

Inventario de emisiones derivadas de fermentación entérica y gestión del estiércol del Parque Zoológico Nacional

Inventory of emissions derived from enteric fermentation and manure management of the National Zoological Park



Daily Peña Martínez

Especialista B en Proyectos e Ingeniería, Centro de Ingenierías e Investigaciones Químicas, Cuba,  :dailyp991@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-4843-6482>

Mirtha Reinosa Valladares

Investigadora Auxiliar, Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, Cuba,  :mirtha@ciiq.cu;  <https://orcid.org/0000-0001-6614-6895>

Ileana Pereda Reyes

Profesora Titular del Centro de Estudios de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba,  :ileana@quimica.cujae.edu.cu;  <https://orcid.org/0000-0001-6517-4202>

Para citar este artículo/To reference this article/Para citar este artigo

Peña Martínez, D., Reinosa Valladares, M., & Pereda Reyes, I. (2023). Inventario de emisiones derivadas de fermentación entérica y gestión del estiércol del Parque Zoológico Nacional. *Avances*, 25(2), 210-223. <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/760/2090>

Recibido: 28 de septiembre de 2022

Aceptado: 22 de febrero de 2023

RESUMEN

Los zoológicos constituyen espacios enfocados a la preservación de la flora y fauna mundial, sin embargo, de forma directa o indirecta, desarrollan actividades que traen consigo efectos contaminantes al medio ambiente. Dentro de este contexto, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero generadas por la fermentación entérica del ganado y las derivadas de la gestión del estiércol, han recibido una atención especial como parte de los inventarios, por el impacto que ocasionan sobre el cambio climático. El objetivo del presente

trabajo está orientado a contabilizar las emisiones de estas categorías establecidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para la realización de inventarios, tomándose como caso de estudio el Parque Zoológico Nacional. Este centro científico recreativo alberga en la gran mayoría, animales silvestres, para los que no se cuenta con factores de emisión por fermentación entérica. En este inventario se incluyeron animales del zoológico que pertenecen a 5 familias taxonómicas, ubicados en las distintas áreas del mismo, así como en la Unidad de Desarrollo Agrícola y para ellos se calcularon factores aproximados en base a los propuestos en estas metodologías. Con respecto a la gestión del estiércol o compostaje, relacionada con el empleo de las heces de ganado como fertilizantes de suelos, se hizo uso del humus sólido proveniente de ejemplares de las razas Bovinos y Bufalinos. La metodología aplicada en esta investigación puede ser extendida al resto de los zoológicos del país, contribuyendo a la sostenibilidad de estos espacios.

Palabras clave: dióxido de carbono equivalente; fermentación entérica; compostaje.

ABSTRACT

Zoos are spaces focused on the preservation of world flora and fauna,

however, directly or indirectly, they develop activities that bring polluting effects to the environment. Within this context, Greenhouse Gas emissions generated by enteric fermentation of cattle and those derived from manure management have received special attention as part of inventories, due to the impact they cause on climate change. The objective of this work is oriented to count the emissions of these categories established by the Intergovernmental Panel on Climate Change for the realization of inventories, taking the National Zoological Park as a case study. This recreational scientific center houses the vast majority of wild animals, for which there are no emission factors for enteric fermentation. In this inventory, zoo animals belonging to 5 taxonomic families, located in the different areas of the zoo, as well as in the Agricultural Development Unit, were included, and for them approximate factors were calculated based on those proposed in these methodologies. Regarding the management of manure or composting, related to the use of cattle feces as soil fertilizers, solid humus from specimens of the Bovine and Buffalo breeds was used. The methodology applied in this research can be extended to the rest of the country's zoos, contributing to the sustainability of these spaces.

Keywords: carbon dioxide equivalent; enteric fermentation; composting.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen disímiles actividades realizadas por el hombre que generan la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos acarrearán afectaciones en la atmósfera y derivan daños en muchas ocasiones irreversibles en los ecosistemas a nivel mundial.

