



Ministerio Público  
de la Defensa  
República Argentina



## Revista del Ministerio Público de la Defensa de la Nación

.....  
Litigio estratégico en materia ambiental.  
A 15 años del fallo "Mendoza" de la CSJN



*Revista del Ministerio Público de la  
Defensa de la Nación N°18. Diciembre 2023*

*Editora:*

*Stella Maris Martínez*

*Directora:*

*Julieta Di Corleto*

*Escriben:*

*Mariel Acosta*

*Marina del Sol Alvarellos*

*Catalina Asiain*

*Livia Barbosa Giurizzatto*

*Cecilia Calderón*

*Agustin Cavana*

*Pablo Damián Colmegna*

*Raymundo Cordero García*

*María Mercedes Crespi*

*Ana Di Pangraccio*

*María Eugenia Di Paola*

*Nicolás Escandar*

*Luigi Ferrajoli*

*Leonardo Filippini*

*Luciano Furtado Loubet*

*Pilar Garcia*

*Agustín Garone*

*Alejo J. Giles*

*Mariano Gutierrez*

*Catalina Highton*

*Camila Jorge*

*Ana Lanziani*

*Romina Alicia Magnano*

*Catalina Marino*

*Andrés Martínez-Moscoso*

*Andreea Parvu*

*João Onofre Pereira Pinto*

*Teresita Rossetto*

*Julieta Rossi*

*Laura Royo*

*Diana Rucavado*

*Virginia Saucedo*

*Fernando Silva Bernardes*

*Sebastián Ernesto Tedeschi*

*Elva Terceros Cuellar*

*Romina Tuliano Conde*

*Pablo Vitale*

*Coordinación de contenido:*

*Fiorella Cesa y Florencia Molina Chávez  
(Escuela de la Defensa Pública)*

*Mariel Acosta Magdalena y Mariano H.  
Gutiérrez (Equipo de Trabajo Río Matanza  
Riachuelo)*

*Coordinación editorial:*

*Secretaría General de Coordinación - Coor-  
dinación de Comunicación Institucional,  
Prensa y Relaciones con la Comunidad*

*Edición y relevamiento cartográfico: Pilar*

*García (Equipo de T. Río Matanza Riachuelo)*

*Producción, realización y edición de entrevistas*

*audiovisuales: Miguel Chelabian y Agustín*

*Garone (Equipo de T. Río Matanza Riachuelo)*

*Edición:*

*Gabriel Herz*

*Diseño y diagramación:*

*Subdirección de Comunicación  
Institucional*

*Fotografía de tapa:*

*“Garza sobre una manguera flotante en Vuel-  
ta de Rocha, frente a la Escuela Benito Quin-  
quela Martín” (2014) de Manuel Fernández  
Riachuelos. Muestra colectiva de fotos y video  
– Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo  
(ACUMAR)*

*El contenido y opiniones vertidas en los artí-  
culos de esta revista son de exclusiva respon-  
sabilidad de sus autores.*

*Ministerio Público de la Defensa de la Nación  
Defensoría General de la Nación*

*ISSN 2618-4265*

---

## ÍNDICE

---

- LÍNEA EDITORIAL**      7
- 9**      **Aportes para la intervención de la defensa pública en casos de injusticia ambiental. Reflexiones desde la Causa Riachuelo\***  
*Mariel Acosta Magdalena, Cecilia Calderón y Mariano H. Gutiérrez*
- EXPERIENCIAS NACIONALES**      35
- 37**      **Tensiones en la construcción de la estrategia jurídico-comunitaria en la Causa Riachuelo**  
*Agustín Garone, Andreea Parvu y Romina Tuliano Conde*
- 53**      **La especificidad del territorio en el ejercicio de la defensa pública: la experiencia en la Causa Riachuelo**  
*Pilar García, Catalina Highton y Teresita Rossetto*
- 71**      **Humedales para la vida: el escenario nacional y los aportes regionales y globales para su protección efectiva en Argentina**  
*Ana Di Pangraccio*
- 83**      **La protección del derecho a un ambiente sano en la jurisprudencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos**  
*Julieta Rossi y Pablo Damián Colmegna*
- 101**      **El fallo “Mendoza” en la Ciudad de Buenos Aires. Balance a quince años de una sentencia emblemática**  
*Ana Lanziani y Laura Royo*
- 113**      **Los Ministerios Públicos en la defensa del ambiente**  
*Leonardo Filippini y Agustín Cavana*
- 125**      **La justicia frente a la triple crisis planetaria. El rol del Derecho Internacional Ambiental**  
*Maria Eugenia Di Paola y Catalina Asiain*
- 145**      **La representación complementaria de niños, niñas y adolescentes ejercida por la defensa pública en un amparo ambiental**  
*María Mercedes Crespi*
- 155**      **A quince años del Fallo Mendoza: experiencias de empoderamiento jurídico en Villa Inflamable**  
*Camila Jorge, Catalina Marino, Virginia Saucedo y Pablo Vitale*
- 169**      **Infancias frente al impacto del daño ambiental. Aportes desde una perspectiva interseccional a propósito de la causa “Mendoza”**  
*Romina Alicia Magnano*

- 185 La experiencia del litigio ambiental en relación a los derechos económicos sociales y culturales**  
*Sebastián Ernesto Tedeschi, Marina del Sol Alvarellos y Alejo J. Giles*

**EXPERIENCIAS INTERNACIONALES 201**

- 203 La protección de los ríos urbanos en América Latina. Caso río Monjas (Ecuador)**  
*Andrés Martínez-Moscoso*

- 219 Las limitaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático en el Sur Global**  
*Diana Rucavado*

- 233 El derecho a la tierra de las comunidades y la jurisdicción agroambiental en Bolivia**  
*Elva Terceros Cuellar*

- 245 Extinción de vertederos en Mato Grosso do Sul: acciones del ministerio público en la mitigación del cambio climático. Un estudio de caso**  
*Luciano Furtado Loubet, Lívia Barbosa Giurizzatto, João Onofre Pereira Pinto, Fernando Silva Bernardes y Raymundo Cordero García*

**ENTREVISTA 269**

- 271 “La Constitución de la Tierra implica la supresión de la soberanía de los Estados como soberanía absoluta”**  
*Entrevista a Luigi Ferrajoli*  
*Por Nicolás Escandar*

- 279 Las voces de los vecinos y vecinas de la causa Riachuelo**

# Extinción de vertederos en Mato Grosso do Sul: acciones del ministerio público en la mitigación del cambio climático. Un estudio de caso

## Luciano Furtado Loubet

*Fiscal del MPMS. Director del Centro Ambiental. Doctorando y Master en Derecho Ambiental y Sostenibilidad por la Universidad de Alicante, España. Vicepresidente de ABRAMPA. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Ministerios Públicos Ambientales.*

## Lívia Barbosa Giurizzatto

*Analista Medioambiental. Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Estudiante de posgrado en Geoprocésamiento en la PUC Minas.*

## João Onofre Pereira Pinto

*Investigador senior en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, Knoxville, TN, EE. UU. Master en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Federal de Uberlândia y Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Tennessee en Knoxville, EE.UU.*

## Fernando Silva Bernardes

*Coordinador de Proyectos Especiales y Consultoría Ambiental del Tribunal de Cuentas del Estado de Mato Grosso do Sul. Maestría en Tecnologías Ambientales y Doctorado en Saneamiento Ambiental y Recursos Hídricos, ambos por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul.*

## Raymundo Cordero García

*Profesor e investigador en la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul – Brasil. Graduación en Ingeniería Electrónica. Maestría en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul. Doctorado en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Federal de Río de Janeiro. Posee publicaciones relacionados a teoría de control, instrumentación e inteligencia artificial.*

## I. Introducción<sup>1</sup>

La realidad actual del cambio climático, atestiguada por la comunidad científica, plantea a la humanidad un reto sin precedente histórico, el cual exige el esfuerzo conjunto de todos para intentar reducir sus consecuencias.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> En este trabajo, el símbolo de coma (",") es usado para separar la parte entera de la decimal de los números utilizados en las fórmulas matemáticas.

<sup>2</sup> Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press. 2001. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI\\_TAR\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf). Consultado el: 13 de marzo de 2021; Panel Intergubernamental sobre el

si no se toman medidas rápidamente, el calentamiento global puede provocar catástrofes climáticas, desestabilización en los períodos de lluvias y sequías, aumento del nivel del mar, daños a la agricultura, peligros para el ecosistema y la biodiversidad, poniendo así en riesgo la seguridad alimentaria y produciendo el avance de la pobreza. Para cambiar este escenario, el IPCC sugiere, por ejemplo, cambiar las fuentes de energía, desarrollar tecnologías para la eliminación del dióxido de carbono, efectuar cambios en el sistema de producción, reducir la deforestación/aumentar la reforestación y también reducir el desperdicio de residuos orgánicos.

La reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es una de las estrategias de mitigación que deben adoptarse para que, sin comprometer la calidad de vida, el inevitable aumento de la temperatura del planeta sea el menor posible.

La emisión de metano, resultante de la descomposición de los residuos sólidos urbanos, es uno de los principales factores responsables del calentamiento global, ya que este gas contribuye al fenómeno 25 veces más que el dióxido de carbono. Por lo tanto, la estrategia de reajustar el destino final de estos materiales, sustituyendo los actuales e ilegales vertederos por rellenos sanitarios, también debe ser analizada desde la perspectiva de su contribución a la mitigación del cambio climático, sin mencionar otras innumerables ventajas como la reducción de los riesgos para la salud, la disminución de la contaminación del suelo, del subsuelo y de las aguas subterráneas, entre otras.

