales-poblacion-total-proyectada-a-1> (accesado en 5 de febrero, 2022).
- [17] EPA. "Dioxins and Furans". *epa.gov*. <https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/wastemin/web/pdf/dioxfura.pdf>. (accesado en 18 de agosto, 2021).
- [18] ONU. "Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá, pp. 112, 2018.
- [19] M.L. Ortiz, "Manejo de Residuos Sólidos", presentado en el *IV Curso Internacional Gestión Sostenible de Residuos Sólidos en América Latina y El Caribe: Cierre, Sellado y Reinserción de Basurales a Cielo Abierto*, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2021.
- [20] Green House Gas Protocol. "IPCC Fifth Assessment Report". *ghgprotocol.org*. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential%20Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf) (accesado en 3 de febrero, 2022).
- [21] P. Zamonsky. "Captura y quema de biogás en rellenos sanitarios y su utilización para la generación de energía eléctrica. la experiencia del relleno sanitario de las rosas". *aidis.org.uy*. https://aidis.org.uy/wp-content/uploads/2020/10/T_018_Zamonsky-Bajsa.pdf (accesado en 25 de agosto, 2021).
- [22] FUNIBER, "Control de la Contaminación atmosférica", en *Capítulo 2 de la Asignatura: Dispersión y Control de la Contaminación Atmosférica, Programa Académico de la Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Europea del Atlántico, España: 2021, pp. 126.*