Por tal motivo, distintas organizaciones gubernamentales se empeñan en la tarea de hacer un llamado a la responsabilidad y el cumplimiento de protocolos que salvaguarden la flora y la fauna de fenómenos, tales como el calentamiento global y el cambio climático. Ejemplo de ellas son la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (siglas en inglés, *IPCC*) (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2006, 2019).

Una de las medidas empleadas para determinar el impacto del cambio climático a nivel mundial lo constituyen los inventarios de emisiones de GEI, los cuales permiten conocer la cantidad en unidades de dióxido de carbono, ya sea en kilogramo (kg) o tonelada (t) equivalente (CO_2eq) de las emisiones de gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los halocarbonos, entre otros (Finnegan, Sharples, Johnston, & Fulton, 2018; Pedroso, 2020).

Los parques temáticos constituyen enclaves que reúnen en un mismo recinto una amplia oferta de actividades: atracciones, espectáculos, experiencias y restaurantes. De igual forma, desarrollan la conservación de las especies y el uso, la gestión y el mantenimiento de áreas verdes. Se presentan en una gran variedad, ya que a ellos pertenecen los zoológicos, acuarios y jardines botánicos (Rodríguez-Valdéz & Foronda-Robles, 2020).

En estos centros se desarrollan actividades de investigación y educación ambiental, relacionadas con la biodiversidad, dígase de animales o plantas. En el caso de los zoológicos se siguen las pautas suministradas por la Asociación Mundial de Zoos y Acuarios (siglas en inglés, *WAZA*), la cual presenta una visión orientada hacia la sostenibilidad y la reducción de la huella ambiental y el consumo de los recursos naturales.

Las experiencias internacionales vinculadas en este sentido a estudios de inventario de emisiones, cuentan con los resultados del Oregon Zoo (Oregon Metro, 2013), el Zoos Victoria (Victoria, 2012), así como del Plan de Sostenibilidad del Woodland Park Zoo (Zoo, 2015). También se reporta lo realizado por (Olaya, 2016) quien realiza la estimación del impacto

ambiental del Parque de las Leyendas en Perú.

Específicamente en los zoológicos del país no se reportan estudios vinculados a este tipo de inventarios, por lo que el presente trabajo constituye una tarea novedosa en el escenario investigativo.

En la presente investigación se realiza la determinación de un inventario de emisiones como instrumento para la mitigación de los impactos ambientales, derivados de actividades realizadas en el Parque Zoológico Nacional, tales como la fermentación entérica y el compostaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del Parque Zoológico Nacional

La UEB Parque Zoológico Nacional se encuentra ubicada en la carretera Varona, km 3½, Capdevila, municipio Boyeros, provincia La Habana; a 19 km del centro de la capital, con una superficie total de 342 hectáreas (ha) y un perímetro de 10,6 km. En la actualidad está representado por 7 áreas de exhibición de animales, mostrando una colección actual de 131 especies, para un total de 1412 ejemplares.

Este centro científico recreativo realiza como principales funciones:

- Exhibir animales representativos de la fauna nativa y de otros continentes o países.
- Controlar especies protegidas o en vías de extinción.
- Realizar investigaciones encaminadas a garantizar la reproducción y la cría en cautiverio de especies de alto valor.
- Orientar a la población sobre la importancia de la conservación de la fauna.

Identificación de las fuentes de emisión

Se utilizó el enfoque de control operacional para la contabilización de las emisiones de GEI, a partir del cual se consideran como propias el 100 % de las mismas y que son atribuibles a las operaciones sobre las cuales el zoológico ejerce control.

Para el cálculo del inventario de los GEI se consultaron las siguientes metodologías:

1. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
 - Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol

Metodologías empleadas

- Capítulo 11: Emisiones de N₂O de los suelos gestionados y emisiones de CO₂ derivados de la aplicación de cal y urea (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 1996, 2006).