El Ministerio Público tiene la misión cons-

titucional (art. 129, III) de proteger el medio ambiente e, históricamente, viene actuando en la búsqueda del fin de los vertederos. En todo el territorio nacional, abundan ejemplos de la actuación de miembros de esta institución en el sentido de, a través de la aplicación de la legislación, implementar iniciativas para la mejora de la gestión de residuos sólidos. En especial, a través de la implantación de rellenos sanitarios.

Este trabajo pretende presentar brevemente la regulación referente sobre los residuos sólidos, (con especial atención a la disposición adecuada y final) y también sobre los cambios climáticos, en los ámbitos nacional e internacional, pero también narrar la experiencia de Mato Grosso do Sul del proyecto Residuos Sólidos - Disposición Legal. A través de esfuerzos conjuntos del Ministerio Público del Estado, el Tribunal de Cuentas y el Instituto de Medio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) fue posible, en cinco años, reducir del 80% al 20% el número de municipios con vertederos ilegales.

A partir de esta experiencia, se realizará una revisión de las metodologías de emisión de GEI para vertederos en comparación con los rellenos sanitarios, así como la emisión debida a la transferencia de residuos a otros lugares. En varios municipios –siguiendo las directrices de la Ley de Residuos Sólidos (Ley Federal N° 12.305/10), que preconiza soluciones consorciadas o compartidas (art. 11, párrafo único)– la solución fue la adopción de rellenos sanitarios mayores que satisfagan las necesidades de varias ciudades.

Con eso, buscamos demostrar cómo la acción del Ministerio Público del Estado en el fin de los vertederos estatales ha contribuido para que Brasil alcance sus metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

---

Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C. 2018. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf). Consultado el: 13 de marzo de 2021.

## II. Normativa sobre residuos sólidos en Brasil y en Mato Grosso do Sul - destino y disposición final adecuada

El principal instrumento normativo brasileño que trata de residuos sólidos es la Ley Federal N° 12.305/10, que estableció la Política Nacional de Residuos Sólidos y trae numerosos conceptos importantes. Para fines de este texto, los principales -incluidos en el art. 3 de la ley- son:

a) Residuo sólido: material, sustancia, objeto o bien desechado, resultante de las actividades humanas en sociedad, cuyo destino final se realiza, se propone realizar o se requiere realizar, en estado sólido o semisólido, así como gases contenidos en recipientes y líquidos cuyas características hagan inviable su descarga en el alcantarillado público o cuerpos de agua, o requieran soluciones técnica o económicamente inviables a la vista de la mejor tecnología disponible;

b) desecho: residuo sólido que, una vez agotadas todas las posibilidades de tratamiento y valorización mediante procesos tecnológicos disponibles y económicamente viables, no presenta otra posibilidad que la eliminación final ambientalmente adecuada;

c) destino final adecuado: destino de los residuos que incluye la reutilización, reciclaje, compostaje, valorización y aprovechamiento energético u otros destinos permitidos por los órganos competentes del SISNAMA (Sistema Nacional de Medio Ambiente), del SNVS (Sistema Nacional de Vigilancia Sanitaria) y de SUASA (Sistema Unificado de Atención a la Sanidad Agropecuaria), incluyendo el descarte final, observando normas operativas específicas para evitar daños o riesgos a la salud y seguridad públicas y minimizar impactos ambientales adversos;

d) eliminación final adecuada: la distribución ordenada de los residuos en vertederos, observando normas de funcionamiento es-

pecíficas para evitar daños o riesgos para la salud y la seguridad públicas y minimizar los impactos ambientales adversos.

En resumen, los "residuos sólidos" son los materiales desechados resultantes de las actividades humanas y deben tener un "destino" adecuado, que será la reutilización, el reciclado, el compostaje, la valorización o el aprovechamiento energético. Los "desechos", en cambio, son residuos sólidos que no pueden ser tratados ni valorizados y que, por tanto, deben tener un "destino adecuado" en vertederos.

Nótese que, como señala Lemos (2014), esta conceptualización es dinámica, ya que, con las nuevas tecnologías disponibles, algo que actualmente es considerado residuo, por no ser reciclable o por no tener tratamiento, puede que en el futuro no sea considerado residuo. Además, cabe destacar que la Ley N° 12.305/2010 estableció un orden de no generación, reducción, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final de residuos. En los términos que propone Serra (2015, 148), este orden "no tiene un carácter meramente programático o de ejecución voluntaria. No se trata, por tanto, de un placebo legislativo, sino de una exigencia legal que reclama una aplicación efectiva".

A partir de estos conceptos, ya es posible verificar que el envío de residuos sólidos a los rellenos sanitarios es totalmente incoherente con la Política Nacional. Por lo tanto, es obligación del Gobierno implementar la recolección selectiva, entendida como la "recolección de residuos sólidos previamente segregados de acuerdo con su constitución o composición".

Si el descarte de materiales reciclables es ilegal, ya que va en contra de la obligación de disposición final ambientalmente adecuada, mucho más lo es enviar residuos o desechos a los miles de vertederos que aún existen en Brasil. Según una encuesta realizada por la Asociación Brasileña de Empresas de Limpie-



za Pública y Residuos Especiales (Abrelpe), hay más de 3 mil vertederos ilegales en Brasil<sup>3</sup>. Este escenario contradice directamente la Ley de Residuos, que prohíbe expresamente la eliminación de residuos al aire libre: "Están prohibidas las siguientes formas de destino o eliminación final de residuos sólidos o desechos (...); II - Liberación natural al aire libre, a excepción de los residuos mineros".

En este sentido, cabe señalar que, además de todo, la presencia de estos vertederos se considera un delito de contaminación ambiental calificado, punible con prisión de uno a cinco años en los términos del artículo 54 de la Ley de Delitos Ambientales (Ley Federal N° 6.605/98). Esta norma establece que es crimen causar contaminación de cualquier naturaleza en niveles que resulten o puedan resultar en daños a la salud humana o causar la muerte de animales o destrucción significativa de la flora, calificando la conducta cuando ocurre por la disposición de residuos sólidos en violación de los requisitos establecidos en leyes o reglamentos. Un ejemplo de esto se puede encontrar en la condena del Tribunal de Justicia del Estado de Minas Gerais a un ex-alcalde municipal que instaló un depósito de basura urbana en un lugar inadecuado, entendiendo que "si hay daño al ciclo vital humano y animal, se perfecciona el tipo penal prescrito en el artículo 54 de la Ley 9.605/98"<sup>4</sup>,

3 Brasil. Tribunal Federal de Cuentas. *Brasil tiene casi 3.000 vertederos en 1.600 ciudades, según informe*. TCU Sustentável / Adgedam, 2018. Disponible en: [https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F6621B535016630E3A8E85773#:~:text=O%20Brasil%20tem%20quase%203,e%20Res%C3%ADduos%20Especiais%20\(Abrelpe\).&text=Segundo%20os%20dados%20da%20Abrelpe,s%C3%B3%2059%25%20usam%20aterros%20adequados](https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F6621B535016630E3A8E85773#:~:text=O%20Brasil%20tem%20quase%203,e%20Res%C3%ADduos%20Especiais%20(Abrelpe).&text=Segundo%20os%20dados%20da%20Abrelpe,s%C3%B3%2059%25%20usam%20aterros%20adequados). Fecha de consulta: 13 de marzo de 2021.

4 Ley N° 9.605, del 12 de febrero de 1998. Establece sanciones penales y administrativas derivadas de conductas y actividades perjudiciales para el medio ambiente y dicta otras disposiciones. [S. l.], 26 de enero de 2021.

y la condena es obligatoria".

En el territorio de Mato Grosso do Sul, la presencia de vertederos está prohibida al menos desde 1992. Además, en la Ley Estadual N° 1293/92 (Código Sanitario)<sup>5</sup>, el artículo 77 prohíbe la disposición a cielo abierto y el artículo 80 determina que el "suelo podrá ser utilizado para la destinación final de basura o residuos sólidos, siempre que su disposición sea hecha a través de rellenos sanitarios, u otras técnicas, siempre que sean aprobadas por los órganos de Salud y Medio Ambiente". En estos términos, desde cualquier punto de vista, se verifica la total ilegalidad de la conducta aún común en Brasil y también en parte de Mato Grosso do Sul: la disposición y/o eliminación de residuos a cielo abierto en vertederos.

### III. Breves consideraciones sobre la legislación relativa al cambio climático: las CPDN en Brasil y la cuestión de las emisiones procedentes del tratamiento de residuos sólidos

La gran preocupación por el problema mundial del cambio climático llevó a la comunidad internacional a debatir y buscar soluciones, además de adoptar medidas, para hacer frente al problema. Así, surgió la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) como instrumento global, que adoptó los siguientes principios:

(a) la protección del sistema climático debe llevarse a cabo en beneficio de las gene-

Disponible en: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Consultado el: 10 de marzo de 2021.

5 Mato Grosso do Sul. Ley N° 1293, del 21 de septiembre de 1992. Dispone sobre el Código Sanitario del Estado de Mato Grosso do Sul y dicta otras disposiciones. Disponible en: <http://www.campogrande.ms.gov.br/se-madur/downloads/lei-mun-129392-codigo-sanitario-ms/>. Consultado el: 13 de marzo de 2021.

raciones presentes y futuras sobre la base de la equidad intra e intergeneracional;

(b) la responsabilidad histórica de las emisiones y la capacidad de hacer frente a los efectos adversos del calentamiento global imponen responsabilidades comunes pero diferenciadas;

(c) deben adoptarse medidas de precaución para predecir, evitar o minimizar las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos, con independencia de la plena certeza científica;

(d) se garantiza a todas las partes el derecho al desarrollo sostenible y el deber de promoverlo, adaptando las políticas y medidas nacionales a las condiciones específicas de cada país;

(e) es necesaria la cooperación internacional para promover un sistema económico internacional que propicie el crecimiento económico sostenible y el desarrollo de todas las partes, en particular de los países en desarrollo.

