

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
ACADEMIA DE MÉRIDA**

**Gases de Efecto Invernadero
por Aguas Residuales
Municipales en la ciudad de
Mérida, Venezuela**

Discurso de Incorporación

Carlos F. Espinosa Jiménez
Ingeniero Civil
23 de Octubre de 2019

RESUMEN: Se presenta la cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O) , por Aguas Residuales Municipales (ARM) siguiendo las directrices del IPCC (2006), para la ciudad de Mérida, Venezuela. Se realiza una revisión de conceptos vinculados y un diagnóstico de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en la ciudad, donde se concluye que actualmente todas las ARM son dispuestas mediante vertimientos crudos a los cuerpos receptores superficiales. Mediante muestreo de aguas se demuestra, por las altas concentraciones de Oxígeno Disuelto (O₂), la inhibición de la Metanogénesis (formación de CH₄) y la Desnitrificación (formación de N₂O) en el alcantarillado municipal y los cuerpos receptores (ríos Chama, Albarregas y sus afluentes) de las ARM crudas. La condición anterior significa que actualmente las emisiones de GEI (CH₄ y N₂O) son las mismas para los escenarios con y sin Plantas de Tratamiento (aerobias) de ARM en la ciudad. Como reflexión final se plantea que en el momento de considerar los Servicios Ambientales de los ríos que surcan la meseta de Mérida, además de los Servicios clásicos hay que añadir que por sus características estos ríos, actualmente disminuyen la emisión de GEI por ARM en 82% de CH₄ y prácticamente 100% de N₂O. Como consecuencia directa evitan la emisión de 12.833 To CO₂-eq/año y ahorran la generación de unos 6.442.207 KWh/año de energía eléctrica con sus correspondientes emisiones estáticas de CH₄ y N₂O.

**Discurso de Incorporación a la Academia de Mérida
“Gases de Efecto Invernadero por Aguas Residuales Municipales
en la ciudad de Mérida, Venezuela”.**

**Carlos F. Espinosa Jiménez
Ingeniero Civil**

1. El Cambio Climático.

Desde el Siglo 19 destacados hombres de ciencia advirtieron sobre el efecto invernadero de la atmósfera terrestre:

- Joseph Fourier, matemático y científico francés, en 1824, sugirió que la atmósfera terrestre podría estar actuando como un aislante.
- John Tyndall, físico irlandés, en 1850, fue el primero en señalar el efecto invernadero de la atmósfera terrestre.
- Svante Arrhenius, científico sueco, en 1896, calculó el poder térmico del exceso de CO₂ y predijo que si las actividades humanas incrementaban la presencia de CO₂ en la atmósfera terrestre, la tendencia podría ser al calentamiento global del planeta.

Hay evidencias probatorias de que el Cambio Climático es causado por el hombre. Se ha demostrado que la Tierra se está calentando producto del aumento de concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en su atmósfera. Se sabe que el hombre es el responsable del aumento de GEI en la atmósfera del planeta. Se conoce que ese calentamiento no es causado por el Sol y que tampoco es producto de ciclos naturales. Se ha demostrado que como producto del calentamiento global, por dilatación de las masas de agua, el deshielo de glaciares, capas y mantos de hielo que se derriten, el nivel de los océanos ha aumentado desde 1870 unos 20 cm (0,20 m). Estas evidencias están muy bien documentadas, fundamentadas y explicadas en una Publicación del Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2013) un Apéndice de la Academia Nacional de Ciencias, de la Academia Nacional de Ingeniería y el Instituto de Medicina de los Estados Unidos, titulado: “Cambio Climático: Evidencias, Impactos y Opciones”.

La Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, establecida en el año 2015, constituye una visión transformadora hacia la sustentabilidad económica, social y ambiental de los estados miembros, y es la hoja de ruta de las Naciones Unidas para el logro de esta visión transformadora. La Agenda 2030 contempla 17 Objetivos para lograr el Desarrollo Sostenible (ODS).