En la siguiente Figura 1 se muestra las etapas que conforman la realización de un inventario de GEI.

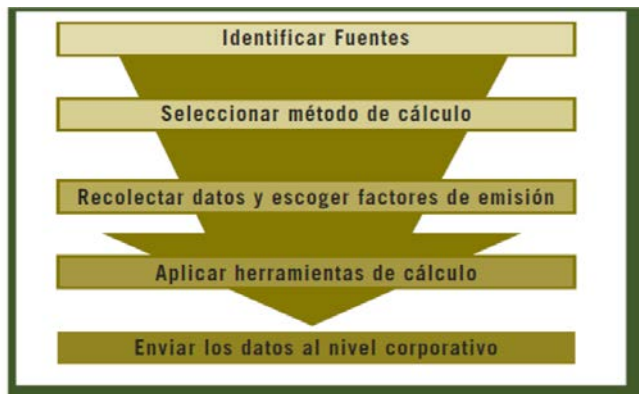


Figura 1. Metodología empleada para los inventarios de emisiones. **Fuente:** (Ranganathan, 2005).

Obtención de datos de actividad

A continuación, se muestra el Alcance 1 para el cual se recopilaron los datos de actividad y que permitieron calcular las emisiones de GEI identificadas. Se selecciona el año 2019 como el año base para la obtención de los datos de actividad, cuyas informaciones fueron suministradas por especialistas de las diferentes áreas del Parque Zoológico Nacional.

Alcance 1

Se incluyen las fuentes de emisión generadas por las operaciones internas del zoológico, las cuales corresponden a las siguientes actividades:

- Fermentación entérica de los animales.
- Gestión del estiércol.

Para la recopilación de esta información se realizaron visitas al Parque Zoológico Nacional específicamente a la Unidad de Desarrollo Agropecuario (UDA) para conocer el aprovechamiento del excremento de las reses y el uso de fertilizantes en la labor de compostaje. El dato de actividad se obtuvo en unidades de peso (t) de fertilizante aplicado durante el año en estudio.

En el caso de la fermentación entérica de animales, se solicitó un

listado de los animales del área de Bienestar Animal para el año 2019 y que, a la vez, forman parte de esta categoría dentro de las guías del *IPCC*, siendo el número de individuos de las

distintas especies o familias, el dato de actividad seleccionado. Se añadieron igualmente los animales de la UDA con los cuales se aplica dicha actividad.

Selección del método de cálculo. Factores de emisión

La fermentación entérica del ganado genera CO_2 y CH_4 . Sin embargo, las emisiones de CO_2 no se cuantifican debido a que se asume que estas equivalen a cero, ya que el CO_2 emitido a la atmósfera es la reposición del CO_2 capturado durante la fotosíntesis de los vegetales que son alimento de los animales. Una parte del carbono emitido por los animales, además del CO_2 , regresa a la atmósfera como CH_4 y este gas sí se cuantifica (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2006).

Las Familias taxonómicas incluidas en el estudio fueron Bovidae, Camelidae, Equidae, Cervidae y Suidae.

Por otra parte, esta guía establece que los animales deben dividirse en las cuatro categorías enunciadas a continuación: rumiantes, herbívoros no rumiantes, aves de corral y monogástricos no avícolas. Los animales del zoológico incluidos en el presente trabajo pertenecen a todas las categorías excepto a la de monogástricos no avícolas, lográndose

El Parque Zoológico Nacional alberga en la gran mayoría animales silvestres, para los que no se cuenta con Factores de Emisión (FE) por fermentación entérica. Sin embargo, el *IPCC* (2006) establece FE para especies ganaderas de 5 familias taxonómicas, de las cuales se incluyeron a los animales del zoológico que pertenecen a las mismas, ubicados en las distintas áreas del mismo, así como en la UDA y para ellos se calcularon los FE aproximados en base a los FE propuestos por el *IPCC*.

incluir en todas las familias taxonómicas descritas por las metodologías.