La FCCC adoptó, en su artículo 4, obligaciones divididas en dos: a) a todas las partes (a.1) elaborar inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero y (a.2) aplicar programas nacionales con medidas de mitigación y adaptación al cambio climático; b) a los países desarrollados (b.1) reducir las emisiones de GEI para el año 2000 a los niveles de 1990 y (b.2) transferir recursos tecnológicos y financieros a los países en desarrollo (Passos 2018, 19).

La CMCC tiene la posibilidad de generar los llamados "instrumentos conexos" y efectivamente ha generado dos principales: el Protocolo de Kioto (1997) y el Acuerdo de París (2015) (Passos 2018, 19). A efectos de este artículo, el instrumento que tiene más centralidad es el Acuerdo de París, que se diferencia de Kioto principalmente porque impone obligaciones a todos los países. Estas se describen a través de las CPDN (Contribuciones Previsas y Determinadas a Nivel Nacional).

Además de otras iniciativas relacionadas con el cambio climático, como sumideros y

medidas de adaptación, las INDC (Contribución prevista y determinada a nivel nacional o *Intended Nationally Determined Contributions*) son los compromisos, dentro del Acuerdo de París, que los países presentan como intenciones para reducir las emisiones de GEI dentro de su realidad. En el caso de Brasil, las metas globales presentadas son, teniendo en cuenta los niveles existentes en 2005, la reducción del 37% (para 2025) y del 43% (para 2030)<sup>6</sup>.

A nivel nacional, el instrumento normativo más completo sobre el tema es la Ley Federal N° 12.187/2009 (Política Nacional de Cambios Climáticos - PNMC)<sup>7</sup>, que trae importantes conceptos como "mitigación" (cambios tecnológicos y sustituciones que reduzcan el uso de recursos y emisiones por unidad de producción, así como la implementación de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar los sumideros) y "adaptación" (iniciativas y medidas para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos a los efectos actuales y esperados del cambio climático), entre otros.

Por otro lado, el PNMC propone, entre otros objetivos, la reducción de las emisiones humanas de gases de efecto invernadero respecto a sus diferentes fuentes<sup>8</sup> pero también toma, entre otras directrices, los compromisos asumidos por Brasil en la

6 Brasil. *Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional para alcanzar el objetivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 2015. Disponible en: <https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/brasil-indc-portugues.pdf>. Consultado el: 12 de marzo de 2021.

7 Ley N° 12.187/2009. Instituye la Política Nacional sobre Mudanza del Clima - PNMC y otras disposiciones. 2009. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm). Consultado el: 12 de marzo de 2021.

8 *Ibidem*, art. 4, I.

Convención Marco<sup>9</sup>, incluyendo acciones de mitigación<sup>10</sup>. Además de eso, establece como instrumento las "medidas existentes, o a ser creadas, que estimulen el desarrollo de procesos (...) que contribuyan para la reducción de las emisiones"<sup>11</sup>.

En este contexto, se debe verificar, en la cuestión del tratamiento de residuos sólidos, si la reducción de emisiones de GEI puede ser contabilizada para cumplir con la legislación nacional y los acuerdos internacionales. En el escenario legal nacional, con base en las disposiciones mencionadas, no hay duda de que tales reducciones de emisiones están en consonancia con la Ley Federal N° 12.187/09. En cuanto a los compromisos internacionales, las CPDN brasileñas relacionadas con el Acuerdo de París prevén acciones centradas en el aumento de la bioenergía en el sector forestal y en el cambio de uso del suelo en los sectores agrícola, industrial, energético y de transportes.

Sin embargo, según el criterio de los autores, nada impide que también se contabilicen otras medidas adicionales de reducción de emisiones de gases, entre otras cosas porque se afirma que "todas las políticas, medidas y acciones para implementar las INDC de Brasil se realizan en el marco de la Política Nacional de Cambios Climáticos", y esta disposición legal determina que se considera mitigación cualquier "implementación de medidas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenten los sumideros"<sup>12</sup>. Por lo tanto, sería contrario al principio de razonabilidad que sólo se mencionaran expresamente las reducciones resultantes de las CPDN.

Así, es posible entender que las iniciativas mencionadas en las INDC de Brasil son una

lista de ejemplos, lo que significa que otras pueden y deben ser añadidas. Esta práctica ya ha sido adoptada, incluso en la cuestión de los residuos sólidos, con base en el Decreto Federal N° 9.578/2018, que prevé expresamente el tratamiento de residuos como uno de los factores a ser tomados en cuenta en las proyecciones de emisiones de GEI<sup>13</sup>.

Así, no hay duda de que cualquier reducción de emisiones de GEI resultante del tratamiento de residuos sólidos -además de contribuir materialmente a la mitigación del problema a nivel global- servirá, formalmente, dentro de los marcos legales nacional e internacional, es decir como demostración de que Brasil está siguiendo las disposiciones legales derivadas de la regulación jurídica de los cambios climáticos.

#### **IV. Actuación del Ministerio Público de Mato Grosso do Sul en la extinción de vertederos<sup>14</sup>**

Previamente, hemos tratado de establecer las premisas generales de cómo la legislación regula el destino y la disposición final de los

13 Brasil. Decreto federal N° 9.578/2018. Consolida actos normativos editados por el Poder Ejecutivo federal que disponen sobre el Fondo Nacional de Cambios Climáticos, referido en la Ley N° 12.114, del 9 de diciembre de 2009 y la Política Nacional de Cambios Climáticos, referida en la Ley N° 12.187, del 29 de diciembre de 2009. Art. 18, IV. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm)

14 El presente apartado es un resumen del artículo de Loubet, Bernardes y Barros "Proyecto Residuos Sólidos: disposición legal - la acción articulada del Ministerio Público del Estado, Tribunal de Cuentas y el Instituto de Medio Ambiente en la búsqueda de la extinción de los vertederos en Mato Grosso do Sul", publicado en 2017 en la revista del Consejo Nacional del Ministerio Público, que abordó excelentes experiencias en el tema de la sostenibilidad. Disponible en: [https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2017/Publicacao\\_CTMA\\_final.pdf](https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2017/Publicacao_CTMA_final.pdf). Consultado el: 13 de marzo de 2021.

9 Ibidem, art. 5, I.

10 Ibidem, art. 5, II.

11 Ibidem, art. 6, XII.

12 Ibidem, art. 2, VIII.

residuos y desechos, así como el hecho de la flagrante ilegalidad de los vertederos. Al mismo tiempo, hemos demostrado cómo se comportan los marcos jurídicos internacional y nacional en el contexto del cambio climático. A la luz de lo expuesto, pasamos a presentar brevemente la actuación histórica del Ministerio Público de Mato Grosso do Sul en la lucha por la extinción de los basurales, así como los resultados alcanzados.

Las acciones del MPMS en materia de extinción de vertederos son históricas y se remontan a más de 30 años. Como ejemplo, se puede citar la Acción Civil Pública distribuida 1990 (Nº 1990.00076820), cuando buscó la extinción del vertedero "laguna del cráter" en Campo Grande (Mato Grosso do Sul), y determinó la recuperación del área para el municipio. Otras y numerosas demandas fueron presentadas en la década de 1990, en varios municipios, buscando la implantación de vertederos sanitarios, así como muchos Acuerdos de Adecuación de Conducta. En una encuesta realizada en 2015, el 90% de los municipios del estado tenían algún tipo de juicio o procedimiento extrajudicial (investigaciones civiles, procedimientos administrativos, etc.) para tratar el tema.

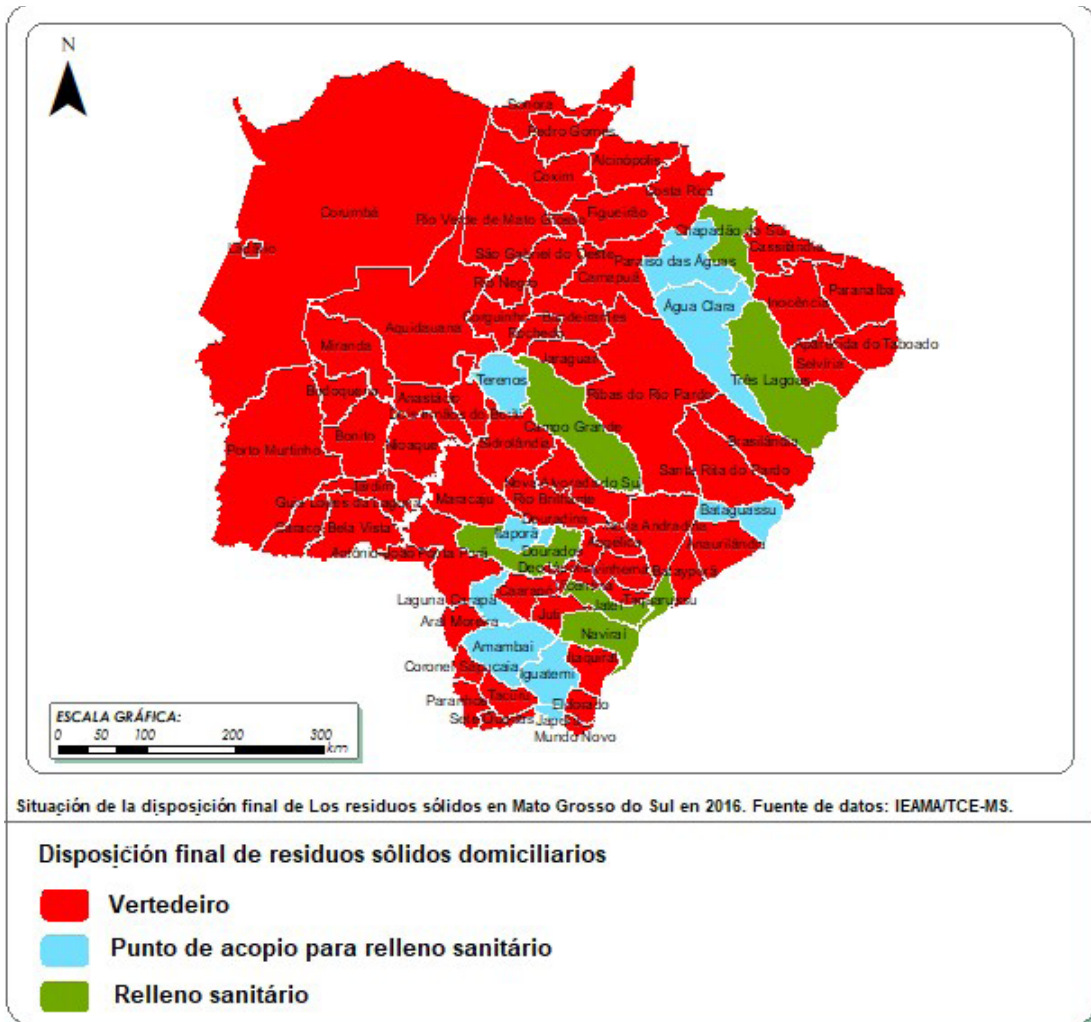
Sin embargo, a pesar de todas estas iniciativas, la encuesta mencionada anteriormente indicó que el 80% de los municipios tenían vertederos ilegales, razón por la cual, en un esfuerzo conjunto entre el MPMS, el Tribunal de Cuentas y la agencia estatal de medio ambiente (IMASUL), se creó el Programa de Residuos Sólidos: Disposición Legal. Reuniendo a esas instituciones y a los municipios, el proyecto elaboró diagnósticos y analizó los costos de los servicios relacionados con el tema, relevando la situación legal de cada localidad. A partir de ahí, emprendió la ejecución de acuerdos colectivos (por región) e individuales (por municipio), para la implementación de la Política Nacional de Residuos Sólidos.