El ODS N°13 de la Agenda 2030 se titula “Acción por el Clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el Cambio Climático y sus efectos”. CEPAL (2016).

El ODS N°13 de la Agenda 2030 a su vez plantea el logro de 3 metas, a saber:

1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
2. Incorporar medidas relativas al **cambio climático** en las políticas, estrategias y planes nacionales.
3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del **cambio climático**, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Es una opinión de consenso que el Cambio Climático representa el mayor riesgo que actualmente enfrenta la humanidad. **La Ciencia del Cambio Climático elabora y plantea los escenarios más o menos severos que enfrentaremos, y los presenta en función de emisiones de GEI e incrementos globales de la temperatura del planeta Tierra. Corresponde a nosotros los ingenieros interpretar cómo esos escenarios de cambio climático impactarán la infraestructura y las actividades que soportan nuestra actual civilización, y lo más importante cómo disminuir esas emisiones de GEI, cómo generar medidas de mitigación y de adaptación, cómo generar resiliencia y la alerta temprana en nuestra infraestructura vital.**

2. Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El planeta Tierra junto con su atmósfera desempeñan un sistema climático de autorregulación natural, que ha permitido el desarrollo de la vida y los ecosistemas tal como los conocemos. La luz del Sol aporta la energía calórica al sistema, que en su mayoría es absorbida por la tierra y los mares. El calor absorbido irradia desde la superficie de la tierra hacia el exterior, y parte de esa energía calórica es absorbida por los GEI en la atmósfera remitiéndola en todas direcciones. Parte de esa energía remitida es liberada al espacio y el remanente se dirige nuevamente a la superficie de la tierra. Concentraciones más elevadas de GEI en la atmósfera absorben más energía calórica reflejándola hacia la tierra y generando más calentamiento.

Apartando el Dióxido de Carbono (CO₂), se puede decir que el Metano (CH₄) es el gas de efecto invernadero antropogénico más profuso, significando más o menos el 20 % de las emisiones globales.

Se le considera un “forzador del clima a corto plazo”, lo cual significa que su permanencia en la atmósfera es de corta duración, alrededor de doce (12) años. Sin embargo, a pesar de esta característica y el hecho de que se emite en cantidades inferiores al Dióxido de Carbono (CO_2), su Potencial de Calentamiento Global (PCG), es decir, la capacidad del gas de atrapar calor en la atmósfera, es 28 veces mayor. Por esta razón, las emisiones de Metano (CH_4) contribuyeron con un tercio (1/3) del calentamiento antropogénico actual.

Durante la próxima década (2020-2030), está previsto que las emisiones antropogénicas globales de Metano (CH_4) se eleven cerca de un 9% sobre los valores esperados para el año 2020, alcanzándose 10.220 Millones de Toneladas Métricas de CO_2 Equivalente (MMT CO_2E) al final del periodo.

Para el Óxido Nitroso (N_2O), su presencia en la atmósfera es menos profusa que el Dióxido de Carbono (CO_2), aunque su permanencia está alrededor de 114 años y su Potencial de Calentamiento Global (PCG) es 265 veces superior.

La agricultura es la mayor fuente de N_2O de origen humano (representa dos tercios de estas emisiones). Otras son la industria y la quema de combustibles fósiles, así como, la quema de biomasa y **las aguas residuales**.

En **aguas residuales**, es importante el cálculo de este gas de efecto invernadero debido a que se produce en Plantas de Tratamiento de Aguas residuales, como subproducto durante los procesos de nitrificación/desnitrificación o en cursos de agua donde el agua residual cruda o parcialmente tratada es descargada.

El informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), titulado “Reducir el N_2O para proteger el clima y la capa de ozono”, señala que el N_2O es ahora la emisión más importante de una sustancia que agota el ozono y el tercero en importancia de los gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera terrestre.