Se debe señalar, que fueron excluidos aquellos correspondientes a la categoría de aves de corral debido a la falta de información en la bibliografía empleada. Los 566 animales considerados en el inventario representan el 40,08 % del total de animales (1412) que permanecieron en el zoológico durante todo el 2019.

De la UDA se incluyeron 121 ejemplares de la familia taxonómica

Bovidae con un peso promedio de 130 kg, que representan un 8,57 % del total.

Cálculo de las emisiones derivadas de la fermentación entérica

$$Emisiones = FE_{(T)} * \left(\frac{N_{(T)}}{10^6}\right) \quad [1]$$

Donde:

Emisiones: emisiones de metano por fermentación entérica (Gg CH₄)

FE_(T): factores de emisión para la población de animales definida (kg CH₄/cabeza)

N_(T): cantidad de animales de la especie o categoría T

T: especie o categoría T de animal

Cálculo de emisiones derivadas de la gestión del estiércol

La gestión del estiércol origina emisiones de N₂O y CH₄ producto al empleo de las heces de ganado como fertilizantes de suelos. En el zoológico en el 2019 se empleó humus sólido proveniente de 121 ejemplares de las razas Bovinos y Bufalinos. Este fertilizante se aplicó en 1 ha de tierra, lo cual equivale a un consumo de 2 t del mismo. Las metodologías muestran para estos cálculos las ecuaciones siguientes:

- Emisiones de CH₄

$$CH_{4\text{ Estiércol}} = \sum \frac{(FE_{(T)} * N_{(T)})}{10^6} \quad [2]$$

Donde:

CH_{4 Estiércol}: emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida (Gg CH₄)

FE_(T): factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄/cabeza)

N_(T): cantidad de animales de la especie/categoría de ganado T

T: especie/categoría T de animal

- Emisiones de N₂O

$$N_2O_{D(mm)} = N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{T,S} * FE_S * \frac{44}{28} \quad [3]$$

Donde:

N₂O_{D(mm)}: emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol (kg N₂O)

N_(T): cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T

Nex_(T): promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T (kg N/animal)

MS_{T,S}: fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de animal T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S (sin dimensión)

FE_S : FE para emisiones directas de N_2O del sistema S (kg N_2O -N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S)

S: sistema de gestión del estiércol

T: especie/categoría T de animal

$\frac{44}{28}$: conversión de emisiones de $(N_2O-N)_{(mm)}$ a emisiones de $N_2O_{(mm)}$

Para la determinación de $N_{ex(T)}$ se persiguió la metodología del IPCC 2006, la cual se plantea en la siguiente ecuación:

$$N_{ex(T)} = N_{indice(T)} * \frac{TAM}{1000} * 365 \quad [4]$$

Donde:

$N_{indice(T)}$: tasa de excreción de N por defecto (kg N/1000 kg masa animal)

$\frac{TAM}{1000}$: masa animal típica para la categoría de ganado T (kg/animal)

Los valores de $N_{indice(T)}$ y $\frac{TAM}{1000}$ se tomaron del IPCC 2006 para las categorías de animales Bufalino y Bovino, los cuales se corresponden con 0,32 kg N/1000 kg de masa animal al día y 300 kg/búfalo para los búfalos y 0,46 kg N/1000 kg de masa animal al

día y 245 kg/bovino para los animales de esta especie. El sistema de gestión del estiércol (S) lo constituyen filas ubicadas de forma esporádica por lo que el valor de $MS_{T,S}$ que aparece en esta guía para estas condiciones es de 0,5.