Partiendo de la premisa de que el costo de los rellenos sanitarios individuales es muy alto -el tratamiento de 10 toneladas es prácticamente el mismo con respecto al de 100- y que los mayores costos de un relleno sanitario, diluidos en un horizonte de 20 años, no son los de su construcción, sino los de su operación<sup>15</sup>, se optó por soluciones consorciadas o compartidas, siguiendo lo previsto en la Ley Federal Nº 12.305/2010<sup>16</sup>. En este mismo sentido, Paulo Nascimento Neto señala que "las ganancias de escala potencializadas por la compartición de instalaciones son innegables, donde se comprueba que los costos per cápita de las inversiones para la instalación de Rellenos Sanitarios son inversamente proporcionales al número de habitantes atendidos" (Neto 2013, 224).

La situación del Estado respecto a la disposición de residuos sólidos en los 79 municipios de Mato Grosso do Sul, antes de las acciones del Ministerio Público, era la siguiente:

15 Mato Grosso do Sul. Tribunal de Contas. Indicadores de residuos sólidos nos municípios de MS. Campo Grande: TCE-MS / ESCOEX, 2016. 168p. Disponible en: [http://www.escoex.ms.gov.br/escoex/Arquivos/Publicacoes/residuos\\_solidos\\_2016\\_st5.pdf](http://www.escoex.ms.gov.br/escoex/Arquivos/Publicacoes/residuos_solidos_2016_st5.pdf). Consultado el: 11 de marzo de 2021.

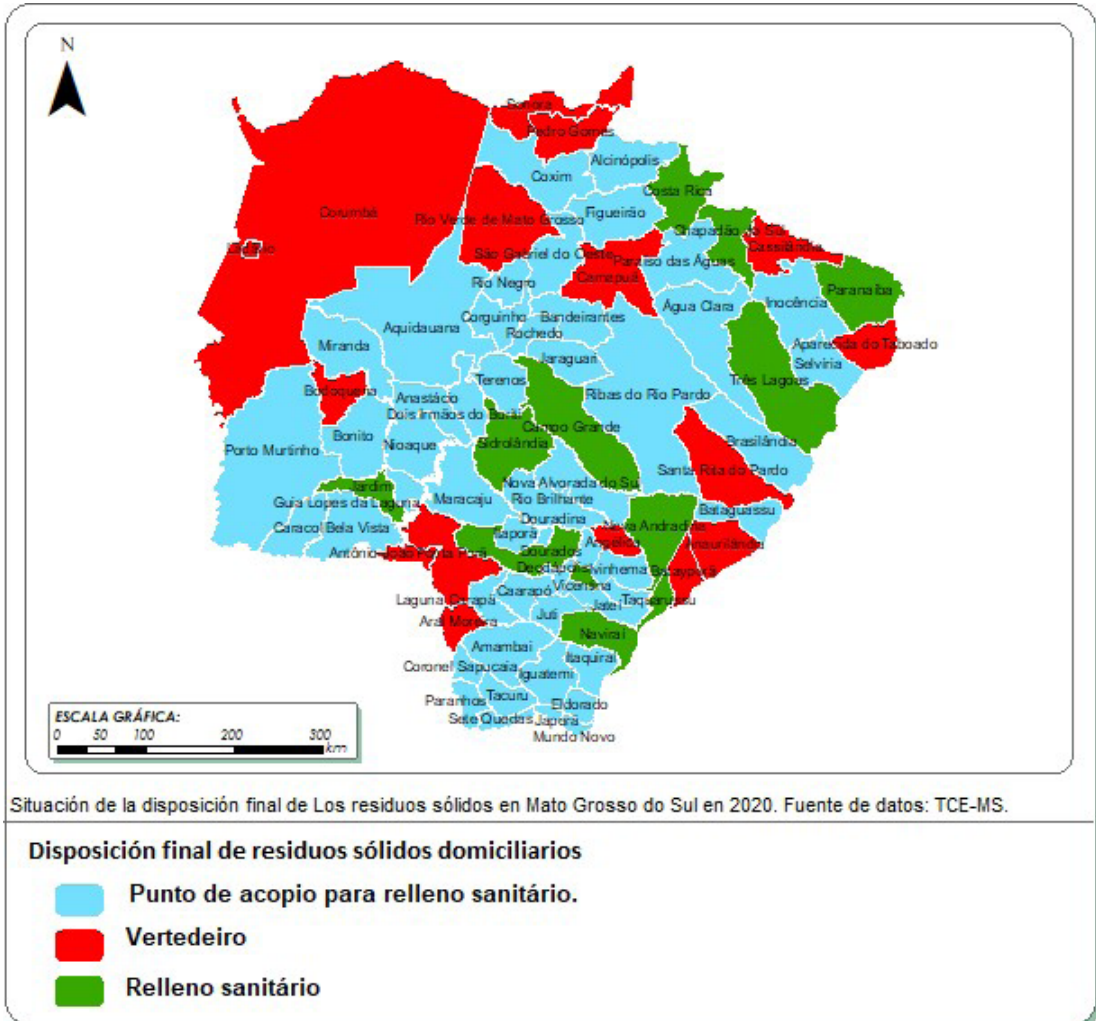
16 Ley Nº 12.305/2010. Establece la Política Nacional de Residuos Sólidos; modifica la Ley Nº 9.605, del 12 de febrero de 1998; y dicta otras disposiciones. Artículo 11, párrafo único. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Consultado el: 13 de marzo de 2021.



Situación de la disposición final de Los residuos sólidos en Mato Grosso do Sul en 2016. Fuente de datos: IEAMA/TCE-MS.

Figura 1. Situación de la disposición de residuos sólidos antes de la actuación del Ministerio Público. Fuente: Autores (2021).

En cinco años, la situación en el estado cambió y pasó a ser la siguiente:



Situación de la disposición final de Los residuos sólidos en Mato Grosso do Sul en 2020. Fuente de datos: TCE-MS.

Figura 2. Situación de la disposición de residuos sólidos después de la acción del Ministerio Público. Fuente: Autores (2021).

Se puede ver, por lo tanto, que las acciones del programa han contribuido significativamente a mejorar la situación de la disposición final adecuada en los 79 municipios de Mato Grosso do Sul, ya que en cinco años hubo una reducción de 63 (80%) a 16 (20%) municipios con vertederos ilegales.

## V. Revisión de las metodologías para las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de vertederos y escombreras

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por el tratamiento de residuos, líquidos o sólidos, se divide en tres subsectores: eliminación, tratamiento de efluentes (domésticos e industriales) e incineración. En Brasil, en 2016, este sector representó el 5% de las emisiones. En el mismo año, el aumento de la liberación de CO<sub>2</sub> fue del 1,5% en relación con el crecimiento demográfico del país y la disminución de las emisiones de metano recuperado en los vertederos. Como resultado, hubo una reducción del 8,9% en las emisiones totales de este último gas, que representa el 50% de las liberaciones en la eliminación de residuos sólidos<sup>17</sup>.

El método utilizado fue desarrollado teniendo como objeto de estudio los vertederos y rellenos sanitarios localizados en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Según datos del IBGE, la región tiene 357.145,534 km<sup>2</sup> y una población estimada de 2.809.394 habitantes distribuidos en 79 municipios. Después de la actuación del Ministerio Público, 45 de ellos,

o sea, 56,96%, pasaron a hacer la disposición adecuada de los residuos sólidos.

Se realizó un estudio bibliográfico respecto a los métodos y modelos matemáticos del potencial de generación de biogás en vertederos y escombreras existentes. Con esto, se identificó que los más aceptados en la literatura son los propuestos por el Banco Mundial, IPCC y USEPA (Monteiro et al 2018, 1-7). Estos modelos utilizan como parámetros de entrada:

- Masa de residuos que entran en el vertedero cada año;
- Tiempo de actividad del vertedero y/o tras el cierre;
- Tasa de generación de metano (k);
- Potencial de generación de metano (L<sub>0</sub>).