3. Aguas Residuales Municipales y la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) tiene su fundamento en cuatro (4) postulados, a saber:

1. El agua es un recurso finito y como tal debe ser considerado en su Gestión.
2. La Gestión debe tomar en cuenta a todos los actores involucrados, lo que implica una Gestión participativa.
3. La mujer juega un papel fundamental en la provisión, el manejo, la protección y el uso racional del recurso y por lo tanto en la Gestión.

4. El agua tiene un valor económico, lo cual implica que intrínsecamente el agua en su Gestión es un bien social y un bien económico.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) es un marco general de actuación y persigue dos objetivos fundamentales:

1. Garantizar la conservación y el uso sostenible de las aguas, a fin de satisfacer necesidades humanas, ambientales y la demanda generada por procesos productivos de un país.
2. Prevenir y controlar posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

El desafío de la GIRH es la integración del Sistema Natural del agua con el Sistema Socio-Económico-Político del hombre.

Lo que conocemos como **Aguas Residuales Municipales** es una mezcla de aguas residuales domésticas, de infiltración de aguas del subsuelo, de aguas pluviales y de aguas residuales industriales, las cuales ingresan y circulan por los alcantarillados municipales de las ciudades y pueblos.

Las aguas residuales domésticas se generan y provienen principalmente de las viviendas donde habita la población. En menor grado provienen de instituciones públicas y privadas que prestan servicio a los ciudadanos. Las aguas residuales domésticas contienen nutrientes básicos (N y P) que potencian la Eutrofización, materia orgánica que demanda oxígeno de los cuerpos receptores, sólidos que afectan las comunidades bénticas de los cuerpos receptores, además de la peligrosidad que implican los patógenos presentes en las heces humanas y otros desechos fisiológicos diluidos en esas aguas.

La infiltración de aguas del subsuelo se genera por el ingreso de estas a través de las juntas no estancas de las tuberías que conforman los alcantarillados municipales. En zonas de nivel freático alto, pueden generar el ingreso de grandes volúmenes de agua a los alcantarillados municipales y afectar la operatividad de los sistemas depuradores.

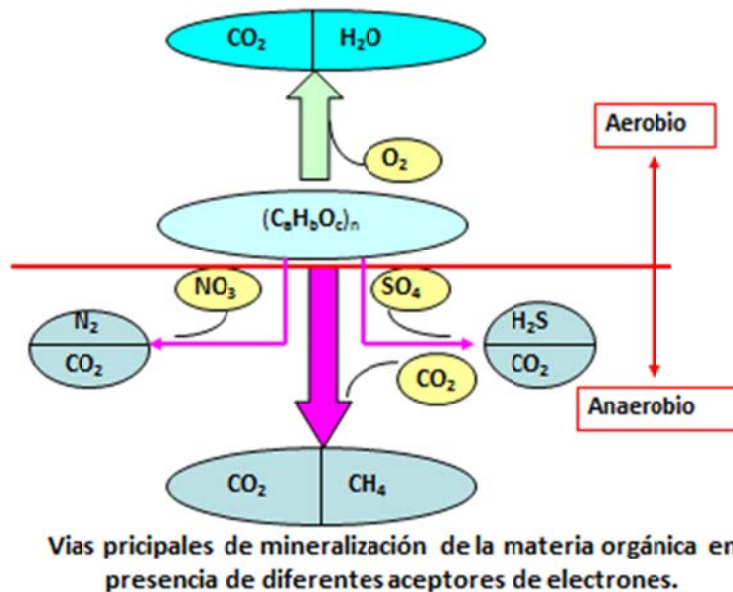
Las aguas de lluvia provienen de la incorporación a los alcantarillados municipales de los drenajes pluviales de los techos de las edificaciones y la escorrentía pluvial urbana. Las aguas pluviales aportan grandes volúmenes de agua “poco contaminas”, que pueden también dificultar la operatividad de plantas depuradoras municipales.