De esta manera, para obtener las emisiones totales debido a la gestión del estiércol se tiene la Ec. [5]:

$$Emisiones_{GE} = \frac{E_{CH_4} * PCG_{CH_4} + E_{N_2O} * PCG_{N_2O}}{10^3} \quad [5]$$

Donde:

$Emisiones_{GE}$: emisiones derivadas de la gestión del estiércol (t CO_2eq)

E_{CH_4} : emisiones de CH_4 (kg)

PCG_{CH_4} : potencial de calentamiento global del CH_4

E_{N_2O} : emisiones de N_2O (kg)

PCG_{N_2O} : potencial de calentamiento global del N_2O

Factores de emisión empleados

A continuación, la Tabla 1 presenta los factores de emisión empleados para la actividad de fermentación entérica.

Tabla 1. Factores de emisión por fermentación entérica. **Fuente:** (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 1996, 2006).

Especies	(FE en kg CH_4 /cabeza) Países en desarrollo	Peso en pie (kg)
Búfalos <i>Bubalus bubalis</i>	55	300
Caballos <i>Equus ferus</i>	18	550
Mulas y asnos <i>E. africanus</i>	10	245
Camellos <i>Camelus dromedarius</i> y <i>bactrianus</i>	46	570
Ciervos o venados <i>C. elaphus</i>	20	120

A partir de estos FE se puede calcular factores de emisión aproximados para otros animales que sean de la misma categoría, los cuales forman parte de la fauna del zoológico; según la siguiente expresión:

$$FE_{Aprox} = \left(\frac{Peso_{T2}}{Peso_{T1}} \right)^{0.75} * FE_R \quad [6]$$

Donde:

FE_{Aprox} : factor de emisión aproximado (kg CH₄/cabeza)

$Peso_{T2}$: peso del animal cuyo FE se va a calcular (kg)

$Peso_{T1}$: peso del animal cuyo FE se emplea para el cálculo (kg)

FE_R : factor de emisión de referencia (kg CH₄/cabeza)

T: especie o categoría T de animal

En el caso de la gestión del estiércol los valores de los FE son reportados por el IPCC 2006, tanto para las emisiones de CH₄ y N₂O correspondientes a labor de compostaje en cada una de las especies (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. FE de CH₄ para la labor de compostaje. **Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2006).

Especie/categoría	FE CH ₄ (kg CH ₄ /cabeza)
Bovinos <i>Bos taurus</i>	1,52
Búfalos <i>Bubalus bubalis</i>	1,9075

Tabla 3. FE de N₂O para la labor de compostaje. **Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2006).

Especie/categoría	FE N ₂ O (kg N ₂ O/kg N)
Bovinos <i>Bos taurus</i>	0,1
Bufalinos <i>Bubalus bubalis</i>	0,1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del inventario se identificaron como fuentes directas de emisión las actividades de

fermentación entérica y gestión del estiércol, las cuales tienen a las

familias de reses de ganado como emisoras de los GEI.

A continuación, se presentan los resultados del inventario en las siguientes Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Resultados de emisiones de CH₄ derivadas de la fermentación entérica.

Leyenda: FE=Factor de emisión aproximado.

Especies	Total de especies	Peso prom. (kg)	FE _{aprox} (kg CH ₄ /cabeza)	Emisión (Gg CH ₄)	Emisión (kg CH ₄)	Emisión (t CO ₂ eq)
Búfalos <i>Bubalus bubalis</i>	285	316	57,19	0,0163	16 297,91	407,45
Caballos <i>Equus ferus</i>	237	707	21,73	0,0052	5150,07	128,75
Mulas y asnos <i>E. africanus</i>	12	100	5,11	6,12*10 ⁻⁵	61,28	1,53
Camellos <i>Camelus dromedarius</i> y <i>bactrianus</i>	8	500	41,69	0,00033	333,55	8,34
Ciervos o venados <i>C. elaphus</i>	24	33,33	7,65	0,00018	183,52	4,59
Total de emisión						550,66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resultado de las emisiones de la fermentación entérica en la UDA. **Fuente:**

Elaboración propia.