$k = [0,03 \ 0,20]$  (año<sup>-1</sup>) - se determina en función de la humedad y el tipo de residuo, la disponibilidad de nutrientes para el proceso anaeróbico, el pH y la temperatura. El valor límite inferior de 0,03 se aplica a la descomposición más lenta (23 años), que se produce en materiales secos como la madera y el papel. El valor límite superior de 0,2, por su parte, se aplica a la descomposición más rápida (3 años), que se produce en materiales ricos en materia orgánica como los restos de comida (Silva 2015).

$L_0 = [5 \ 310]$  (m<sup>3</sup> / t) - la constante que determina la cantidad de metros cúbicos de metano por tonelada de residuo varía con el tipo de residuo, siendo mayor cuanto mayor es la tasa de materia orgánica presente (Silva 2015).

### V. a) Modelo utilizado por el Banco Mundial

El modelo utilizado por el Banco Mundial (Conestoga-Rovers & Associates 2004, 236), *Scholl Canyon*, es un modelo cinético de primer orden. Asume que hay una fracción constante de material biodegradable en el vertedero por unidad de tiempo. El modelo también predice la producción de gas durante

17 Brasil. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones. Secretaría de Políticas de Formación y Acciones Estratégicas. Estimativas anuales de emisiones de gases de efecto invernadero en Brasil / Coordinación General del Clima. -- 5. ed. - Brasília: Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones, 2019. Disponible en: [https://issuu.com/mctic/docs/livro\\_estimativas\\_anuais\\_de\\_emissoes\\_de\\_gases\\_de\\_e](https://issuu.com/mctic/docs/livro_estimativas_anuais_de_emissoes_de_gases_de_e). Consultado el: 13 de marzo de 2021.

un periodo de tiempo en función de los parámetros  $k$  y  $L_0$ , además de registros históricos de vertido de residuos y proyecciones de vertidos futuros en el vertedero (Conestoga-Rovers & Associates 2004, 236).

$$Q_{CH_4} = k \times L_0 \times M_i \times e^{-k \times t} \quad \text{Eq. 1}$$

Siendo:

$Q_{CH_4}$  = metano producido en el año  $i$  a partir de la sección  $i$  de los residuos ( $m^3$  /año);

$k$  = constante de generación de metano (año)<sup>-1</sup>

$L_0$  = potencial de generación de metano ( $m^3$  /t);

$M_i$  = masa de residuos eliminados en el año  $i$  (t/año);

$t$  = tiempo (años).

Las principales ventajas de este método son su aceptación en América del Norte y del Sur, así como su utilización para análisis por parte de instituciones financieras interesadas en apoyar proyectos de vertederos en América del Norte y América Latina y el Caribe. También es fácil obtener datos para su cálculo (Pedot 2014,195/211). Sus desventajas están en la menor conservación respecto a los tipos de residuos depositados, la no adecuada representación de los sistemas activos y la no consideración de las incertidumbres paramétricas (Pedot 2014,195/211).

## V. b) Modelos utilizados por el IPCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (Eggleston et al 2006), un grupo internacional de exper-

tos en clima, describe dos métodos para estimar las emisiones de metano de los vertederos: el método simplificado y el método de descomposición de primer orden. El método simplificado supone que todo el metano potencial se libera durante el primer año de eliminación final.

$$CH_4 \left( \frac{t}{\text{año}} \right) = \left( RSU_T \times RSU_f \times L_0 - R(t) \right) \times (1 - OX) \quad \text{Eq. 2}$$

El método de descomposición de primer orden, en cambio, tiene en cuenta el tiempo transcurrido de las emisiones y aproxima mejor el proceso de degradación de los residuos a lo largo del tiempo.

$$CH_{4\text{Gerado}} \left( \frac{t}{\text{año}} \right) = \sum [A \times k \times RSU_T(x) \times RSU_f(x) \times L_0(x) \times e^{-k(t-x)}] \quad \text{Eq. 3}$$

$$CH_{4\text{Emitido}} \left( \frac{t}{\text{año}} \right) = [CH_{4\text{Gerado}} - R(t)] \times (1 - OX) \quad \text{Eq. 4}$$

Siendo:

$t$  = año de realización del inventario;

$x$  = año de cotización (desde el inicio de la actividad hasta  $t$ );

$A = \frac{1-e^{-k}}{k}$  factor de normalización para corregir la suma;

$k$  = constante de generación, año<sup>-1</sup>;

$RSU_T(x)$  = total de RSU generados en el año  $x$ , t/año;

$RSU_f(x)$  = fracción de RSU depositada en el vertedero en el año  $x$ ;

$RSU_T(x) \times RSU_f(x)$  = masa de residuos eliminados en el año  $x$ , t/año;

$L_0$  = potencial de generación de metano (t CH<sub>4</sub> /t RSU).



$$L_0 = FCM(x) \times COD(x) \times \frac{COD_F \times F \times 16}{12} \quad \text{Eq. 5}$$

$R(t)$  = cantidad de metano recuperada en el año  $t$ ;

$OX$  = factor de oxidación (fracción);

$K = 0,05$  (si no está caracterizado);

$FCM(x)$  = factor de corrección del metano en el año  $x$ ;

$COD(x)$  = fracción de carbono orgánico degradable en el año  $x$  (t C/t RSU);

$COD_F$  = fracción de carbono orgánico degradable asimilado;

$F$  = fracción de metano en el gas de vertedero, a falta de datos usar  $F = 0,5$ ;

$\frac{16}{12}$  = conversión de carbono en metano.

Este modelo es más difícil de utilizar, ya que requiere datos más detallados. Sin embargo, está bien aceptado por las organizaciones internacionales en el cálculo de inventarios de GEI. Aunque es conservador en relación con los tipos de residuos depositados, contempla todos los tipos de eliminación (altura de la pendiente). Entre sus principales desventajas están la no aplicación a sistemas cerrados, la no consideración de factores climáticos y las incertidumbres, que varían del 20% al 50%, en los parámetros utilizados (Pedott 2014, 195/21).

### V. c) Modelo utilizado por USEPA

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA) propone dos modelos matemáticos para calcular los volúmenes de gases producidos, uno para los sistemas de eliminación de residuos sólidos no controlados (vertederos) y otro para la eliminación con un sistema de eliminación con-

trolado (vertederos sanitarios) (Borba 2006).

El método para los sistemas de vertido incontrolado es básicamente una ecuación cinética de primer orden, que puede utilizarse para calcular las emisiones de metano. Ha sido publicado por USEPA<sup>18</sup> en la *documentación del factor de emisión para AP-42 sección 2.4. Vertederos de Residuos Sólidos Municipales* y se basa en Land-Gem: *Landfill Gas Emission Model*. también publicado por la agencia.

$$Q_{CH_4} = L_0 \times R \times (e^{-k \times c} - e^{-k \times t}) \quad \text{Eq. 6}$$

Siendo:

$Q_{CH_4}$  = metano generado en el año  $t$ , ( $m^3/año$ );

$L_0$  = potencial de generación de metano por tonelada de residuos depositada, ( $m^3CH_4 / t$  de residuos);

$R$  = media anual de residuos que entran en el vertedero, ( $t/año$ );

$k$  = tasa de generación de metano, ( $año^{-1}$ );

$c$  = años desde el cierre,  $c = 0$  para los activos, (año);

$t$  = años transcurridos desde el inicio de la actividad, (año).

18 Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*. [S. l.], p. 01-48, mayo, 2005. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttn/catc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>. Consultado el 10 de marzo de 2021.

Para las situaciones en las que no existen datos ni mediciones de la liberación atmosférica de gases, se utilizan los coeficientes k y L<sub>0</sub>, definidos por la USEPA, que se presentan en el Cuadro 1. Básicamente, existen dos conjuntos de parámetros para regiones con diferentes precipitaciones: uno para regiones de área (precipitaciones anuales < 635mm) y otro para regiones convencionales (precipitaciones anuales > 635mm).

Cuadro 1. Valores de k y L<sub>0</sub> propuestos por USEPA

Precipitaciones anuales	Árido	Convencional
k	0,04	0,02
L <sub>0</sub>	100 m <sup>3</sup> /t	100 m <sup>3</sup> /t

Fuente: USEPA, 2005.

Si no se conoce la entrada media anual de residuos, es posible estimar este valor a partir de la ecuación 7 y la ecuación 8.

$$R = \frac{\text{Capacidad de aliviadero}}{n^{\circ} \text{ año sin funcionamiento}} \quad \text{Eq. 7}$$

$$\text{Capacidad} = \text{Área del aliviadero} \times \text{Altura de la pila} \times \text{Densidad del residuo} \quad \text{Eq. 8}$$

En los casos en que no se conozca la densidad de los residuos, puede utilizarse la densidad estimada, como se indica en el cuadro 2:

Cuadro 2. Estimación de la densidad de los residuos vertidos

Tipo de compactación	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Residuos compactados	635-831 (media 742)
Basura compactada degradada	1.0091.127(media 1.068)
Sin datos	688

Fuente: Borba, 2006.

