

# TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MÉXICO: UNIR LA NECESIDAD DE INCREMENTAR LA COBERTURA Y LA CONFIABILIDAD DE SU OPERACIÓN CON LA OPORTUNIDAD DE REDUCIR SUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

ADALBERTO NOYOLA, DANIEL DE LOS COBOS, JUAN MANUEL MORGAN Y MARGARITA CISNEROS

En México, 45% del agua residual colectada en sistemas de drenaje es tratado de alguna manera, no siempre con la eficiencia requerida. Es así que 55%, al cual se vienen a sumar los efluentes inadecuadamente tratados, es descargado sin tratamiento a los cuerpos de agua, o bien usados para riego agrícola con graves impactos sobre la salud y el ambiente.

Para hacer frente a la demanda de infraestructura y el cumplimiento de las normativas ambientales, la selección de tecnologías de tratamiento debe tomar en cuenta no solo aspectos tecnológicos, económicos y sociales, sino los impactos al ambiente, incorporando criterios de sostenibilidad y planeación a largo plazo. En este sentido, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) constituyen un importante impacto de la gestión y tratamiento del agua residual, ya que contribuyen directamente al Cambio Climático (CC).

Con cerca de 7% de contribución global de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente y 55% de agua residual no tratada, la gestión del tratamiento de agua residual en México puede contribuir al cumplimiento de las políticas nacionales de cambio climático. En ese sentido, es necesario diseñar y aplicar estrategias de mitigación apropiadas a las condiciones actuales y futuras de la infraestructura de tratamiento de agua residual, teniendo como objetivo una menor huella de carbono.

La emisión de metano a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México tendrá cinco escenarios en 2030 (Noyola *et al*, 2016). Con el fin de apoyar la toma de decisiones que favorezca la adopción de sistemas de tratamiento más sostenibles, cinco escenarios tecnológicos fueron analizados para México, en el horizonte 2030, con 100% de cobertura (Tabla 1). Además, fue considerado un escenario

Tabla 1. Descripción de los escenarios tecnológicos propuestos para el tratamiento de aguas residuales municipales en el horizonte 2030

Escenario Agenda 2030	Escenario B1	Escenario B2	Escenario B3	Escenario B4
100% Tratamiento de aguas residuales colectadas. Mezcla actual de tecnologías de tratamiento.	Nueva infraestructura de PTAR de tipo aerobio: Discos biológicos Dual Lagunas aireadas Lodos activados Zanjas de oxidación	Nueva infraestructura de PTAR de tratamiento combinado. Reactor UASB seguido de: Discos biológicos Filtros biológicos Lagunas aireadas Lodos activados Zanjas de oxidación Quema de CH <sub>4</sub> en antorcha (76% del total generado).	Sobre la base de Esc. B2 Escenario "Cero Emisiones": Captación de 100% del CH <sub>4</sub> disuelto y quema en antorcha (total 95% del CH <sub>4</sub> generado).	Sobre la base de Esc. B2 Aprovechamiento de CH <sub>4</sub> para producir energía eléctrica en PTAR mayores a 500 l/s PTAR menores: Captación de 50% del CH <sub>4</sub> disuelto (25% del generado) y quema en antorcha (total 83.75% del CH <sub>4</sub> generado).

En todos los escenarios existe una cobertura de 100% de tratamiento de aguas residuales municipales recolectadas y las descargas que cumplen con la calidad establecida por la normatividad

tencial donde no se presentan cambios ni en las políticas ni en el ritmo de avance de la cobertura, de tal manera que sirviera como escenario base (EB).

La metodología del IPCC para los inventarios nacionales de GEI fue utilizada para determinar las emisiones de metano, basados en los factores propuestos por *default* Metodología Tier 1. Para cada instalación de tratamiento (2186 plantas), fueron estimadas las remociones de materia orgánica (demanda bioquímica de oxígeno, DBO), con base en un influente con una DBO de 244 mg/L, valor representativo del agua residual municipal en Latinoamérica (Noyola *et al*, 2012).

La producción anual de CO<sub>2</sub>eq. del EB y los cinco escenarios mejorados se presentan en la figura 1, para el periodo 2010–2030. La diferencia entre los escenarios EB y A2030 es debida a la cobertura de tratamiento que alcanzan (87% vs 100% respectivamente). La reducción de las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de agua residual municipal en México podría ser tan elevada como 34% si es comparada con el escenario EB. Esto podría alcanzarse con el uso de procesos con tecnologías combinadas anaerobio-aerobio que incluyan la recuperación de metano disuelto con una alta eficiencia en su combustión, junto con la cogeneración de electricidad en instalaciones con capacidad de tratamiento mayores de 500 L/s. Si la producción de electricidad no es considerada, la reducción de las emisiones de GEI se limita a 14%. Claramente, el impacto de la recuperación de biogás para producción de

energía eléctrica es altamente significativo en la reducción de las emisiones de GEI.

Es importante hacer notar que la adopción del escenario B4 representaría, en el año 2030, una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq. con relación a 1990 de 25%, lo cual sería un resultado claramente positivo en la estrategia nacional de mitigación de emisiones.

