

## Control del biogás de vertedero en Venezuela y el resto del mundo. Entre los Acuerdos de Kioto y Paris

### Situation of landfill biogas control in Venezuela as opposed to the rest of the world, between the Kyoto and Paris agreements

**Rodríguez-Antón, Davna Beatriz<sup>1</sup>, Durán-García, Martín Enrique<sup>2</sup>**

*1 Ingeniero Químico, Magister en Desarrollo y Ambiente, Doctora en Desarrollo Sostenible, Universidad Simón Bolívar. Caracas. Venezuela.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2859-3584>. Email: [davnarodriguez@usb.ve](mailto:davnarodriguez@usb.ve)

*2 Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería de Sistemas, Candidato a Doctor en Ingeniería, Universidad Simón Bolívar, Laboratorio de Investigación de Bienestar y Rendimiento Estudiantil. Caracas, Venezuela.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9683-2554>. Email: [martinduran@usb.ve](mailto:martinduran@usb.ve)

Recibido: 05/01/2020  
Aceptado: 25/09/2020

Cite this article as: D. B. Rodríguez-Antón, M. E. Durán-García  
"Control del biogás de vertedero en Venezuela y el resto del mundo. Entre los Acuerdos de Kioto y Paris",

Prospectiva, Vol 19, N° 1, 2021.

<http://doi.org/10.15665/rp.v19i1.2240>

#### RESUMEN

*Los sitios de disposición final de desechos sólidos urbanos (DSU) generan biogás, producto de la descomposición de materia orgánica dispuesta en el mismo. El biogás rico en metano contribuye al efecto invernadero, por esto su recuperación y aprovechamiento representan una oportunidad de negocio gracias a los beneficios que se obtiene a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), estipulado en el Protocolo de Kyoto; como en el Acuerdo de Paris donde una de las herramientas vinculantes son los mecanismos de desarrollo sostenible (MDS), los cuales continúan marcando el camino para el uso de tecnologías que promuevan el desarrollo sostenible en esta materia de biogás, para su control y posterior aprovechamiento que se inició con sus predecesores los MDL. El alcance de este estudio es identificar a través de una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) el marco situacional institucional entre los períodos posteriores al Protocolo de Kioto y el Acuerdo de Paris, relativo al manejo integral de DSU y políticas públicas para controlar el biogás proveniente de este tipo de desechos en Venezuela y contrastarlo con el resto del mundo. La formulación de los referidos mecanismos, enmarcados en políticas públicas, como los incentivos tributarios, creación de leyes y políticas que permitan estimular la inversión ambiental en la adopción de tecnologías limpias, permiten disminuir y controlar las emisiones de biogás proveniente del sector desechos; además son herramientas apropiadas para convertir los sitios de disposición final no controlados en Venezuela en rellenos sanitarios controlados, disminuyendo así los gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de este sector.*

**Palabras clave:** relleno sanitario, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), políticas públicas, biometano, Mecanismos de Desarrollo Sostenible (MDS).

## ABSTRACT

*The final disposal sites for urban solid waste generate biogas, a product of the decomposition of organic matter disposed in it. Biogas rich in methane contributes to the greenhouse effect, therefore its recovery and use represent a business opportunity thanks to the benefits obtained through the clean development mechanism (CDM), stipulated in the Kyoto Protocol; as in the Paris Agreement where one of the binding tools are the sustainable development mechanisms, which continue to pave the way for the use of technologies that promote sustainable development in this area of biogas, for its control and subsequent use. which started with its predecessors the CDM. The scope of this study is to identify through a Systematic Literature Review the institutional situational framework between the periods after the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, relative to the integral management of DSU and public policies to control the biogas from of this type of waste in Venezuela and contrast it with the rest of the world. The formulation of the aforementioned mechanisms, framed in public policies, such as tax incentives, creation of laws and policies that allow stimulating environmental investment in the adoption of clean technologies, allow the reduction and control of biogas emissions from the waste sector; They are also appropriate tools to convert uncontrolled final disposal sites in Venezuela into controlled sanitary landfills, thus reducing greenhouse gases from this sector.*

**Keywords:** landfill, Clean Development Mechanisms (CDM), public policies, biomethane, Sustainable Development Mechanisms (SDM)

## 1. INTRODUCCIÓN

La situación del control del biogás en los vertederos se presenta a nivel internacional y nacional. En ambos casos tienen un evidente marco de referencia que corresponde al inicio del protocolo de Kioto en el 2004 donde una de las herramientas vinculantes, como es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), da la apertura al uso de tecnologías limpias de biogás para su control y posterior aprovechamiento.

En el marco internacional, los países desarrollados que más han realizado estudios relacionados sobre biogás son EE.UU y China [1-2]. En el caso de China, en términos generales, la colección del biogás en los rellenos sanitarios ha sido insatisfactoria, estando su eficiencia entre 25% y 40%. En este punto es pertinente señalar que la alta eficiencia en la colección y utilización del biogás proveniente de rellenos sanitarios es un importante paso para facilitar el desarrollo sostenible en proyectos de ingeniería de generación eléctrica, aunque pocas veces la maximización de la colección del biogás que es extraído es la meta final en los proyectos de generación de energía.

La mayoría de los rellenos sanitarios en dicho país, que tiene en los depósitos de basura altos niveles de agua (alrededor del 35%), presenta más incertidumbre en la producción y la correcta colección del biogás que aquéllos que no los poseen [3]. Estos niveles de humedad inciden directamente en la formación del biogás y en su sistema de colección, por lo que es importante estudiar este factor técnico operativo en cada Sitio de Disposición Final (SDF) de Desechos de Sólidos Urbanos (DSU), dado que de ello dependerá la eficiencia de su posterior aprovechamiento.

La colección del biogás del relleno sanitario de Chenjiachong, SDF localizado en Yangluo, ciudad de Wuhan, inició sus operaciones en octubre de 2007 e inicia su colección de biogás en 2008. Dicho relleno empieza a generar energía eléctrica aprovechando el biogás desde 2009, lo cual les permite obtener el correspondiente MDL en septiembre de 2010. El gas que se produce presenta una fluctuación que decrece en función de la profundidad de la tubería de colección del biogás, en el sentido que a mayor profundidad en las áreas del relleno sanitario donde se encuentran depositados los desechos, se incrementa la

degradación de los microorganismos y aumenta considerablemente el calor que propicia el aumento de la reacción biológica [3].

La eficiencia económica del proyecto de generación de energía a partir de la colección del gas del relleno sanitario citado se mantendrá con la transmisión de la energía eléctrica y la reducción de emisiones del mecanismo de desarrollo limpio [3]. Es oportuno mencionar que este tipo de proyectos de aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios se incrementó en China con el apoyo de los MDL.

Así mismo, la eficiencia de la transmisión de la energía eléctrica producida a partir del biogás de este relleno sanitario, incluyendo los precios subsidiados del estado, está valorada en 0,08 \$/kW-h y 0,049 \$/kW-h, acordando un precio estándar uniforme para la Provincia de Hubei en China de 0,13 \$/kW-h. La eficiencia del MDL en la reducción de emisiones viene del mercado de carbono de la Unión Europea (UE). Los beneficios de la mitigación de emisiones de metano del mercado secundario son alrededor de 218 \$/ton y los beneficios por la mitigación de dióxido de carbono, alrededor de 10\$/ton [3], obteniéndose también un incremento en la distribución de energía proveniente del biogás de rellenos sanitarios en las otras provincias de China.