Suponiendo que el metano y el dióxido de carbono sean los únicos gases emitidos debido a la degradación de residuos sólidos, si se conoce el porcentaje de cada uno en la emisión, utilizando la Ecuación 9, será posible estimar el volumen de dióxido de carbono liberado.

$$Q_{CO_2} = Q_{CH_4} \times \left( \left( \frac{1}{\left( \frac{(v)CH_4}{100} \right)} \right) - 1 \right) \quad \text{Eq. 9}$$

El modelo matemático propuesto en el cálculo de los sistemas de eliminación con control se presenta en la Ecuación 10 y tiene en cuenta dos aspectos importantes. En primer lugar, la eficiencia del sistema de captura, es decir, el modelo incorpora el hecho de que los sistemas no capturan el 100% del biogás, al fin y al cabo, parte de éste se emite directamente a la atmósfera. En los casos en los que no se conocen las eficiencias de los sistemas de captura, la USEPA<sup>19</sup> sugiere utilizar el 75%. En segundo lugar, también debe tenerse en cuenta la eficiencia del dispositivo de control o recuperación del gas de vertedero. Esto depende del tipo de sistema de control y/o dispositivo utilizado. En Cuadro 3.

Cuadro 4 se presentan valores típicos de estas eficiencias para distintos dispositivos de control.

19 Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. AP-42: Compilación de factores de emisión a la atmósfera. [S. l.], p. 2.4-6, agosto, 1998. Disponible en: [https://gaftp.epa.gov/ap42/ch02/s04/final/c02s04\\_aug1998.pdf](https://gaftp.epa.gov/ap42/ch02/s04/final/c02s04_aug1998.pdf). Consultado el 13 de marzo de 2021.

$$CM_{CH_4} = \left( Q_{CH_4} \times \left( 1 - \frac{\eta_{col}}{100} \right) + \left( Q_{CH_4} \times \frac{\eta_{col}}{100} \times \left( 1 - \frac{\eta_{cont}}{100} \right) \right) \right) \text{ Eq. 10}$$

Siendo:

$CM_{CH_4}$  = emisiones controladas de metano, (m<sup>3</sup>/año);

$Q_{CH_4}$  = emisiones incontroladas de metano obtenidas con la ecuación 6, (m<sup>3</sup>/año);

$\eta_{col}$  = eficiencia del sistema de captura, (valor sugerido = 75%);

$\eta_{cont}$  = eficacia del dispositivo de control, véase Cuadro 3.

$$CM_{CO_2} = Q_{CO_2} + \left( \frac{Q_{CH_4} \times n_{col}}{100} \times 2,75 \right) \text{ Eq. 11}$$

Siendo:

$CM_{CO_2}$  = emisiones controladas de CO<sub>2</sub>, (m<sup>3</sup>/año);

$Q_{CO_2}$  = emisiones incontroladas de CO<sub>2</sub> obtenidas con la ecuación 9, (m<sup>3</sup>/año);

$\eta_{col}$  = eficiencia del sistema de captura, 75% (valor sugerido);

2,75 = relación del peso molecular del CO<sub>2</sub> y del CH<sub>4</sub>.

Cuadro 3. Eficiencia del sistema de control ( $\eta_{cont}$ )

Dispositivo de control	Contaminante	$\eta_{cont}$ (%)	Factor Calidad
Quemador	COV	99,2	B
Motores de combustión interna	COV	97,2	E
Caldera	COV	98,0	D
Turbina de gas	COV	94,4	E

Fuente: Borba, 2006.

Cuadro 4. Códigos de calidad de los factores de emisión

Tipo de factor	Factor Calidad
A	EXCELENTE
B	MEDIO - ALTO
C	MEDIO - ALTO
D	MEDIO - BAJO
E	BAJA

Fuente: Borba, 2006.

Este modelo requiere, como datos de entrada, el historial de deposición, incluyendo la cantidad de residuos depositados y la fecha de apertura del vertedero. Predice la disminución exponencial de la producción de biogás debido al consumo de la parte de materia orgánica presente en los residuos en esta producción (Silva 2015).

#### 5.d) Emisiones de transbordo

Considerando que muchos de los municipios de Mato Grosso do Sul que eliminaron sus vertederos pasaron a transbordar residuos para otros municipios, en rellenos sanitarios regionales (públicos en consorcio o privados), fue necesario estimar el aumento de emisiones debido a los viajes con la finalidad de transbordo, o sea, las emisiones realizadas por los camiones utilizados. Para estimar el volumen de CO<sub>2</sub>

emitido en este contexto, se utilizó el modelo propuesto por el IPCC y aplicado en el *Primer Inventario Brasileño de Emisiones Antrópicas de Gases de Efecto Invernadero: Informes de Referencia*, elaborado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en 2006<sup>20</sup>. Según el inventario, el transporte pesado por carretera utiliza principalmente gasoil, por lo que las estimaciones de emisiones de gases se limitaron a las derivadas de la combustión de este producto químico.

Para aplicar el cálculo se necesitan las distancias recorridas desde la estación de transbordo hasta el vertedero, el consumo de gasoil de los vehículos y el factor de emisión.

$$E_t = \text{ConDiesel}_t \times FE \quad \text{Eq. 12}$$

Siendo:

$E_t$  = Las emisiones para el año  $t$ ;

$\text{ConDiesel}_t$  = Consumo de diesel en el transporte terrestre en el año  $t$ ;

$FE$  = Factor de emisión de gas\*.

## VI. Caso práctico

Durante una acción del Ministerio Público del Estado de Mato Grosso do Sul, se desactivaron varios vertederos para que se implantaran rellenos sanitarios regionales. De los 79 municipios del estado, 62 disponían los residuos domésticos en vertederos, 7 en rellenos sanitarios propios y 10 los transferían a rellenos sanitarios privados (Figura 1). Después

de la acción del MP, 45 vertederos municipales fueron desactivados y los residuos pasaron a ser depositados en 7 vertederos regionales, distribuidos en 6 municipios (Figura 2). Los otros 3 vertederos existentes en el estado reciben residuos del propio municipio.

Con la implantación de los vertederos regionales, los municipios pasaron a transportar los residuos sólidos a los vertederos sanitarios con mejor viabilidad (Figura 3). Por lo tanto, hay una emisión de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustible de los camiones utilizados en los transbordos.

20 BRASIL. Ministerio de Ciencia, Tecnología. Primer inventario brasileño de emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético. Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2006. Disponible en: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/52.pdf>. Consultado el: 13 de marzo de 2021.

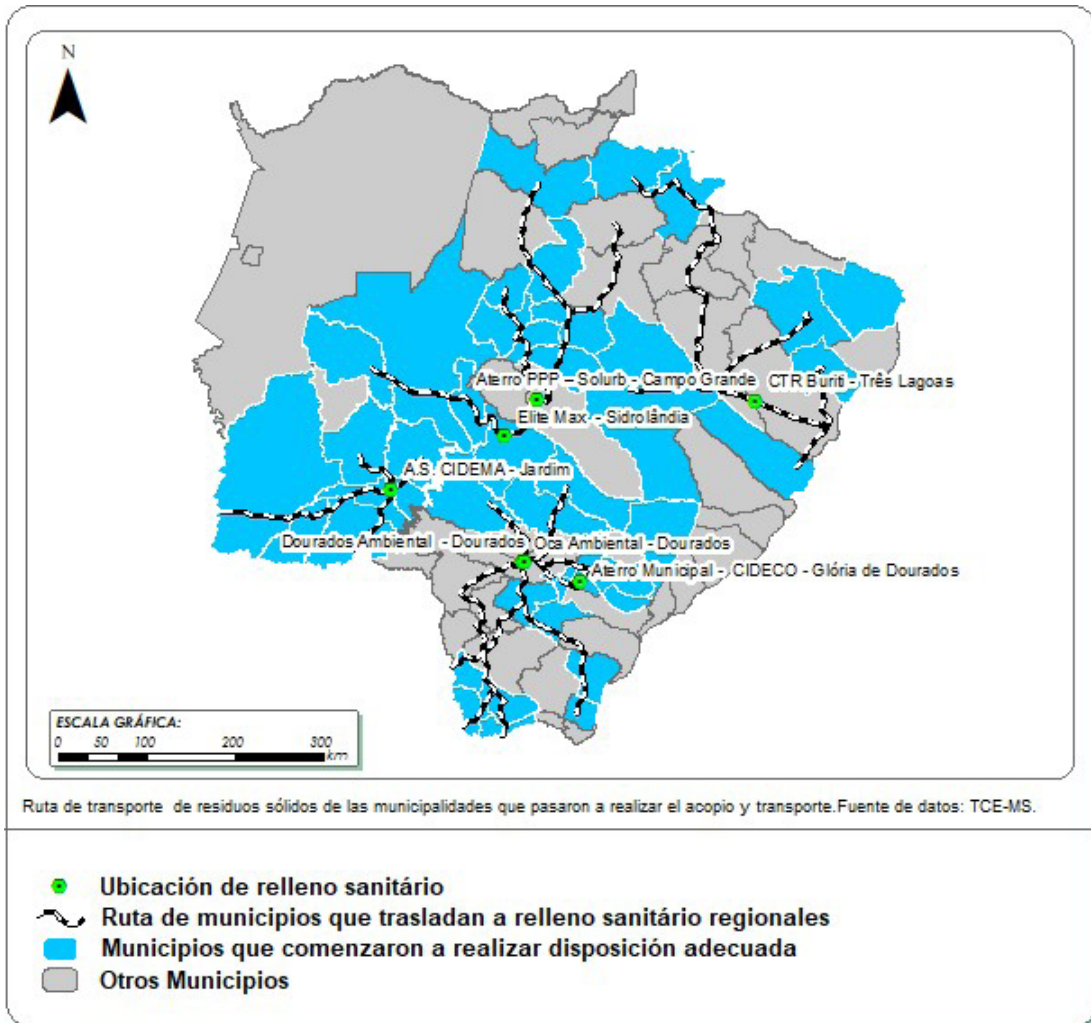


Figura 3. Ruta de transporte de residuos sólidos de los municipios que tuvieron vertederos desactivados después de la acción del Ministerio Público y pasaron a hacer transbordo para rellenos sanitarios regionales. Fuente: Autores (2021)

Después de analizar estos modelos más utilizados, se buscaron datos secundarios para estimar la generación de residuos sólidos en los municipios de Mato Grosso do Sul. Este levantamiento fue realizado por el Ministerio Público y presentado en el *Informe General del Estado de Mato Grosso do Sul, Valoración del Daño Ambiental por la no Implantación de la Logística Inversa de Embalajes*. Con base en estos datos (Cuadro 5), de acuerdo con la composición de los residuos generados en cada municipio, fue posible calcular la emisión de gases atmosféricos durante el proceso de descomposición.