Las aguas residuales industriales provienen en general de las instalaciones industriales. La legislación vigente en Venezuela (Decreto 883) obliga a su adecuación antes de incorporarlas a los alcantarillados municipales. Esa

adecuación es en términos de temperatura, pH y la concentración de algunos compuestos y elementos tóxicos y metales pesados.

4. Bioquímica de los procesos metabólicos microbianos.

Tradicionalmente el metabolismo microbiano se clasifica en función de quién es el aceptor final de electrones en la cadena transportadora. La Figura 4.1 ilustra lo anteriormente expuesto.



C. Espinosa J.

Figura 4.1 Bioquímica de los procesos microbianos en función de los diferentes aceptores de electrones.

Cuando el aceptor final de electrones en la cadena transportadora es el Oxígeno Disuelto (O_2), el metabolismo se denomina Aerobio, y los productos finales son CO_2 y H_2O . En otros casos el aceptor final son compuestos diferentes al O_2 y en esa condición el metabolismo se denomina Anaerobio.

Si el aceptor final de electrones es el Nitrato (NO_3) el proceso se denomina **Desnitrificación** y los productos finales son N_2 y CO_2 . Si el aceptor final es el Sulfato (SO_4), el proceso se llama **Reducción de Sulfatos** y los productos finales H_2S y CO_2 . Así mismo cuando el aceptor final de electrones es el Dióxido de Carbono (CO_2) el proceso se denomina **Metanogénesis** y los productos finales son CH_4 y CO_2 .

En el tema de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) revisten mucha importancia la Desnitrificación y la Metanogénesis. En el caso de la Desnitrificación su vinculación con las emisiones de GEI no es tan evidente como en la Metanogénesis, lo cual es oportuno aclarar.

En la Desnitrificación a gas Nitrógeno (N_2) la secuencia reductora desasimilatoria se establece de la siguiente manera (Madigan et al, 1997) y (Stanier et al, 1976):



(Nitrato a Nitrito a Oxido Nítrico a Óxido Nitroso a Nitrógeno Molecular)

Como se observa en la secuencia reductora desasimilatoria, aparece como producto intermedio el **Óxido Nitroso**, que como se ha dicho es un GEI con un Potencial de Calentamiento Global de 265 veces más potente que el CO_2 y un tiempo de permanencia atmosférico de unos 114 años.

5. Diagnóstico de los servicios básicos de agua potable y saneamiento en el Municipio Libertador del estado Mérida.

El Sexto Objetivo de la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible plantea “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

La Conferencia General de las Naciones Unidas, reunida el 25-11-2015 en la ciudad de Nueva York, EUA, aprobó en su Tercera Comisión, adoptar un nuevo texto basado en la Resolución 68/157 de 2013, en el cual se **reconocen el Derecho Humano al Agua Potable y el Derecho Humano al Saneamiento, como dos Derechos Humanos Fundamentales por separado.**

5.1. Abastecimiento de agua y remoción de excretas en la ciudad de Mérida.

Actualmente, para el abastecimiento de Agua Potable y Tratamiento de las Aguas Residuales, la empresa descentralizada, filial regional de Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN), **AGUAS DE MÉRIDA**, es la encargada del proceso de captación, adecuación de su calidad y distribución a la población de este vital recurso, así como de la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales que se generan. En lo que respecta a la ciudad de Mérida, la cual conforma el Municipio Libertador, **Aguas de Mérida** abastecía una población que superaba los 217.000 habitantes en el 2010 (INE, Censo 2011).

Cabe destacar que, para efectos del presente trabajo, se consideraron doce (12) parroquias de las quince (15) que conforman el Municipio Libertador, excluyendo las parroquias Gonzalo Picón Febres, El Morro y Los Nevados, territorios rurales que se encuentran fuera de los límites del área de la Poligonal Urbana de la ciudad de Mérida. En cuanto al servicio de suministro de agua potable, en el Censo Nacional llevado a cabo en el año 2010, el Instituto Nacional de Estadística proporcionó información sobre la frecuencia del servicio en todas las viviendas censadas. De allí se desprende que en 2010, el 96,33% de las viviendas empadronadas en las 12 parroquias, reciben el vital líquido todos los días, es decir 51.413 hogares, incluidos en la poligonal urbana de la ciudad de Mérida

En cuanto a la manera como se abastece de agua potable a las viviendas donde habitaba la población emeritense, para el año 2010, destaca que la mayoría de las residencias (98,68%) gozaban de servicio de agua por tuberías.