El gobierno local de la ciudad de Tao-Yuan, también de dicho país y algunas compañías privadas han publicado data que permite identificar las fuentes potenciales de biogás que pueden ser explotadas y cuantificadas. El 44% de los desechos sólidos municipales de la ciudad de Tao-Yuan es incinerado y el 14,45 % es reciclado. El remanente, es decir el 0,007% es transportado al vertedero de la ciudad. Solo la porción de desechos que es transportada ha sido considerada para la producción de biogás, el metano potencial podría ser manejado por un digestor anaeróbico de  $16,3 \times 10^6 \text{ m}^3$  [4].

La digestión anaeróbica es un fenómeno natural que puede ocurrir en un relleno sanitario y en tierras húmedas, esto se puede reproducir de manera controlada en un digestor anaeróbico. Este tipo de digestión ofrece la posibilidad de ser usada en una gran variedad de productos de desechos, incluyendo los DSM para producir biogás.

Cabe destacar que la combinación de economías ambientales y factores políticos ha permitido incrementar el interés en combustibles renovables y alternativos [4]. En la medida que se aplican políticas públicas que favorezcan los usos de energías renovables se incrementan las posibilidades de usos finales que se le puede dar al biogás de la fracción orgánica de los DSM, permitiendo disponer de los mecanismos internacionales que dan acceso al mercado del carbono.

Según Quianga y Liu [3], señalan que una yarda de desecho puede producir  $2,41 \times 10^6 \text{ m}^3$  de metano por año y que cada relleno sanitario podría adoptar la tecnología del digestor anaeróbico para incrementar su cantidad producida de gas. Varios gobiernos y estados pueden financiar incentivos para la sustitución del gas natural por biogás, dado que la extracción y distribución del gas natural es más costosa, porque por lo general viene de plataformas, y el biogás producto de los desechos no requiere de estos altos costos de inversión en la explotación, ya que es una explotación local.

La captura de biogás proveniente de rellenos sanitarios también permitiría reducir la contaminación del aire local, dado que el metano en la atmósfera contribuye con el cambio climático por ser un gas efecto invernadero que permanece más de 20 veces en la atmósfera que el dióxido de carbono. Adicionalmente la producción de biogás permite la posibilidad de reducir los costos de manejo, reduce los olores de los desechos e incrementa y renueva la demanda de trabajo local [4]. Así mismo, introduce nuevos actores al proceso como son los consumidores y los productores directos de energía proveniente del aprovechamiento del biogás en los rellenos sanitarios.

En cuanto a EE.UU., conjuntamente con los Reglamentos de las Actividades de Aire Limpio (CAA) se encuentra el Programa del Metano, el cual proporciona apoyo técnico, herramientas y recursos para facilitar los proyectos de utilización de gas de vertederos en dicho país, adicionalmente a los créditos tributarios estatales o federales que promueven la utilización del biogás de vertederos [5]. Esto pone de

manifiesto que los incentivos tributarios, planes y programas en energías renovables sostenibles, basados en las leyes de los estados federales, son un apoyo para que se desarrollen satisfactoriamente este tipo de proyectos.

El portafolio estándar de energías renovables a todo lo largo de Estados Unidos contempla dentro de su amplia gama a la obtenida a partir del biogás proveniente de rellenos sanitarios. La energía fotovoltaica, la solar y la del viento son usadas en cualquier estado sin objeciones de carácter ambiental en contraste con la de la biomasa, el biogás, la hidroeléctrica y la de la quema de desechos sólidos municipales que tiene más restricciones o es completamente ineleegible en ciertas ciudades de Estados Unidos, es posible que se puedan compartir los beneficios de la biomasa, la hidroeléctrica y la energía proveniente del gas de los desechos sólidos municipales de rellenos sanitarios si estas son usadas sin restricciones.

Los créditos múltiples para la instalación y mantenimiento de las facilidades de las energías renovables, incluso las que tienen restricciones en algunas ciudades pueden crear empleos locales y aumentar los beneficios para la calidad del aire local [6]. Las políticas de mercadeo deben ser revisadas para que se mejore el entendimiento de los aspectos del diseño de nuevas tecnologías de estas energías renovables con restricciones, teniendo en cuenta la adecuada información para la toma de la decisión de políticas públicas.

En Norteamérica, la comparación de los costos ambientales de las tecnologías de las plantas de energía térmica producto de la combustión de residuos y de los vertederos que captan el biogás y producen energía eléctrica a partir del mismo, se tiene que la combustión de los residuos sólidos urbanos tiene más alto costo ambiental, que los vertederos, con la excepción del uso de la tierra, lo que refleja el valor de la tierra cubierta por el relleno sanitario, por valor de \$ 280/m<sup>2</sup>. Las emisiones atmosféricas son más bajas en el biogás producido en el relleno sanitario por la falta de partículas o contaminantes atmosféricos que produce en comparación con las cenizas y contaminantes químicos que se genera de la quema de residuos. El costo de los residuos químicos más alto es el resultado de las cenizas volantes, siendo estas declaradas como residuos peligrosos [7]. Factor asociado con el incremento de enfermedades del tracto superior e inferior respiratorio, dado que las emisiones provenientes de la incineración de residuos, en virtud de que no se separan los provenientes de combustibles fósiles, como el plástico, producen dioxinas y furanos que son de los más contaminantes, convirtiéndose así en un problema de salud pública.

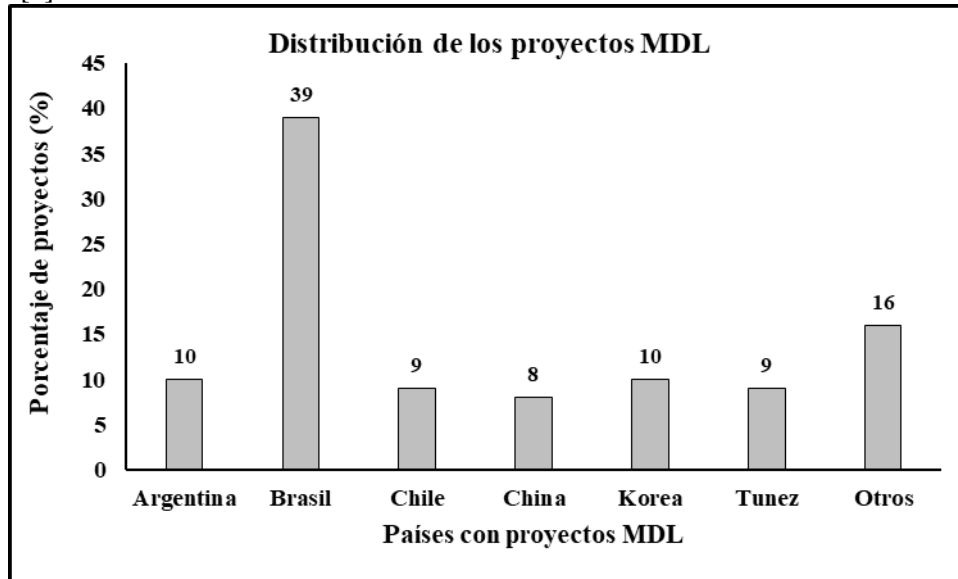
A continuación, se presenta en la Figura 1, la distribución de los proyectos MDL de gas de relleno sanitario CER (Certificados de Reducción de Emisiones) anuales para proyectos registrados a partir de septiembre de 2007 [8]. Incluye 16 millones de CER por año para vertedero CH<sub>4</sub> 'Otros' Incluye a México, Egipto, Perú, Sudáfrica, Tanzania, El Salvador, Israel, Costa Rica, Armenia, Malasia, Bolivia, Bangladesh, Ecuador, Georgia, cada uno menos del 2% del total [5].