Familia	Número de especies	Peso promedio (kg)	FE _{aprox} (kg CH ₄ /cabeza)	Emisión (Gg CH ₄)	Emisión (kg CH ₄)	Emisión total (t CO ₂ eq)
Bovidae	121	130	29,38	0,0036	3554,39	88,86

Al adicionar el total de emisiones de la UDA mostradas en la Tabla 6, y del resto de áreas del zoológico donde se aplica la fermentación entérica, se obtiene un total de 639,52 t CO₂eq para esta actividad. A partir de los resultados anteriores se puede afirmar que los animales que se encuentran en exhibición generan una mayor cantidad de GEI que los que se encuentran en la UDA, lo que equivale al 82,39 % del total de estos. Esto viene dado a que en estas áreas

confluyen mayor número de animales que en la Unidad.

En tal sentido, la especie que más emite GEI en términos de metano es la de los búfalos, que, aunque no es la de mayor representación, sin embargo, es la que genera un factor de emisión aproximado superior, producto a la gran masa muscular que posee. Constituye un 63,71 % dentro del inventario de emisiones de esta actividad.

Tabla 6. Resultados de las emisiones de CH₄ derivadas del compostaje. Fuente: Elaboración propia.

Especie	Cantidad de animales/especie	Emisiones (Gg CH ₄)	Emisiones (kg CH ₄)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Bovinos <i>Bos taurus</i>	84	0,000128	127,68	3,19
Bufalinos <i>Bubalus bubalis</i>	37	7,058*10 ⁻⁵	70,58	1,76
Total de emisiones				4,95

Con respecto a las emisiones derivadas de la gestión del estiércol, como se aprecia en la Tabla 7, las mayores toneladas de CO₂eq están

asociadas con los Bovinos, pues poseen cantidades superiores de ejemplares que los Bufalinos, con un 64,40 % del total.

Tabla 7. Resultados de las emisiones de N₂O derivadas del compostaje. **Legenda:** Nex= Excreción de N/animal; MS_(T,S)= fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de animal T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S (sin dimensión).

Especie	Cantidad de animales/especie	Nex (kg N/animal)	MS _(T,S)	Emisiones (kg N ₂ O/kg N)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Bovinos <i>Bos taurus</i>	84	41,14	0,5	271,49	80,91
Bufalinos <i>Bubalus bubalis</i>	37	35,04	0,5	101,87	30,36
Total de emisiones					111,27

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 8, el mayor número de toneladas de CO₂eq viene dado de parte de la raza Bovinos con un 72,72 % del total de emisiones, comportamiento similar al de las emisiones de metano.

Al añadirse el total de emisiones por ambos GEI se tiene un total de 116,22 t CO₂eq para la actividad de gestión del estiércol en el Parque Zoológico Nacional. Se destaca el N₂O

como el GEI que más emisiones reporta con un 95,74 % del total.

Al comparar los resultados de este inventario con otros estudios tales como el Parque de Las Leyendas (PATPAL), sito en Perú, se tiene que el Parque Zoológico Nacional generó un mayor número de emisiones para ambos GEI. Esto se debe a que en el zoológico cubano fueron incluidos más ejemplares que en el de Perú; siendo

este parámetro de 121 reces, mientras que en el PATPAL se incluyeron solamente 12 especies. Por tal motivo este centro científico recreativo generó un total de 10,15 t CO₂eq para esta actividad. A pesar de tal resultado se asemeja la incidencia del N₂O con el GEI de mayor repercusión para ambos parques temáticos.

Aunque en Cuba la contribución de metano no resulta significativa, existen compromisos de mitigación, pues en la práctica estas medidas resultan en beneficios tanto económicos como ambientales. En la Conferencia de las Partes #26 (COP26), más de 100 países han firmado un compromiso para reducir las emisiones de metano en un 30 % para el 2030 (Martínez, 2021; Parties, 2022). De igual forma han acordado acciones a implementar para la mejora

de los terrenos desde el punto de vista ecológico y regional, lo cual quedó reafirmado en la COP27 por los países miembros participantes en dicha reunión (WWF, 2022a, 2022b).