De igual manera, se puede observar los altos niveles de cobertura de agua potable en las viviendas, a nivel de parroquia, los cuales oscilan entre 99,88% en la Parroquia El Llano y 95,90% en la Parroquia Lasso de la Vega.

Referente a la recolección de aguas residuales en el Municipio Libertador se aprecia que de las viviendas un 96,32% poseían pocetas conectadas a cloacas sanitarias y un 2,74% pocetas conectadas a pozo séptico, lo cual representa a nivel del Municipio un índice de cobertura habitacional sanitaria del orden de 99,06 %. A nivel de las parroquias del Municipio Libertador del Estado Mérida, incluidas en la poligonal urbana de la ciudad de Mérida, se observan altos niveles de eliminación de excretas mediante pocetas conectadas a cloacas sanitarias en las viviendas, las cuales oscilan entre 99,7% en la Parroquia El Sagrario y 90,4% en la Parroquia Arias. En este último caso, Parroquia Arias, se percibe también que el 7,54% de las pocetas de las viviendas descargan a pozos sépticos y campos de infiltración.

5.2. Tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Mérida.

La ciudad de Mérida cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ubicada en las instalaciones del Jardín Botánico en la Avenida Alberto Carnevali, vía La Hechicera. Esta obra sanitaria construida en la década de 1980 no ha sido puesta en marcha a la fecha. Fue concebida como el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Núcleo Universitario La Hechicera “Pedro Rincón Gutiérrez” de la Universidad de Los Andes. Esta PTAR se basa en un sistema de lodos activados convencional. La razón fundamental de nunca haber sido puesta en servicio, se atribuye a que las aguas residuales del Núcleo Universitario La Hechicera no aportan suficiente carga orgánica al sistema de lodos activados de la PTAR. Se han realizado estudios orientados a la incorporación de sectores aledaños a la PTAR (Santa

Rosa, San Pedro y Sectores Residenciales de la Avenida Alberto Carnevali) a fin de lograr los aportes requeridos de carga orgánica, pero a la fecha no se ha concretado la incorporación propuesta.

En el año 2000 el Ministerio del Ambiente a nivel central, contrató un proyecto a la UAPIT-FI-ULA para el Saneamiento del río Albarregas a su paso por la ciudad de Mérida. Como producto del estudio se diseñó un sistema de colectores marginales que interceptan y canalizan las aguas residuales a PTAR ubicadas estratégicamente a lo largo del río Albarregas a su paso por la ciudad de Mérida. A la fecha (2019) ni el colector marginal ni las PTAR han sido construidas.

En resumen, en la ciudad de Mérida todas las aguas residuales son vertidas crudas a los ríos Chama, Albarregas y sus afluentes, a su paso por la ciudad, mediante unas 50 descargas puntuales.

6. Metodología

La cuantificación de Gases de Efecto Invernadero por aguas residuales municipales (CH_4 y N_2O) para la ciudad de Mérida se realizó mediante la Metodología del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2006).

7. Resultados, Discusión y Reflexiones Finales.

El Censo Nacional de 2010 suministró información valiosa e interesante que permite calificar el servicio de agua potable y saneamiento de la ciudad de Mérida. Conforme al análisis de la información del censo se puede afirmar que en el año 2010 la ciudad tenía una excelente frecuencia de servicio de agua (96% recibía agua todos los días), una excelente cobertura de agua potable con conexión intradomiciliaria de 98% y una excelente cobertura de alcantarillado sanitario de 96%. No obstante la ciudad de Mérida actualmente carece de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, razón por la cual todas sus aguas residuales son dispuestas mediante vertimientos crudos a los ríos Chama, Albarregas y sus afluentes a su paso por la ciudad.