Según UNFCCC [8], considera que el progreso más importante a nivel global, relativo al cambio climático y al MDL, se ha dado a nivel del mercado de carbono. El mercado del carbono ha evolucionado y demostrado que sí es posible un sistema de intercambio para un bien que hace solo algunos años, hubiera resultado impensable, dadas las características intrínsecas del mismo (toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente no emitidas/reducidas), facilitando la creación de un sistema de transacciones basadas en dicho bien, que pudiese convertirse en negocio.

Es interesante destacar que aunque América Latina es la segunda región del mundo, después de Asia, en capitalizar el sistema de MDL y el mercado de carbono es la región pionera en ambos ámbitos: hay que recordar que es el proyecto NovaGerart en Brasil, a cargo de la empresa EcoMethane, para la producción de energía eléctrica utilizando metano proveniente de un relleno sanitario es la que inaugura el sistema de MDL al obtener el registro el 18 de noviembre de 2004; a su vez, el proyecto hidroeléctrico La Esperanza, ubicado en Honduras es el que obtiene el 20 de octubre de 2005, los primeros Certificados de Reducción de Emisiones (CER's, cada uno equivalente a una tonelada de dióxido de carbono) en torno al MDL.

**Figura 1. Distribución de los proyectos MDL de biogás producido en rellenos sanitarios.** Fuente. Elaboración propia basado en datos de [5]

**Figure 1. Distribution of biogas CDM projects produced in landfills.** Source. Own elaboration based on data from [5]



En América Latina, México se encuentra dentro de los 25 países con mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con un 1.5%. El potencial de mitigación de emisiones aproximadamente 81 millones de ton CO<sub>2</sub>/año entre el 2008-2012, equivalente a más de 480 millones de euros anuales, EcoSecurities ha desarrollado 47 proyectos de reducción registrados con la Junta Ejecutiva del MDL, incluyendo el primero en CER's de emisiones de CO<sub>2eq</sub>: el relleno sanitario de Novagerar, Brasil. Con 23 proyectos en América, Asia y África (12 en América Latina: tres proyectos en México, cuatro en Brasil, tres en Chile, uno en Nicaragua y uno en Honduras), esta empresa es considerada una de las líderes mundiales en el desarrollo de proyectos bajo el sistema de MDL [8].

Al analizar los procesos y desafíos de la política del biogás en México y Brasil, se identificó que este tipo de políticas están limitadas por el arreglo institucional de cada país, y depende de las relaciones intergubernamentales y que se permita la participación de actores privados para la generación de electricidad.

Ambos países tienen registrados ante la UNFCCC 46 rellenos sanitarios (Brasil tiene 30 y México 16) de los cuales, solo 19 generan biogás para generación de electricidad, los restantes tienen por objetivo la quema controlada del gas metano en los sitios. En la Tabla 1, se presenta los rellenos sanitarios con recuperación de biogás en Brasil y México reportados por UNFCCC [9].

Los casos seleccionados representan casos de éxito con políticas de biogás porque en ambos países se lleva a cabo una cooperación entre municipios para el mejor funcionamiento de los rellenos sanitarios. El Banco Mundial es quien dota los recursos monetarios de cada proyecto bajo la rúbrica de MDL. El capital de actores internacionales es esencial sobre todo si se observa baja inversión del gobierno en países subdesarrollados para impulsar energías limpias. La energía producida se utiliza para el alumbrado público, oficinas de gobiernos municipales y red del metro.

**Tabla 1. Rellenos sanitarios con recuperación de biogás en Brasil y México.** Fuente. Elaboración propia basada en datos de [9]

**Table 1. Sanitary landfills with biogas recovery in Brazil and Mexico.** Source. Own elaboration based on data from [9]

Brasil			México		
Ubicación	Relleno sanitario	Promedio Reducción de CH <sub>4</sub> (ton/año)	Ubicación	Relleno sanitario	Promedio Reducción de CH <sub>4</sub> (ton/año)
Amazonas	Manaos	1.031.531	Aguas Calientes	Aguas Calientes	146.266
Bahía	Feira Santa	42.572	Baja california	Valle Verde	197.759
Espíritu Santo	Marca	231.405	Chihuahua	Ciudad Juárez	170.499
Minas Gerais	Belo Horizonte	134.160	Durango	Durango	83.340
	Nova Gerar	210.812	Estado de México	Ecatepec	209.353
Pernambuco	Cadeias	155.112		Tecámac	57.196
Sao Paulo	Bandeirantes	1.070.629	Guanajuato	El Verde	178.901
			Jalisco	Coyula	86.707
				Hasars	137.785
				Puerto Vallarta	52.267
			Nuevo León	Salinas Victoria	209.273
Sinaloa	Culiacán Norte	42.746			

El caso de Bandeirantes, que es un relleno sanitario localizado en la región metropolitana de Sao Paulo y su objetivo es explorar el gas metano que se genera en el vertedero y usarlo para la generación de electricidad [9]. En todos los casos, la formulación e implementación de este tipo de proyectos, responde a la necesidad de mitigar la emisión de GEI y reduce la expulsión del gas metano a la atmosfera al recuperarlo y quemarlo para la generación de electricidad, contribuyendo a la reducción del consumo de combustibles fósiles.

Uno de los beneficios que se han obtenido con la implementación de estas políticas es la reducción de las emisiones de gas metano (CH<sub>4</sub>); la primera etapa del proyecto mexicano referido permitió la reducción de 44.300 toneladas de CH<sub>4</sub> equivalentes a 800.000 toneladas de CO<sub>2</sub> y en el caso brasileño, la cantidad de emisiones estimadas de reducciones de GEI es 7.944.404 toneladas de GEI para un periodo de operación de 7 años [9].

En el caso de México, en la ciudad de Aguascalientes, capital del estado mexicano del mismo nombre, se registró desde los años noventa un gran problema ambiental y de salubridad cuando el crecimiento urbano se triplicó en extensión de 3.262 hectáreas a cerca de 8.600 y terminó por rebasar e incluir dentro de su radio al relleno sanitario “Las Cumbres”. Una primera solución a este problema fue clausurar el basurero en 1998 y crear uno nuevo, denominado “San Nicolás”, al noroeste de la ciudad, en un predio lejano de los asentamientos poblacionales. Con el paso del tiempo se evidenció que persistían las condiciones de

riesgo a los pobladores por la acumulación de gases provenientes de los desechos orgánicos que ya habían sido dispuestos en ambos lugares.

En respuesta a lo expuesto previamente, la solución implementada en Aguascalientes se sustenta en tres elementos complementarios entre sí, insertos en el marco de la UNFCCC:

1. Captura, aprovechamiento y destrucción del biogás de los rellenos sanitarios “San Nicolás” y “Las Cumbres”, para disminuir las emisiones de GEI. Se estima que el proyecto, iniciado 1 de junio de 2006, contribuyó en los primeros 10 años de financiamiento a la reducción de 1.625.926 Ton CO<sub>2</sub>eq [8].
2. Obtención de recursos económicos a través de la comercialización de bonos de carbono (CER`s).
3. La producción de energía eléctrica para el municipio.