A partir de que el metano es considerado un gas potente, reducir la carga atmosférica, aunque sea ligeramente, puede mitigar de forma drástica el aumento de la temperatura. Y como persiste tan poco tiempo, la concentración en la atmósfera disminuye con relativa rapidez cuando se reducen las emisiones. En cambio, la concentración atmosférica de dióxido de carbono no empezará a descender hasta que el mundo reduzca estas emisiones casi a cero.

La metodología aplicada se propone sea extendida al resto de los Zoológicos del país.

CONCLUSIONES

La fermentación entérica resultó la actividad que generó un mayor número de emisiones de GEI obteniéndose un valor 639,52 t CO₂eq. Esto se debe al número elevado de especies, el peso de estas y, por ende, el creciente volumen de excretas que producen.

La actividad de gestión del estiércol en el Parque Zoológico Nacional contabilizó una cantidad de 116,22 t CO₂eq, destacándose el N₂O como el GEI que más emisiones reporta con un 95,74 % del total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Finnegan, S., Sharples, S., Johnston, T., & Fulton, M. (2018). The carbon impact of a UK safari park e Application of the GHG

protocol using measured energy data. *Energy*, 153, 256-264.

- doi: <https://doi.org/10.1016/j.energ.2018.04.033>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, I. (1996). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de Trabajo*. Recuperado de Reino Unido
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, I. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado de <http://www.ipcc.ch>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, I. (2019). *Calentamiento global de 1,5 C. Resumen para responsables de políticas*. Retrieved from www.ipcc.ch
- Martínez, D. P. (2021). *Estimación de la Huella de Carbono en centros científicos recreativos. Caso de estudio: Parque Zoológico Nacional* [Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Químico], Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", CUJAE, La Habana.
- Olaya, R. M. (2016). *Estimación del impacto ambiental del Parque de las Leyendas mediante el cálculo de la Huella de Carbono* [Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Ambiental]. Univeridad Nacional Agraria "La Molina", Lima, Perú.
- Oregon Metro, U. (2013). *Greenhouse Gas Emissions Inventory Fiscal Year 2012-2013. Oregon, USA*. Recuperado de http://www.oregonmetro.gov/sites/default/files/12012013_greenhouse_gas_emissions_inventory_internal_2012-13.pdf
- Parties, C. o. t. (2022). *Report of the Conference of the Parties on its twenty-sixth session, held in Glasgow from 31 October to 13 November 2021*
- Pedroso, L. (2020). *Análisis del inventario de Gases de Efecto Invernadero emitidos por la Empresa Vidrios Lisa* [Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Químico], Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", CUJAE, La Habana, Cuba.
- Ranganathan, J. (2005). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/284715227>

- Rodríguez-Valdéz, J. L., & Foronda-Robles, C. (2020). ODS en los parques temáticos: el camino hacia la economía circular. *Sostenibilidad Turística: overtourism vs undertourism*, 31, 10.
- Victoria, Z. (2012). *Carbon Neutral Program. Public Disclosure Summary*. Australian Government, Department of the Environment and Energy.
- WWF. (2022a). *Documento de expectativas COP27 ambición, acceso y equidad en el cambio hacia la implementación*. Retrieved from www.panda.org/climateenergy
- WWF. (2022b). *Documento de Expectativas COP27. WWF América Latina y el Caribe. octubre 2022*. Retrieved from https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/lac_cop27_expectations_paper_es.pdf
- Zoo, W. P. (2015). *Wildlife Conservation in the Field*. Retrieved from <http://conservation@zoo.org>

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Peña Martínez, D.: realización del manuscrito, recopilación de información y procesamiento de datos, análisis y presentación de los resultados.

Reinosa Valladares, M.: asesoría vinculada con la temática, análisis y presentación de los resultados y revisión del artículo.

Pereda Reyes, I.: asesoría vinculada con la temática, análisis y presentación de los resultados y revisión del artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del presente artículo no presentan conflicto de intereses que afecten su publicación.

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license