Los resultados de un muestreo de aguas para determinar Oxígeno Disuelto (O_2), realizado en la ciudad de Mérida el día 06-09-18, en 15 puntos representativos de descargas de colectores de Aguas Residuales Municipales y en los ríos Chama, Albarregas y en otros afluentes como el río La Pedregosa, las quebradas Gavidia, Milla, La Mata y Pozo Azul, reportaron valores de Oxígeno Disuelto (O_2), con un mínimo de $2,76 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ en la descarga del colector del sector Santo Domingo en el Río Albarregas a la altura del Laboratorio de Hidráulica de la ULA y un máximo de $7,91 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ en la Quebrada Pozo Azul a la altura de la Asociación de Ganaderos.

Como se trató en el Título 4 del presente Documento “Bioquímica de los Procesos Metabólicos Microbianos”, tanto la Metanogénesis como la Desnitrificación son procesos anaerobios. Lo anterior implica que el aceptor final de electrones en ambos casos no es el O_2 , siendo este tóxico para los microorganismos responsables de estos procesos metabólicos.

Lo anterior permite hacer la primera reflexión sobre los resultados de este trabajo. Las altas pendientes de los colectores que conforman el alcantarillado sanitario municipal de la ciudad de Mérida, y la turbulencia de los ríos y quebradas que discurren por la ciudad, transfieren grandes cantidades de Oxígeno Disuelto, que inhiben la Metanogénesis y la Desnitrificación.

Los niveles de O_2 medidos en los ríos que atraviesan la ciudad de Mérida, implican que las masas de contaminantes descargadas por las aguas residuales a estos cuerpos receptores no han copado aún la capacidad de autodepuración de los cursos de agua. Esta segunda reflexión nos advierte de que a futuro el aumento de la población en la ciudad de Mérida progresivamente irá disminuyendo la capacidad de autodepuración de los ríos Chama, Albarregas y sus afluentes. Afortunadamente en la meseta de Mérida no abundan terrenos para nuevos desarrollos urbanos y por sísmica la altura de las edificaciones está restringida.

La tercera reflexión surge a consecuencia de las dos primeras. Actualmente desde el punto de vista de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) CH_4 y N_2O por aguas residuales en la ciudad de Mérida, la condición con y sin Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (PTARM) en la práctica es la misma. Por supuesto la construcción y operación de PTARM en la ciudad de Mérida se justifica plenamente por otras razones fundamentadas en la Salud Pública y la preservación del ambiente.

Una PTARM convencional aerobia de Lodos Activados, para procesar la carga anual de materia orgánica que las ARM descargan en los ríos de la ciudad puede requerir, para una remoción de 70% de DQO, unos 6.442.207 KWh/año (735 KWh). Producir esa energía eléctrica a su vez genera emisiones estáticas de CH_4 y N_2O . El análisis anterior permite formular la cuarta reflexión. Los ríos que reciben las descargas de las aguas residuales municipales crudas de la ciudad de Mérida (ríos Chama, Albarregas y sus afluentes) generan actualmente (año 2020) un costo evitado equivalente al valor económico de los 6.442.207 KWh/año (735 KWh), valor que se incrementa anualmente conforme aumenta la población.

La quinta reflexión surge al comparar las emisiones (Tablas 6.6 y 6.9 del TDI) de GEI -CH₄ y N₂O- por aguas residuales en la ciudad de Mérida. Para la condición actual de inhibición de Metanogénesis implica una diferencia de 82% de CH₄. En cuanto al N₂O para la condición de inhibición de Desnitrificación propia de Mérida las reducciones de emisiones son del 100%. En este caso los ríos que reciben las descargas de las aguas residuales municipales crudas de la ciudad de Mérida (ríos Chama, Albarregas y sus afluentes) generan actualmente (año 2020) un costo evitado equivalente al valor económico de implementar una tecnología de tratamiento capaz de impedir la emisión de 12.832,78 To CO₂-eq/año, valor que se incrementa anualmente conforme aumenta la población.