Según Hernández [9], el municipio no tuvo que invertir recursos financieros ni técnicos para la implementación del proyecto. Tanto la búsqueda de financiamiento, como la ejecución del proyecto y su gestión (proyectada para un periodo de 10 años), así como la inserción del mismo en el sistema de MDL, son responsabilidad exclusiva de la empresa implementadora. En lo que respecta al nivel ambiental y económico el proyecto muestra los siguientes resultados: desde el año 2007, que es cuando comienzan a trabajar las dos plantas, se registra la quema diaria de biogás de 44.400 m<sup>3</sup> en promedio, es decir, 16.206.000 m<sup>3</sup> por año. Los bonos de carbono generados, autorizados por la ONU, corresponden a 139 toneladas de dióxido de carbono, un promedio de 50.735 unidades al día. El primer pago de regalías por bonos de carbono que registró el gobierno local, sin ningún costo para el municipio, fue por un monto de 100.000 dólares. Lo que representa una fuente de ingresos adicional para su erario.

En Colombia para promover la institucionalidad ambiental en 1997 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial formuló y adoptó la Política Nacional de Producción más Limpia como una respuesta que buscaba prevenir la contaminación en su lugar origen, en vez de aliviarla una vez generada, con resultados significativos para la construcción de las posibilidades reales de sostenibilidad y competitividad sectorial [10].

En el año 2002 expidió el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes; lo que permitió que Colombia transformara 9 vertederos en rellenos sanitarios, algunos de estos con el apoyo financiero del BID y de los proyectos de MDL con el aprovechamiento de biogás para producir energía eléctrica y la reducción de emisiones por captura de metano en alguna de sus ciudades con mayor población, como son: Barranquilla (Relleno Sanitario “Henequen”), Cúcuta ( Relleno Sanitario “Guayabal”), Bogotá D.C. ( Relleno Sanitario “Doña Juana”), Ibagué, (Relleno Sanitario “El Combeima”), Villavicencio, (Relleno Sanitario “Don Junito”), Cali, (Relleno Sanitario “El Navarro”), Pereira, (Relleno Sanitario “La Glorita”), Manizales, (Relleno Sanitario “La Esmeralda”), contando con cinco rellenos sanitarios más con potencial proyecto de reducción de emisiones de GEI [10].

En el 2012, once países europeos produjeron biometano y en nueve de ellos se inyecta en la red de gas natural. Los cinco países europeos con más inyección de biometano a la red en 2011 fueron Alemania, Suecia, Suiza, Países Bajos, y Austria; juntos tenían más de 170 plantas en funcionamiento [11]. EE.UU también está activamente promoviendo y produciendo biometano.

La tecnología del biometano fue testigo del crecimiento más dramático en Alemania, donde se estableció la primera planta en 2006 y 84 plantas estaban operando en 2011. Suecia ha sido muy oportuna produciendo biometano como combustible para el vehículo. A escala global (en términos de toneladas producidas de equivalentes de petróleo) si se compara con la producción de biogás, la mayoría de las plantas de biogás todavía no son tan grandes e industriales, manteniendo en principio la percepción de un sistema socio-tecnológico menor.

La distancia, tanto física como social entre los productores de biogás y los consumidores, es bastante limitada. Y aunque las políticas estatales para el desarrollo del biogás están empezando, y en países como China, Alemania y Suecia están desarrolladas, no son tan masivas, geográficamente generalizada e

influyente, requieren la creación obligatoria de mercado, subvenciones para investigación en desarrollo y sostenibilidad, certificaciones, entre otras [11]. Es evidente que los países en vías de desarrollo requieren del apoyo de transferencia tecnológica y todos los mecanismos vinculantes de los acuerdos internacionales para que se logre implementar las tecnologías que se alineen con el camino hacia el desarrollo sostenible.

En el marco nacional, uno de los proyectos de aprovechamiento de biogás que pudo presentarse como proyecto MDL por parte de Venezuela fue el de la valoración del biogás en el relleno sanitario La Bonanza, que indica la existencia física del biogás que es recuperado en este sitio de disposición final de DSU. Según medición realizada en 2004 donde se evidenció que los volúmenes del biogás producidos son sustancialmente aprovechables para la generación de energía. La valoración del biogás viene dada por su uso como combustible en un proceso de generación de energía sustituyendo la compra directa del gas [12], dentro del relleno sanitario La Bonanza la red de captación de biogás se encontraba en fase de ejecución. En este sentido, el proyecto de drenaje y red de captación del biogás en el domo existente (Celdas 1, 2, 3, 5 y 6) contempla tres etapas de ejecución las cuales son captación, extracción y tratamiento [13].

Otro antecedente en el país es el sitio de disposición final de DSU Santa Eduvigis en el estado Vargas en donde la empresa VINCCLER C.A. fue contratada en diciembre de 2007 por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente para realizar el saneamiento y la transición hacia relleno sanitario. El proyecto realizado por la empresa antes referida dio como resultado que en los actuales momentos el vertedero Santa Eduvigis posee control de lixiviados y captación sin control posterior del biogás que se genera en el mismo. Esta situación ha ocasionado explosiones e incendios a diferentes escalas de magnitud, repercutiendo en aumento de las enfermedades respiratorias en las comunidades vecinas a este sitio de disposición final, producto de la contaminación atmosférica generada por el venteo diario de biogás y por su falta de control.

El cálculo de generación de metano proveniente de la disposición de los desechos de papel y cartón en los sitios de disposición final del país; siguiendo la metodología del IPCC, arroja un valor de 149.000 ton/año. Esta cifra pone de evidencia la existencia de una buena oportunidad de mitigación de emisiones en el reciclaje de papel y cartón. Sin embargo, en Venezuela no existen sistemas de separación de desechos en el sitio de su generación, y al permitirse la mezcla de los mismos se reduce las posibilidades de manejo segregado. Una excepción pudiera estar en el manejo de papel y cartón que es menos problemática [14].

En cuanto a la emisión CO<sub>2</sub> per cápita, la cifra estimada para Venezuela es de 1,3 toneladas de carbón. Ello representa una cifra inferior a la observada en los países desarrollados, y similar a otros países en desarrollo. La emisión per cápita de Venezuela coincide con el valor promedio mundial, representado apenas un 0,48% de las emisiones globales del planeta. El potencial de calentamiento global (PCG) de los GEI es el siguiente: papel cartón 20,3%; textiles 3,6%; desechos de jardines 12,9%; restos de alimentos 19,5%; desechos de madera y paja 0,3%; arrojando un total de 56,6% de desechos orgánicos [14].

El CO<sub>2</sub>eq (Gg) proveniente del sector desecho es de 6,295 Gg/año, siendo uno de los sectores que genera menos emisiones en comparación con el sector energético, que en Venezuela es el que más emite. La descomposición de desechos orgánicos aporta el 9,7% del total de las emisiones de metano en Venezuela. Se ha estimado que la participación porcentual de los componentes orgánicos contenidos en los residuos sólidos municipales en Venezuela es la siguiente: CO<sub>2</sub> 1, CH<sub>4</sub> 21 y N<sub>2</sub>O 310, la cual corresponde a la fracción orgánica de los desechos sólidos municipales en Venezuela [14].

## **2. MATERIALES Y MÉTODO**

El cumplimiento del objetivo de este trabajo es producto de la revisión sistemática de literatura (RSL) relativa al manejo integral de DSU y políticas públicas para controlar el biogás proveniente de este tipo de desechos, identificando el marco situacional que se presentan entre los periodos posterior al Protocolo de Kioto y el Acuerdo de Paris. Se utiliza un método descriptivo, que permitan revelar los elementos no visibles en el proceso investigativo.