La producción de biogás y su recuperación del agua residual constituyen una fuente renovable de energía y podría tener beneficios ambientales significativos en términos de emisiones de GEI. Más aun, al realizar una estimación económica aproximada se puede observar que adoptar el escenario de tecnología híbrida anaerobio-aerobio en lugar del completamente aerobio, puede representar ahorros en la inversión inicial (al menos 10%). Un ahorro más significativo puede resultar en la operación y mantenimiento (alrededor de 40% en los gastos anuales en cada rubro)

Control de metano disuelto en efluentes anaerobios (Huete *et al*, 2016). La gestión adecuada del biogás generado en la mayoría de plantas anaerobias municipales pequeñas (< 25 L/s) es una problemática ambiental presente en los países de América Latina, ya que el biogás generado es sólo ventilado a la atmósfera, contribuyendo de esta forma directamente al inventario de gases de efecto invernadero. Aunado a esta práctica inadecuada, las pérdidas de CH<sub>4</sub> disuelto en los efluentes de reactores anaerobios que tratan aguas residuales municipales

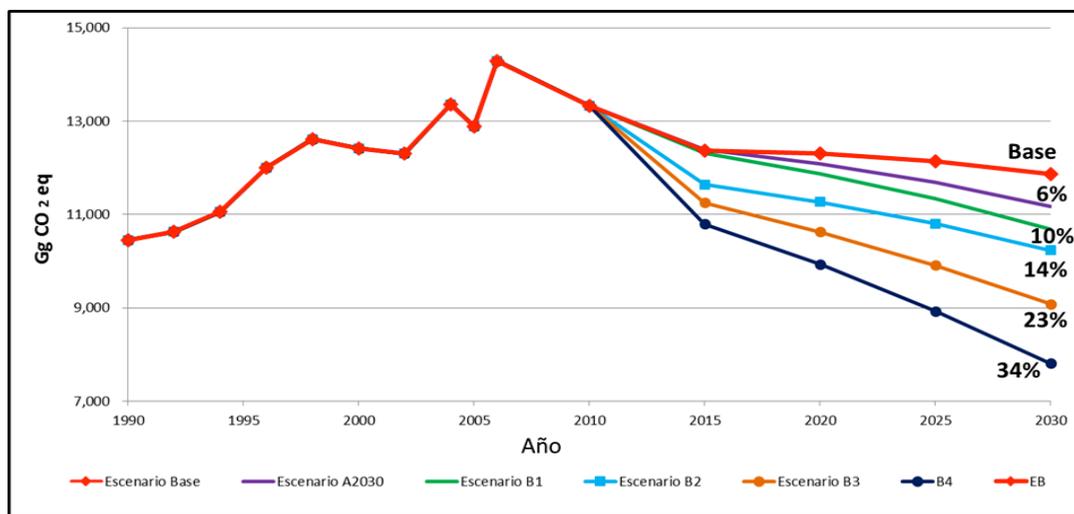


Figura 1. Emisiones de CO<sub>2</sub> eq. a partir del tratamiento de aguas residuales municipales en el horizonte 2030 en función de 5 escenarios tecnológicos (Noyola *et al*, 2016).

representan entre 30 y 60% del total de  $\text{CH}_4$  generado en el reactor.

El Instituto de Ingeniería ha desarrollado un sistema piloto para desorber y oxidar el metano disuelto (y el sulfuro de hidrógeno) en los efluentes anaerobios, aplicable particularmente a pequeñas plantas de tratamiento. Está constituido por una columna de desorción y un biofiltro relleno de composta, como se muestra en la figura 2. En la columna se desorben los gases disueltos en el efluente anaerobio ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ) y son alimentados al biofiltro. En esta unidad, microorganismos oxidan la mezcla  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{S}$  a productos menos nocivos ( $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) para el medio ambiente. La columna de desorción logra una eficiencia en la desorción de  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{S}$  de 99 y 30% respectivamente, mientras que el biofiltro oxida 75 y 100% de esos gases.

### Conclusión.

La selección de las tecnologías de tratamiento es sumamente importante para conseguir una reducción efectiva de las emisiones de GEI en el sector de tratamiento de agua. Tomar las decisiones correctas puede llevar a alcanzar dos objetivos: la reducción de la descarga directa de agua residual no tratada y la mitigación de emisiones de GEI (metano) provenientes del tratamiento de las aguas residuales municipales. |

### Referencias

1. Huete A., de los Cobos-Vasconcelos D., Gómez-Borraz T., Morgan-Sagastume J. M. y Noyola A. (2016). Control of dissolved  $\text{CH}_4$  in a UASB reactor effluent from municipal wastewater treatment, Proceedings 13<sup>th</sup> IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems, 14-16 September, Athens, Greece.
2. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Eds.: M. R. J. Doorn, S. Towprayoon, S. M. Manso Vieira, W. Irving, C. Palmer, R. Pipatti, C. Wang), Vol. 5: Waste, chapter 6: wastewater treatment and discharge, prepared by the national greenhouse gas inventories programme, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan 2006.
3. Noyola A., Padilla A., Morgan-Sagastume J. M., Güereca L. P., Hernández F. (2012). Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America, CLEAN–Soil, Air, Water, 40 (9), 926-932.
4. Noyola A., Paredes M.G., Morgan-Sagastume J. M., Güereca L. P. (2016). Reduction of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment in Mexico based on technology selection, CLEAN–Soil, Air, Water. 44 (9), 1091-1098.



Figura 2. Planta piloto para el control de las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{S}$  disueltos en el efluente anaerobio. Instalación ubicada en la FES Acatlán (Huete *et al*, 2016)