Para las distintas Parroquias del área metropolitana del Municipio Libertador, ubicadas dentro de la poligonal urbana de la Ciudad de Mérida, se puede verificar que para la actual condición de inhibición de metanogénesis la Parroquia Jacinto Plaza es la que genera mayores emisiones de CH₄, seguida por las Parroquias Arias, JJ Osuna Rodríguez y Lasso de La Vega. Estos resultados se corroboran al analizar la información disponible en el Censo de 2010, en la cual se puede verificar que estas Parroquias son las que presentan menores porcentajes de conexiones domiciliarias de pocetas a alcantarillados municipales, y los mayores porcentajes de conexión de pocetas a sistemas de pozo séptico (sistema anaerobio).

Como reflexión final se plantea que en el momento de considerar los Servicios Ambientales de los ríos que surcan la meseta de Mérida, además de los servicios clásicos de suministro de agua para los distintos usos, refugio y hábitat de flora y fauna, pulmón vegetal, recreación y secuestro de carbono, hay que tomar en cuenta que por sus características estos ríos, actualmente (año 2020), disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero por aguas residuales municipales en 82% de CH₄ y 100% de N₂O. Como consecuencia directa evitan la emisión de 12.832,78 To CO₂-eq/año y ahorran la generación de 6.442.207 KWh/año de energía eléctrica con sus correspondientes emisiones estáticas de CH₄ y N₂O.

Para finalizar este Discurso de Incorporación se citarán las conclusiones del Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council), un Apéndice de la Academia Nacional de Ciencias, de la Academia Nacional de Ingeniería y del Instituto de Medicina de los Estados Unidos de América, en su publicación “Cambio Climático: Evidencias, Impactos y Opciones” (NRC, 2013): “Responder ante el cambio climático consiste en tomar decisiones de cara al riesgo. Cualquier curso de acción lleva consigo riesgos potenciales y costos, pero la inacción puede representar el mayor riesgo frente al cambio climático y sus impactos. Las decisiones climáticas serán hechas por los funcionarios elegidos, los líderes empresariales, los individuos, así como otros tomadores

de decisión; este tipo de decisiones involucrará numerosos juicios de valor más allá de los alcances de la ciencia. Sin embargo, un conocimiento científico robusto y sus análisis son cruciales para fundamentar las decisiones”.

REFERENCIAS

Banco Interamericano de Desarrollo BID (2016). “Guía Metodológica. Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Apéndice de Indicadores”. Banco Interamericano de Desarrollo. Tercera Edición. Washington, D.C. USA.

Congreso Nacional de la República de Venezuela. “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”, Decreto N° 883, G.O. N° 5.021 Extraordinaria de fecha 18 de diciembre de 1995.

Guerra, M., Hernández, M., López, M. y Alfaro, M. (2013). “Valores de referencia de proteínas para la población venezolana”. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 63 N°4, 2013.

Instituto nacional de Estadística (INE). 2014. “XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal y municipio del estado Mérida”.

IPCC (2006). “Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”. Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Volumen 2, Capítulo 3.

Madigan, M., Martinko, J. y Parker, K. (1997). “Biología de los Microorganismos”. Octava Edición. ISBN 84-89660-36-0. Prentice Hall International, UK.

Naciones Unidas - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2016). “Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe”. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/10/S1700334_es.pdf

NRC (2013). “Cambio Climático: Evidencias, Impactos y Opciones”. Consejo Nacional de Investigaciones de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y del Instituto de Medicina de los Estados Unidos. Publicado por la Editorial de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). Washington, DC, USA.

OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMATIC (2013). “Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), España.

República Bolivariana de Venezuela (2011). “Censo Nacional 2011”. Instituto Nacional de Estadísticas. Caracas, Venezuela.