La referida revisión sistemática cubrió el período comprendido entre 2000-2017 y la de búsqueda de la información se realizó entre noviembre de 2011 y junio 2017. Se utilizaron los buscadores EBSCOhost y Google académico y se accedió a las siguientes bases de datos: Fuente Académica Plus, Green File, Business Search Complete, Redalyc y Scielo, páginas web de organismos multilaterales: PNUD, CEPAL, UNFCC, BID y datos complementarios del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas de Venezuela (MINEA), se incluyeron dos Trabajos de Grado de la Maestría en Desarrollo y Ambiente de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

A partir del descriptor “desechos” y “biogás”, se depuraron resultados con los siguientes sub-descriptores: biogás y ambiente, biogás, aspectos bioéticos en políticas públicas, bioética y política, manejo integral de desechos. Se seleccionaron 64 artículos por relevancia y considerando los siguientes criterios de exclusión:

1. Muy específicos antes del año 2000.
2. Información duplicada.
3. Métodos técnicos inadecuados.
4. Resultados irrelevantes.

Se preseleccionaron 30 artículos considerando si los mismos contienen introducción, conclusiones y texto completo; el último de los criterios de exclusión fue por relevancia, en este caso se excluyeron 2 artículos quedando un total de 28 artículos seleccionados. Esta RSL, se apoyó en la propuesta metodológica de Petticrew & Roberts [15].

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La situación actual se presenta a nivel internacional y nacional, en ambos casos tienen un marco de referencia evidente correspondiente al inicio del Acuerdo de París 2015 donde una de las herramientas vinculantes como son los mecanismos de desarrollo sostenible (MDS) continúan marcando el camino para el uso de tecnologías que promuevan el desarrollo sostenible en esta materia de biogás para su control y posterior aprovechamiento que se inició con sus predecesores los MDL.

#### Situación actual internacional

China posee el 30% de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y ratificó la celebración del acuerdo de París 2015, por tanto, los compromisos que China suscriba en materia de generación legislativa indica cual es el camino que dicha potencia tomará en los próximos años de cara a disminuir los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. EEUU que representa el 14,4% del total de los GEI global [16], se retiró el 01 de junio de 2017 del acuerdo de París en la decisión de su presidente Donald Trump.

Si se examina el Acuerdo de París, se observa que uno de sus rasgos estructurales es la introducción de un abordaje de abajo hacia arriba (usualmente calificado como *bottom-up approach*) adoptado para la determinación de los aportes que cada país habría de hacer. En ese esquema cada país decide qué puede o se propone hacer; qué acciones de mitigación llevará adelante, teniendo en cuenta sus circunstancias y capacidades; el volumen de sus emisiones y las fuentes de esas emisiones (energía, transporte, agricultura, industria, residuos, cambios en el uso de la tierra), y su propia estrategia de desarrollo sostenible [17]. Los países han comunicado todo lo anterior, mediante las Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INDC).

En realidad, se trata de una decisión política deliberada inscrita en el acuerdo, que reconoce la dificultad de comprometer a los países desarrollados y a las mayores economías emergentes a suscribir compromisos de carácter vinculante y luego arriesgarse a someterse a los impactos sobre los costos y la competitividad de sus economías nacionales, si hubiera algunos países que quedaran, o decidieran quedar fuera, de un

compromiso con esa naturaleza legal [17]. Caso de la salida de EEUU, esta falta de compromiso revela un sendero poco favorable a la mitigación del cambio climático y la transferencia tecnológica que en él se prevé.

Según Moreno y Conversi [18], no es casual que respectivamente EEUU y China e India hayan sido países refractarios a poner límites al proceso de calentamiento global. Ambos modelos apuntan a la aceleración de los efectos perversos del cambio climático, dado el poder de los intereses de las grandes corporaciones y conglomerados financieros, principales inductores de los nocivos efectos del cambio climático.

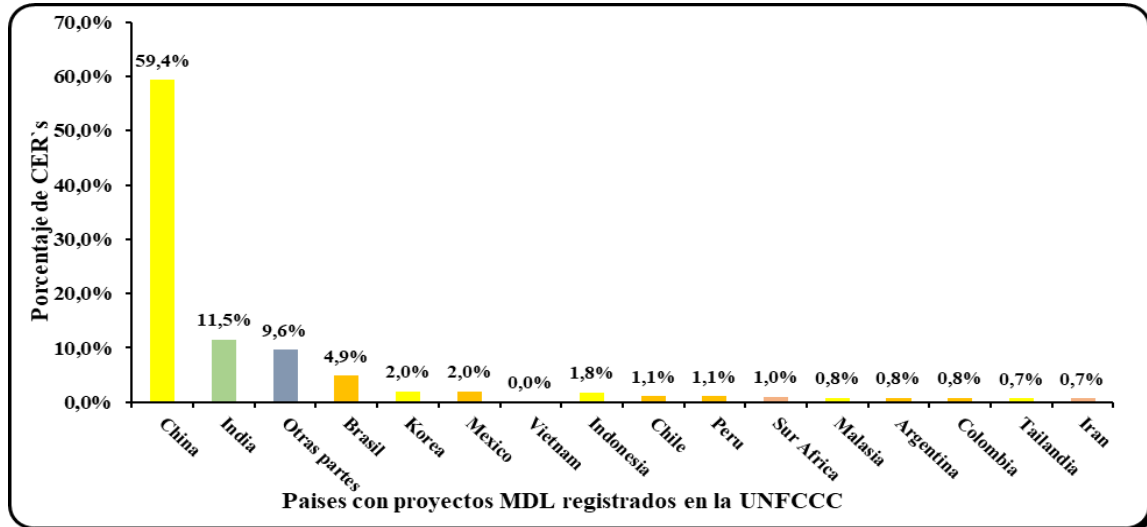
El Acuerdo de París 2015 entró en vigor en noviembre de 2016. El documento recoge una amplia gama de recomendaciones de políticas públicas y requiere de los países firmantes que revisen periódicamente sus niveles y actualicen sus acciones al respecto [18]; tanto este Acuerdo de París como su antecesor el protocolo de Kioto establecen la reducción de GEI's con mecanismos que permiten apoyar la reducción de los mismos que contribuyen al cambio climático a través de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER`s) de Gases Efecto Invernadero (GEI`s), en el primero se establecen los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) en su Artículo 12 y en el segundo estos pasan a llamarse mecanismos de desarrollo sostenible (MDS) estipulados en su artículo 6.

El Acuerdo de París destina un artículo completo al tratamiento de los denominados enfoques cooperativos de participación voluntaria, a través del cual se establece un mecanismo para promover la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y apoyar el desarrollo sostenible, el Art. 6 hace referencia a la noción de resultado de mitigación, el cual parece sugerir un alcance más amplio que el de la actividad de proyecto en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio [17]. En ambos casos los países desarrollados firmantes de estos convenios internacionales brindan apoyo financiero a los países en vía de desarrollo a cambio de contabilizar los CER`s. Esto permite explicar por qué América Latina de acuerdo con los trabajos seleccionados es pionera en este tipo de proyectos con el aprovechamiento del biogás generado en sitios de disposición final de desechos sólidos urbanos (DSU).

Hasta el 08 de junio del 2017, de acuerdo con la UNFCCC, estaban registrados 7.771 proyectos, CER`s emitidos por proyectos de actividades MDL 1.833.223.841 y CER`s por programa de actividades de MDL 8.524.121, de los cuales 12,9% se localizan en América Latina y el Caribe (ALC). Es muy interesante destacar que Asia ocupa el primer lugar con 83,7 %, siendo China el país anfitrión con mayor porcentaje de proyectos MDL aprobados, seguido de India y en la región ALC son Brasil y México los países que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente como se puede visualizar en la siguiente figura [14]. Estos datos comprenden todas las actividades susceptibles de recibir CER`s, entre las que se encuentran el aprovechamiento del biogás producida por rellenos sanitarios, es este tipo de actividad específica donde la región ALC es pionera [19].