Cuadro 5. Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados por los municipios del estado de Mato Grosso do Sul

Tipo de residuos	Cuantificación %
Plástico	16,73
Vidrio	2,36
Aluminio	0,62
Acero	0,95
Papel/Cartulina	10,90
Ecológico	51,84
Desecho	16,60
Total	100,00

Fuente: Informe General del Estado de Mato Grosso do Sul, 2017.

Debido a los datos disponibles para este estudio, se eligió el método de la USEPA. El primer paso fue la recopilación de la información necesaria para realizar los cálculos. Sólo se incluyeron en el análisis los municipios que empezaron a eliminar residuos de forma correcta tras la actuación del MP-MS y que disponían de datos evaluados por el TCE-MS. Como no se sabe con certeza el año en que se implantaron los vertederos municipales, a efectos comparativos se hizo una simulación de cuánto CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> se emitiría si los residuos se hu-

bieran depositado tanto en vertederos como en vertederos recién abiertos. También se tuvo en cuenta la fecha de inicio de la eliminación adecuada de residuos de cada uno de ellos.

Los índices pluviométricos y la tasa de generación de metano son fundamentales para la utilización del método. Por lo tanto, para determinar dichos valores, se realizó un relevamiento de la pluviometría anual de los municipios del sur de Mato Grosso. De acuerdo con los datos de monitoreo de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) disponibles en el portal HidroWeb,<sup>21</sup> la acumulación de precipitación anual en los municipios de Mato Grosso do Sul en estudio es superior a 635m. Por lo tanto, como se muestra en el cuadro 1, los valores adoptados fueron 0,02 para k y 100m<sup>3</sup>/t para Lo. Los referentes a la cantidad de residuos sólidos generados por cada municipio fueron estimados y medidos por TCE-MS.

Con los datos recogidos se ha podido estimar el volumen de emisión de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> procedentes de la descomposición de residuos sólidos en vertederos o escombreras de los municipios objeto de estudio.

A continuación, se realizó la estimación de la emisión de CO<sub>2</sub> con la transferencia de residuos a los vertederos regionales. El factor de emisión utilizado fue el previsto en el *Inventario Brasileño de Emisiones de Fuentes Móviles*<sup>22</sup>, de 2799,0 g de CO<sub>2</sub> por litro de die-

21 El portal Hidroweb es una herramienta integral del Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos (SNIRH) que ofrece acceso a la base de datos en la que se encuentra toda la información recopilada por la Red Hidrometeorológica Nacional (RHN). Disponible en: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Consultado el: 13 de marzo de 2021.

22 Brasil. Ministerio de Ciencia, Tecnología. Primer inventario brasileño de emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Fuentes Móviles, en el Sector Energético. Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2006. Disponible en: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/52.pdf>. Consultado el: 13 de marzo de 2021.

sel. Además de las distancias recorridas, el consumo medio de los camiones, que corresponde a 3,5 km por litro, también fue proporcionado por la TCE-MS.

Comparando los valores de emisión de CO<sub>2</sub> de los vertederos con los de los rellenos sanitarios, es posible notar que la mayor emisión ocurre en los vertederos. Por otro lado, la emisión de CH<sub>4</sub> es mucho mayor en los vertederos.

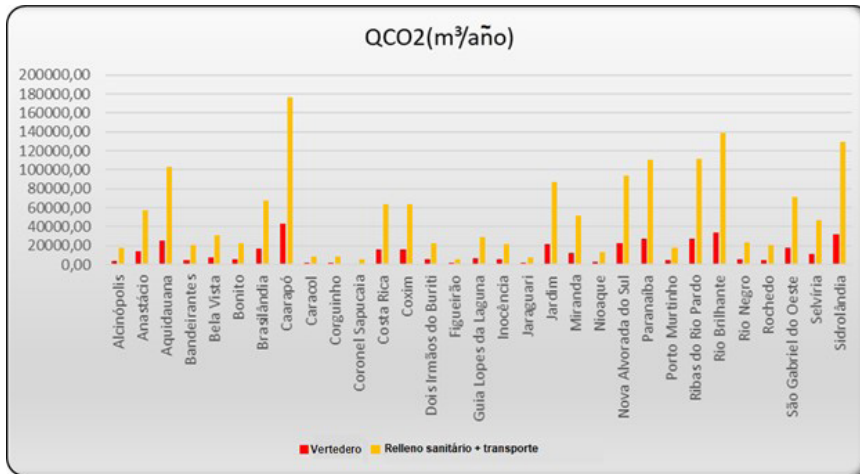


Figura 4. Estimación de liberación de CO<sub>2</sub> en el proceso de descomposición de residuos sólidos en vertederos y rellenos sanitarios del Estado de Mato Grosso do Sul. Fuente: Autores (2021).

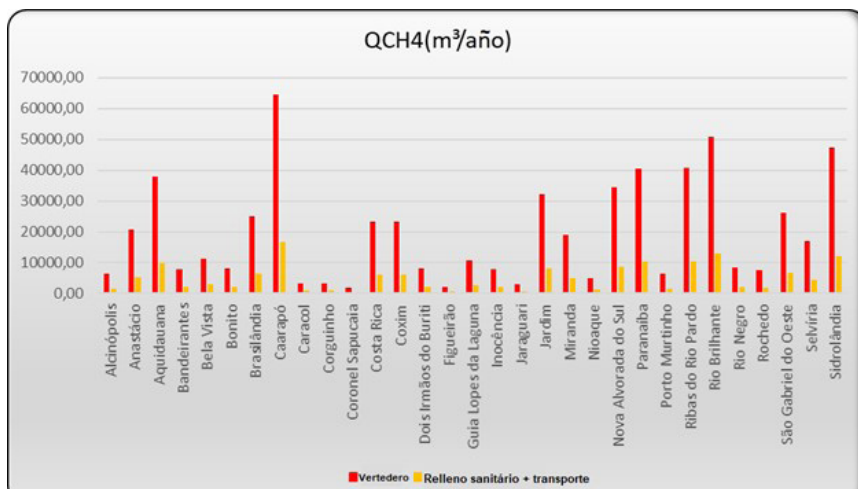


Figura 5. Estimación de liberación de CH<sub>4</sub> en el proceso de descomposición de residuos sólidos en vertederos y rellenos sanitarios del Estado de Mato Grosso do Sul. Fuente: Autores (2021).

Las emisiones de CH<sub>4</sub> disminuyeron casi 4 veces, mientras que las de CO<sub>2</sub> aumentaron 1,4 veces. Esto se debe no sólo al transporte de residuos, sino principalmente a la quema de CH<sub>4</sub> realizada en vertederos. Puede observarse que la liberación procedente del transporte es muy baja en comparación con la liberada

a través de la descomposición de los residuos tanto en vertederos como en escombreras.

Por último, acumulando las ganancias entre la reducción de metano y el aumento de dióxido de carbono, tenemos la siguiente cifra, que representa el éxito del proyecto, también en el ámbito del cambio climático:

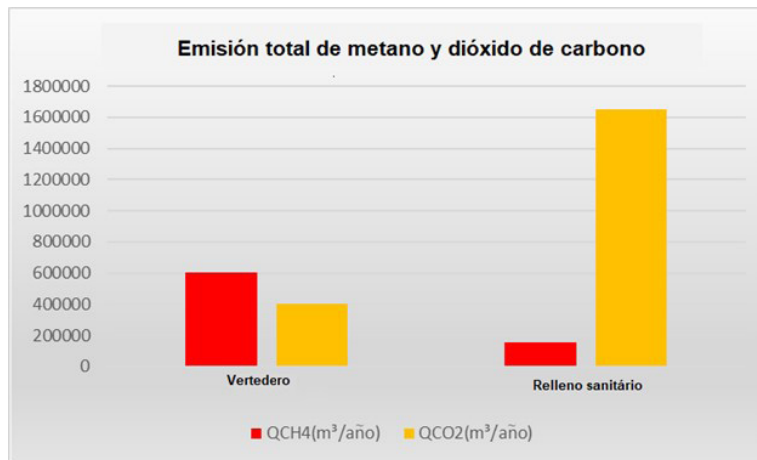


Figura 6. Resultado de las simulaciones de emisiones totales de metano y dióxido de carbono en los municipios objeto de estudio. Fuente: Autores, 2021

En un intento de proporcionar una medida sencilla de los efectos radioactivos relacionados con las emisiones de GEI, el IPCC ha creado el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que permite comparar la capacidad de un determinado GEI para retener calor en la atmósfera en relación con una cantidad igual de dióxido de CO<sub>2</sub>, lo que se denomina "equivalente de CO<sub>2</sub>" (CO<sub>2</sub> eq) (Foster 2007). El CO<sub>2</sub> eq se obtiene multiplicando las toneladas del gas por el PCA asociado. Para el CH<sub>4</sub>, el GWP es 25.<sup>23</sup>

Por lo tanto, la emisión de los vertederos sería de 15.520.386,68 m CO<sub>2</sub> eq; de los vertederos sanitarios, 5.543.008,06 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> eq. Es decir, se evitaría la emisión de aproximadamente 9.977.378,54 m CO eq.<sup>32</sup>.

<sup>23</sup> Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. *Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment*

*Report.* Cambridge Univ. Press. 2001.