Stanier, R., Adelberg, E. and Ingraham, J. (1976). “The Microbial World”. Fourth Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. USA.

Apéndice I **Resultados del muestreo de aguas** **realizado en 06 de septiembre de 2018**

Antecedentes y Justificación.

Con el objetivo de verificar o descartar las condiciones anóxicas requeridas para la metanogénesis y la desnitrificación en los cuerpos receptores y algunos colectores del alcantarillado sanitario de la ciudad de Mérida, se realizó un muestreo de guas para determinar el contenido de Oxígeno Disuelto (OD).

Para tal fin, el día 06-09-18 se tomaron 14 muestras en diferentes puntos de la ciudad y se le determinó concentración de Oxígeno Disuelto (OD). En la Tabla 1 se señalan las muestras captadas para su análisis, por número de identificación y localización. La Figura 1 muestra la ubicación en la ciudad de Mérida de los puntos de muestreo.

Tabla 1. Identificación y localización de muestras de agua tomadas en la ciudad de Mérida, el día jueves 06-09-18.

Identificación de muestra	Localización de la toma de muestra
1	Río Milla, Descarga Colector, Puente Parque La Isla
3	Río Albarregas, Puente Albarregas, Corpoandes
4	Río Albarregas, Descarga Colector Santo Domingo (Sector Cruz Verde)
5	Río Albarregas, Puente (Sector Cruz Verde)
6	Quebrada Gavidia, Casa Blanca
7	Quebrada Gavidia, Urb. Belenzate – La Hacienda
8	Río La Pedregosa, Puente Sai Sai
9	Quebrada La Mata parte Alta
10	Río Albarregas, Puente Estación de Servicio Maduza
12	Quebrada Pozo Azul. Asociación de Ganaderos
13	Río Chama, Puente Chama, La Carabobo
14	Río Chama, Puente Cuesta Las Heroínas
15	Río Chama. Puente Cuesta de Belén
16	Río Chama. Puente Don Perucho



Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Mérida, el día jueves 06-09-18.

Resultados.

Se procedió a realizar la determinación de Oxígeno Disuelto de las muestras captadas por el Método de Winkler, siguiendo el procedimiento del Standard Methods Water 20th (APHA), Método 4500-B. Se utilizó como agente titulante Tiosulfato de Sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en concentración 0,024 N. La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos para cada muestra.

Tabla 2: Resultados de la determinación de Oxígeno Disuelto por muestra. Muestreo realizado el 06-09-18.

Identificación de la muestra	Localización de la muestra captada	Contenido de Oxígeno Disuelto (OD) [g/m³]
1	Río Milla, Descarga Colector, Puente Parque La Isla	6,27
3	Río Albarregas, Puente Albarregas, Corpoandes	5,45
4	Río Albarregas, Descarga Colector Santo Domingo (Sector Cruz Verde)	2,76
5	Río Albarregas, Puente (Sector Cruz Verde)	4,99
6	Quebrada Gavidia, Casa Blanca	3,07
7	Quebrada Gavidia, Urb. Belenzate – La Hacienda	6,00
8	Río La Pedregosa, Puente Sai Sai	7,03
9	Quebrada La Mata parte Alta	6,00
10	Río Albarregas, Puente Estación de Servicio Maduza	6,87
12	Quebrada Pozo Azul. Asociación de Ganaderos	7,91
13	Río Chama, Puente Chama, La Carabobo	5,38
14	Río Chama, Puente Cuesta Las Heroínas	5,99
15	Río Chama. Puente Cuesta de Belén	7,53
16	Río Chama. Puente Don Perucho	6,37

Conclusión

Con los niveles de Oxígeno Disuelto observados en los resultados de la Tabla 2, se descarta la ocurrencia de metanogénesis y desnitrificación en los colectores y cuerpos receptores, en el momento de la toma de muestras.

Carlos F. Espinosa Jiménez
Profesor Titular del CIDIAT-ULA