**Figura 2. Distribución de CER's por los proyectos MDL registrados por parte anfitriona ante la UNFCCC y ONU. Fuente. Elaboración propia con base en datos de [19]**

**Figure 2. Distribution of CERs by CDM projects registered by the host before the UNFCCC and UN. Source. Own elaboration based on data from [19]**



En la UE hay aceptación de la directiva en Alemania, Italia y Francia, apoyada por planes de incentivos donde los actores consideren que es una opción viable para que la comunidad energética emergente sea autosuficiente [20].

En Colombia, la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes son los marcos institucionales que sentaron las bases de la gestión ambiental permitieron distintas iniciativas alrededor del país [10]. Ahora se denota un mayor interés en una convergencia interdisciplinaria, la cual se ha plasmado en la aparición de nuevos campos analíticos como la economía ecológica (*ecological economics*), la gestión de la sostenibilidad (*management of sustainability*) o la producción más limpia (*cleaner production*) [18].

Vidar Helgesen, Ministro de Clima y Ambiente de Noruega anuncia la primera contribución de 10 millones de dólares que serán entregados al Fondo Colombia Sostenible (se estima que los recursos estarían disponibles a finales del 2017), con base en los logros alcanzados por Colombia en virtud de su Declaración Conjunta de intención, firmada entre Colombia, Noruega, Alemania y el Reino Unido, durante la cumbre climática en París en 2015 [22].

Colombia ha demostrado que la creación de instituciones sólidas, en materia de desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático, a través de la reducción de GEI's, que muestran resultados, reciben el respaldo de las contribuciones de las partes, según el acuerdo de París 2015, lo que les permitirá alcanzar sus contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (INDC).

Se puede evaluar la viabilidad de las propuestas de estas energías renovables, específicamente la energía proveniente del gas de los desechos sólidos municipales de rellenos sanitarios en las zonas urbanas [20]. El potencial de construcción de instalaciones y suministro de biogás puede ayudar a los responsables de la formulación de políticas y planificador de energía para la evaluación preliminar de la factibilidad de esas tecnologías en un área determinada.

La estructura de las plantas de biogás en Polonia está dominada por las plantas eléctricas basadas en el biogás proveniente de rellenos sanitarios. En 2013, habían 431 rellenos sanitarios operativos en Polonia, 102 de estos se encontraban operativos con plantas que utilizan el biogás como combustible. Esto

evidencia que no todos los rellenos sanitarios estaban siendo usados para propósitos energéticos [23]. Los costos de estas instalaciones son altos, pero las plantas de biogás pueden obtener financiamiento y subsidios a través de la Unión Europea (UE).

Por tanto, el desarrollo de las plantas de biogás en Polonia, corresponde al estado inicial del relativamente largo camino de oportunidades que se pueden obtener a partir de los desechos sólidos municipales (DSM) y hay oportunidades para el desarrollo energético más allá de los combustibles fósiles como el fueloil; esto es particularmente importante porque se requiere para cumplir las metas energéticas en políticas públicas de Polonia para el 2020 [21].

Las emisiones, las demandas de energía de los procesos y las prácticas de gestión urbana pueden ser aplicados e integrados por los responsables políticos y las partes interesadas de la ciudad, de donde nace el nuevo concepto de la vocación energética territorial [20], aplicable para abordar la sostenibilidad del aprovechamiento de la fracción orgánica de los DSM. Los recursos locales resultan beneficiosos en términos de soberanía energética y costo económico, por lo que las pérdidas de distribución y transmisión, podría ser evitado cuando el consumo y la producción se encuentran en la misma área.

Además, los productores-consumidores, excluidos del antiguo modelo de generación centralizada, han sido introducidos por el despliegue de energías renovables sustentables (RES, sus siglas en inglés) en este ámbito, la resolución de la UE ha promovido a este nuevo actor, es decir, el productor-consumidor, en el contexto energético, en primer lugar, para mejorar el acceso a la energía en aquellas áreas fuera de la red y, en segundo lugar, permitir la libre elección de los ciudadanos a su propio suministro de energía [20].

#### **Situación actual de Venezuela**

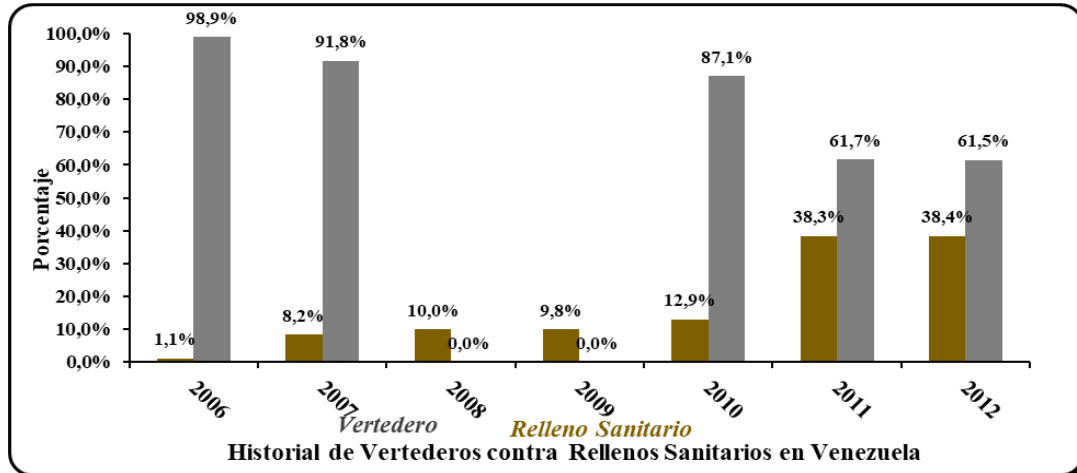
El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para mejorar la gestión de residuos y desechos sólidos, ha implementado un programa parcialmente financiado de crédito por US\$140 millones, llevado a cabo en el año 2010 en el país. La implementación del proyecto pretende, que en cinco años unas 1.100 toneladas diarias que hoy son dispuestas en vertederos a cielo abierto tendrán una disposición final en rellenos sanitarios ambientalmente normados que serán construidos con fondos del Programa.

El programa del BID busca reducir y prevenir los impactos en el ambiente y la salubridad asociados al inadecuado manejo de residuos y desechos, mediante el fortalecimiento de las instituciones encargadas de la prestación del servicio. La capacitación del personal técnico en estas instituciones y la infraestructura básica para la transferencia y disposición final de residuos y desechos sólidos municipales, para reemplazar vertederos a cielo abierto, entre otras actividades son las principales acciones a financiar [24].

En la figura 3, se puede observar la distribución histórica nacional de los SDF de DSU en el periodo comprendido entre el año 2006 al 2012, donde se denota un aumento alrededor de 26% entre el año 2011 y 2012, con respecto a los años anteriores, pudiendo atribuirse al apoyo financiero del BID.

**Figura 3. Distribución histórica nacional de los SDF de DSU, Período 2006-2012.** Fuente. Elaboración propia basada en datos de la unidad de desechos del [25]

**Figure 3. National historical distribution of DSU SDFs.** Source. Own elaboration based on data from the wasted unit of [25]



Aun cuando el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB) ha informado sobre la culminación y entrega de 49 obras de conversión de vertederos en rellenos sanitarios en todo el territorio nacional en los últimos años, y que estaba programado para el año 2011 la inauguración de espacios como Lomas del Calvario en el Estado Mérida; y Los Cocos, en Delta Amacuro y Barinas, son muchas las ciudades de Venezuela (más de 20) que carecen de un servicio óptimo de recolección de residuos y desechos sólidos y de un relleno sanitario [13].