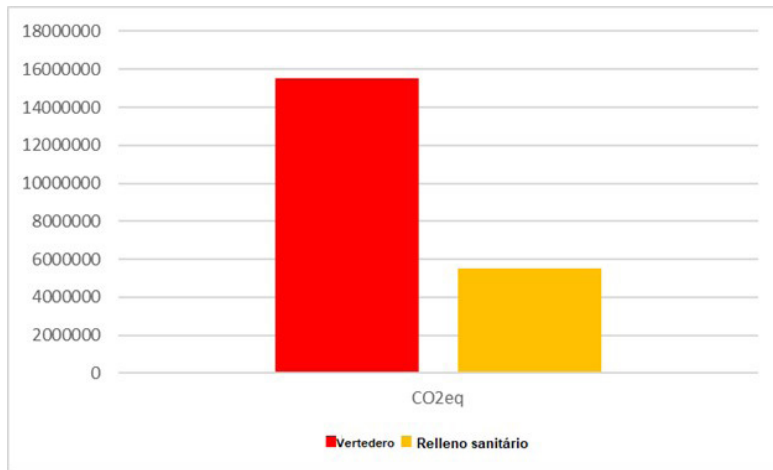


Figura 7. Emisión de dióxido de carbono equivalente. Fuente: Autores.

## VII. Conclusión

Con la aplicación de la legislación por parte del Ministerio Público, junto con el TCE y el IMASUL, se eliminaron 45 vertederos ilegales, aumentando del 20% al 80% el número de municipios con eliminación de residuos en vertederos. Por lo tanto, a través de las estrategias aplicadas en el Programa Residuos Sólidos: Disposición Legal, fue posible contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de GEI.

Tomando las metodologías descritas en el estudio de caso presentado, se puede afirmar que hubo una reducción del 74% en la emisión de CH<sub>4</sub> y un aumento del 41% en la liberación de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, aunque ocurra esto último, el proceso de transmutación de vertederos a rellenos sanitarios sigue siendo ventajoso en lo que se refiere a la contaminación atmosférica, una vez que el metano es 25 veces más contaminante que el gas carbónico.

Así, se puede concluir que, para fines de mitigación climática, la ganancia resultante del proyecto Residuos Sólidos: Disposición Legal, una asociación entre el Ministerio Público, el

TCE y el IMASUL, fue del 71%, equivalente a una flota de 1104 camiones recorriendo 100 km por día durante un año. O, aún, si se comercializa en el mercado voluntario de carbono, la suma de R\$ 3.912.770,00 por año<sup>24</sup>.

## Referencia Bibliográfica

Borba, S. M. 2006. Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitarios: estudos de caso Rio de Janeiro. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Disponible en: <http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/106-msc-pt-2006/2065-silvia-mary-pereira-borba>> Acceso en: 15 de marzo de 2021.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. [S. l.],

<sup>24</sup> Ember - Precio diario del mercado de carbono del RCCDE (euros). Disponible en: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>. Fecha de consulta: 13 de marzo de 2021.

8 ago. 2010. Disponible en: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Brasil. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. [S. l.], 29 dez. 2009. Disponible en: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)> Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Brasil. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. [S. l.], 26 jan. 2021. Disponible en: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)> Acceso en: 10 de marzo de 2021.

Brasil. Lei nº 9.578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Ministério Público e Sustentabilidade, [S. l.], 27 jan. 2021. Disponible en: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm)>. Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia. Primeiro inventário Brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2006. Disponible en: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/52.pdf>> Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Brasil. República Federativa. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 2015. Disponible en: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/Brasil-indc-portugues.pdf>> Acceso en: 12 de marzo de 2021.

Brasil. Tribunal de Contas da União. Brasil tem quase 3 mil lixões em 1.600 cidades, diz relatório. TCU Sustentável / Adgedam, 2018. Disponible en: <[https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F6621B535016630E3A8E85773#:~:text=O%20Brasil%20tem%20quase%203,e%20Res%C3%ADduos%20Especiais%20\(Abrelpe\).&text=Segundo%20os%20dados%20da%20Abrelpe,s%C3%B3%2059%25%20usam%20aterros%20adequados](https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F6621B535016630E3A8E85773#:~:text=O%20Brasil%20tem%20quase%203,e%20Res%C3%ADduos%20Especiais%20(Abrelpe).&text=Segundo%20os%20dados%20da%20Abrelpe,s%C3%B3%2059%25%20usam%20aterros%20adequados)>. Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Conestoga-Rovers & Associates. 2004. *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean*. Energy Sector Management Assistance Programme paper series. World Bank: Washington, DC. 236 p. Disponible en: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/18081/332640handbook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acceso en: 12 de marzo de 2021.

Ember. Daily EU ETS carbon market price (Euros). Disponible en: <<https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>>. Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Foster, P. et al. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: Solomon, S. et al. (Ed.). *Climate Change 2007: the physical science basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report*. Cambridge Univ. Press. Disponible en: < [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI\\_TAR\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf) > Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. 2018. In: *Global Warming of 1,5 °C*. Disponible en: < [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf) >. Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Intergovernmental Panel On Climate Change. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Waste*. Vol. 5. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T., and Tanabe, K. (eds). Published: IGES, Japan. 2006. Disponible en: < [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_0\\_Cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_0_Cover.pdf) >. Acceso en: 10 de marzo de 2021.

Lemos, Patrícia Faga Iglesias. 2014. “Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo”. *Revista dos Tribunais*, [S. l.], p. 101, 1.

Loubet, Luciano Furtado; Bernardes, Fernando Silva; Barros, Eliane C.D. Ribeiro de. 2017. “Projeto resíduos sólidos: disposição legal – a atuação articulada do Ministério Público Estadual, Tribunal de Contas e o Instituto do Meio Ambiente na busca pela extinção dos lixões em Mato Grosso do Sul?”. *Revista Ministério Público e sustentabilidade – o direito das presentes e futuras gerações*. Comissão Temporária do Meio Ambiente (org.), s. l.; p. 166-193. Disponible en: < [https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2017/Publicacao\\_CTMA\\_final.pdf](https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2017/Publicacao_CTMA_final.pdf) > Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Monteiro, Nayra Nalessa de Campos; Costa, Anieli Rodrigues; Mattozo, Danielle Karine Aguiar; Silva, Dempsey Thrweyce Alves de Arruda e. 2018. I-005 – Estudo do aproveitamento energético do biogás gerado no lixão de Cuiabá-MT. *13º Seminário Nacional de Resíduos Sólidos*. s. l. Anais [...], p. 1-7. Disponible en: < <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento41/TrabalhosCompletosPDF/I-005.pdf> >. Acceso en: 14 de marzo de 2021.

Mato Grosso Do Sul. Lei nº 1293, de 21 de setembro de 1992. Dispõe sobre o Código Sanitário do Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Disponible en: < <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/downloads/lei-mun-129392-codigo-sanitario-ms/> >. Acceso en: 13 de marzo de 2021.

Mato Grosso do Sul. Ministério Público do Estado; Procuradoria-Geral de Justiça; Deméter Engenharia Ltda Epp. Valoração do dano ambiental pela não implementação da logística reversa de embalagens. *Relatório Geral do Estado de Mato Grosso do Sul*, [S. L.], 2017. Disponible en: < [https://www.mpms.mp.br/downloads/relatorio\\_anual\\_2017.pdf](https://www.mpms.mp.br/downloads/relatorio_anual_2017.pdf) >. Acceso en: 10 de marzo de 2021.

Mato Grosso Do Sul. Tribunal de Contas. *Indicadores de resíduos sólidos nos municípios de MS*. Campo Grande: TCE-MS / ESCOEX, 2016. 168p. Disponible en: < [http://www.escoex.ms.gov.br/escoex/Arquivos/Publicacoes/residuos\\_solidos\\_2016\\_st5.pdf](http://www.escoex.ms.gov.br/escoex/Arquivos/Publicacoes/residuos_solidos_2016_st5.pdf) >. Acceso en: 11 de marzo de 2021.

Neto, Paulo Nascimento. 2013. *Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas*. São Paulo, SP: Atlas S.A. 224 p

Passos, Luciana Coutinho; Loubet, Lucia-

no Furtado; Ferretti, André Rocha; Lameira, Vinícius. 2018. *Atuação do Ministério Público frente às mudanças Climáticas*. s. l. p. 19. Disponible en: <<https://www.abrampa.org.br/abrampa/uploads/files/conteudo/248.pdf>>. Acceso en: 12 de marzo de 2021.

Pedott, Juliana Gonçalves Justi; Aguiar, A. O. 2014. Biogás em aterros sanitários: comparando a geração estimada com a quantidade verificada em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. *Holos*, v. 4, p. 195-211. Disponible en: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1715>>. Acceso en: 12 de marzo de 2021.

Serra, Tatiana Barreto. 2015. *Política de resíduos sólidos: gestão econômica, responsável e ambientalmente adequada*. 1. ed. São Paulo: Editora Verbatim. p. 148.

Silva, Fabiana Morais da. 2015. Biogás de Lixo no Aterro Sanitário de Gramacho / Fabiana Morais da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica. Disponible en: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013773.pdf>>. Acceso en: 14 de marzo de 2021.

United States Environmental Protection Agency. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide. [S. l.], p. 01-48, mayo, 2005. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttnecatc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>>. Acceso en: 10 de marzo de 2021.

United States Environmental Protection Agency. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors. [S. l.], p. 2.4-6. Agosto, 1998. Disponible en: <[https://gaftp.epa.gov/ap42/ch02/s04/final/c02s04\\_aug1998.pdf](https://gaftp.epa.gov/ap42/ch02/s04/final/c02s04_aug1998.pdf)>. Acceso en: 13 de marzo de 2021.