Asimismo, la generación per cápita nacional de desechos pasó de alrededor de 1,2 kg/hab\*día en el año 2000 a 1,90 kg/hab\*día aproximadamente para el año 2012 [26]. Estos desechos de naturaleza orgánica, una vez depositados en los rellenos sanitarios se descomponen generando metano ( $CH_4$ ); el cual es un GEI de gran potencial de calentamiento global (21 veces el potencial del dióxido de carbono,  $CO_2$ ). En la aplicación de las políticas en materia de desechos sólidos, se observa escasamente orientadas a la reducción, reutilización y reciclaje [27].

Cabe destacar que, aunque el reciclaje no es la solución inmediata para el problema de desechos sólidos en el país, pudiera representar una buena oportunidad para su resolución; además, con el estímulo adecuado, esta práctica disminuiría la cantidad de residuos que llegan a los sitios de disposición final, pudiera generar gran cantidad de empleos directos e indirectos, y se ahorraría el consumo de materia prima, incluyendo agua y energía de algunos procesos [13]. El reciclaje debe contemplar la separación de los desechos desde el origen, de forma que se puedan implementar adecuadamente planes de manejo integral de residuos y desechos, debido a que en la mayoría de los estados de Venezuela no se ejecutan estos planes.

El volumen de biogás acumulado en un relleno sanitario controlado, ofrece una oportunidad de recuperación y uso como recurso energético, a través de la reducción de emisiones de GEI, brindando la posibilidad de obtener financiamiento, si se logra presentar como un proyecto que pueda participar en el mercado internacional del carbono; y a través de esta vía se pueda transformar los vertederos en rellenos sanitarios, que eviten la generación de biogás y lixiviados al ambiente, aumentando así la calidad del aire, de suelos, de disponibilidad de agua potable y por ende la calidad de vida de las comunidades adyacentes a estos sitios de disposición final.

Este tipo de proyectos que podrían presentarse como futuros MDS, cuentan en el país con la recuperación del biogás en el relleno sanitario La Bonanza, y la implementación tecnológica ya instalada que permite utilizar el biogás como combustible en evapoincineradores que tratan a los lixiviados, eliminando así dos de los pasivos ambientales que se generan en los SDF. Estos proyectos se encuentran enmarcados en las INDC presentadas por Venezuela en el acuerdo de París.

Las INDC presentadas por Venezuela refieren específicamente en esta materia las siguientes estrategias: la implementación del plan nacional de mitigación y un plan nacional de adaptación, con una mitigación con reducción en un 20% emisiones de GEI al 2030.

Las políticas que Venezuela presenta en sus INDC son:

- La creación y repotenciación de empresas de reciclaje.
- Plan de eficiencia energética, uso racional de la energía y energías complementarias que reemplacen la matriz hidroeléctrica, con creación del despacho del viceministro de nuevas fuentes y uso racional de la energía eléctrica, campaña de educación y comunicación de eficiencia energética.
- Plan nacional de saneamiento de vertederos y construcción de rellenos sanitarios. Plan estratégico integral para la dotación de maquinaria y recursos para el manejo de residuos y desechos sólidos.
- Promover e impulsar el fortalecimiento del régimen jurídico climático vigente con énfasis en las responsabilidades históricas.

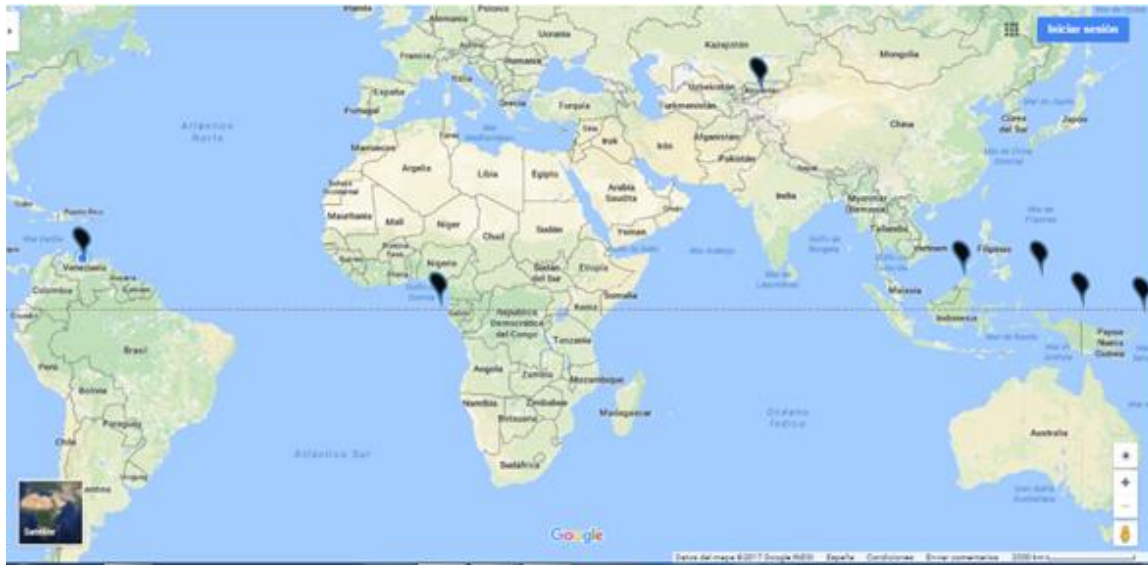
Las estrategias antes referidas estarían enmarcadas en políticas de desarrollo sostenible, mitigación, adaptación, necesidad de transferencia de países desarrollados y equidad; y se implementarán a través de leyes y otros instrumentos legales como resoluciones para la preservación del patrimonio forestal y el aprovechamiento sostenible de bosque, ley de gestión de riesgos socioculturales y tecnológicos (proyecto de gabinetes municipales) y desarrollar normativa que promueva el reciclaje [16].

Cuando las INDC refieren a la necesidad de transferencia de países desarrollados, dejan entrever que están admitiendo que la nueva política permitirá que se presenten proyectos de MDS en materia de mitigación de GEI, a diferencia de la política anterior en la que Venezuela fue el único país de la región ALC que pudiendo presentar proyectos MDL, no lo hizo, desaprovechando esta oportunidad que los otros países de la región si capitalizaron para la transferencia tecnológica en esta materia. La figura 4 muestra que Venezuela es uno de los 19 países en el mundo y el único de ALC que aún no tiene Autoridad Nacional Designada, por sus siglas en inglés (ADN), para gestionar los MDL establecidos en el Protocolo de Kioto, aunque es parte del mismo.

**Figura 4. Distribución regional de las partes en el protocolo de Kioto sin Autoridad Nacional Designada (ADN).** Fuente. Elaboración propia con base en datos de [2, 8 y 19]

Parte en el Protocolo de Kioto sin Autoridad Nacional Designada (ADN), partes en el mundo 19 en total, solo se muestran las que permite la escala del mapa

**Figure 4. Regional distribution of the parties to the Kyoto protocol without Designated National Authority (DNA).** Source. Own elaboration based on data from [2, 8 and 19]



También cabe destacar el retroceso en la política de sustituir la matriz hidroeléctrica que otros países han adoptado justamente para reducir sus GEI incluso en un 46%, como es el caso de Ecuador en la región de ALC [17]. Noruega, país petrolero como Venezuela, a nivel mundial posee el menor valor de GEI proveniente del sector eléctrico (0,007 kg CO<sub>2</sub>-eq. kWh<sup>-1</sup>), debido a que su producción de electricidad es única y exclusivamente basada en la hidroeléctrica [28].

#### 4. CONCLUSIONES

- La información obtenida en el proceso de revisión demuestra que en Venezuela; la incursión en este tipo de financiamiento para proyectos enmarcados en la sostenibilidad (Política del Biogás), no ha sido exitoso debido a la falta de una Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) que implemente un Sistema Nacional para su gestión, que permita dotar el país de estructura jurídica e institucional como lo exigen los Protocolos y Acuerdos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, por lo que no contar con una Autoridad Nacional Delegada (AND), Plan Nacional, ni Estrategia Nacional de Cambio Climático, limitará las acciones para establecer medidas de adaptación y mitigación sin poseer un diagnóstico actualizado sobre la situación ambiental en el país.
- La coordinación interinstitucional mediante la creación de la Autoridad Designada Nacional (ADN) será básica para el desarrollo de una política con trascendencia internacional, que permita el desarrollo económico y financiero del mercado del carbono y negociación ante la CMNUCC para proyectos que permitan reducir las emisiones de GEI en Venezuela.

- La ejecución de programas, planes y leyes que estimulen y desarrollen el mercado de reciclaje, tratamiento y disposición de los desechos sólidos que se generen dentro del perímetro urbano, específicamente papel, cartón y desechos de origen fósil, como los plásticos, podrán generar oportunidades de reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> y alargar la vida útil de los SDF de DSU.
- Los incentivos tributarios, creación de leyes y políticas que permitan estimular la inversión ambiental en la adopción de tecnologías limpias, políticas y programas de actividades de energías renovables, así como para proyectos de ventas de reducción de emisiones de GEI verificadas, serán un marco que permita que se desarrollen los proyectos de aprovechamiento del biogás que se genera en los rellenos sanitarios para que puedan intervenir en el mercado internacional del carbono.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. P. Martínez, M. C. Santianes, S. N. Crespi y J. C. Jiménez. *Utilización de biogás en pilas de combustible*. España: Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (Ciemat), 2008, pp. 3, 53.
- [2] UNFCCC, (2017). Number of CDM project activities that have issued CERs [Internet]. EEUU. Disponible desde: <<http://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/CDMinsights/index.html>>. [Acceso 30 de diciembre de 2019].
- [3] X. Qianga Y. y L. Liu. “Study on optimization model of energy collection efficiency and its power generation benefit evaluation of landfill gas”. *Journal of renewable and sustainable energy*. 5, 31-38, 2013.
- [4] K. Wang, Y. You, Y. Chin y N. Hsun. “Biogas Potential in Tao-Yuan County, Taiwan”, *The International Journal of Organizational Innovation*, 5 (4), 2013.
- [5] J. Bogner, R. Pipatti, S. Hashimoto, C. Diaz, K. Mareckova, L. Diaz y T. Zhang. “Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation)”, *Waste Management & Research*, 26 (1), 11-32, 2008.
- [6] Fischlein y Smith. *Revisiting renewable portfolio standard effectiveness: policy design and outcome specification matter*. New York: Springer Science+Business Media, 2013, pp. 15-20.
- [7] F. Zeman. “Considering Carbon Capture and Storage for Energy Generation from Municipal Solid Waste”, *Journal of Environmental Engineering*, 136 (8), 756–761, 2010.
- [8] UNFCCC, (2008). [Internet]. On line searchable database of greenhouse gas inventory data. EEUU. Disponible desde: <<http://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/CDMinsights/index.html>>. [Acceso 28 de diciembre de 2019].
- [9] O. Hernández. (2012). *Procesos y desafíos de la política del biogás en México y Brasil. Los casos de Salinas Victoria y Bandeirantes*. Trabajo de Maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
- [10] MINAMBIENTE, (2017). [Internet]. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Sistema de Ambiente y Cambio Climático. Colombia. Disponible desde: <<http://www.minambiente.gov.co>>. [Acceso 29 de diciembre de 2019].
- [11] A. Mol. “Bounded biofuels? Sustainability of global biogas developments”, *Sociologia Ruralis*, 54 (1), 1-20, 2014.
- [12] Rodríguez D. (2004), Valorización Económica del Biogás que se Recupera en el Relleno Sanitario La Bonanza (Estado Miranda), Trabajo de Grado presentado a la Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al grado de Magíster en Desarrollo y Ambiente, Caracas, Venezuela.
- [13] S. Blanco. (2015). *Evaluación de la gestión integral del relleno sanitario la Bonanza, estado Miranda*). Trabajo de Maestría, Universidad Simón Bolívar.



- [15] Petticrew, M. and H. Roberts. (2010). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Pub.
- [16] M. Cruz. (2017). *El aporte de las INDC (Intended Nationally Determined Contributions) en la evolución de la legislación sobre cambio climático en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Trabajo de Grado de Licenciatura, Universidad de Chile.
- [17] H. Carlino, M. Netto, M. Cabrera y L. Serra. *El papel central del financiamiento en el Acuerdo de París y las oportunidades para los bancos nacionales de desarrollo*. EEUU: Inter-American Development Bank, 2017, pp. 12-18.
- [18] L. Moreno y D. Conversi. “Modelo social y límites al crecimiento en el antropoceno”, *Revista en Cultura de la Legalidad*, 310-314, 2017.
- [19] U. Di Matteo, B. Nastasi, A. Albo y D. Astiaso Garcia. “Energy Contribution of OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) to Energy-Environmental Sustainability in Urban Areas at Small Scale”, *Energies*, 10 (2), 229, 2017.
- [20] J. Mendoza, L. González y A. Ruiz. “Tecnologías de producción más limpias: una revisión del estado del arte”, *Investigación y Desarrollo en TIC*, 7 (1), 29-33, 2016.
- [21] D. Szymańska y A. Lewandowska. “Biogas power plants in Poland—structure, capacity, and spatial distribution”, *Sustainability*, 7 (12), 16801-16819, 2015.
- [22] BID, (2010). [Internet]. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible desde: <<https://www.iadb.org>>. [Acceso 28 de Diciembre de 2019].
- [23] M. Olazabal y E. Sainz de Murieta. *Bridging Science and Policy to Mitigate and Adapt Cities to Climate Change: Challenges and Opportunities in the Context of the Basque Declaration*. Bilbao: Basque Centre for Climate Change (BC3), 2016, pp. 1-11.
- [24] Instituto Nacional de Estadísticas. (2013). Boletines electrónicos. Estadísticas sociales y ambientales. Venezuela. Disponible desde: <[http://www.inecve.gov.ve/documentos/Ambiental/PrincIndicadores/html/ambien\\_medioAmbiente\\_3.html](http://www.inecve.gov.ve/documentos/Ambiental/PrincIndicadores/html/ambien_medioAmbiente_3.html)>. [Acceso 9 de diciembre de 2019].
- [25] Y. Caldera y L. Fuente. “Calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en el sector Concordia Vieja del municipio Cabimas”, *Revista arbitrada venezolana del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago*, 7 (1), 177 – 186, 2012.
- [26] T. Fruergaard, T. Astrup y T. Ekvall. “Energy use and recovery in waste management and implications for accounting of greenhouse gases and global warming contributions”, *Waste Management & Research*, 27 (8), 724-737, 2009.
- [27] Google Maps, (2019). [Internet]. Google Maps. Disponible desde: <<https://www.google.com/maps/@39.550051,-105.782067,6z?hl=es>>. [Acceso 23 de Diciembre de 2019].
- [28] CEPAL, (2017). [Internet]. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Disponible desde: <<http://www.cepal.org/es>>. [Acceso 29 de diciembre de 2019].