

# Emisiones de GEI por el sector de Tratamiento de Aguas Residuales en México

**M.G Paredes, L.P. Güereca, A. Noyola**  
Instituto de Ingeniería - UNAM

**Octubre, 2018. Monterrey, Nuevo León**



---

Emisiones de GEI en México

---

Estado actual del TAR en México

---

Emisiones de CH<sub>4</sub> por el sector del TAR

---

Factores de emisión de CH<sub>4</sub> para sistemas de TAR

---

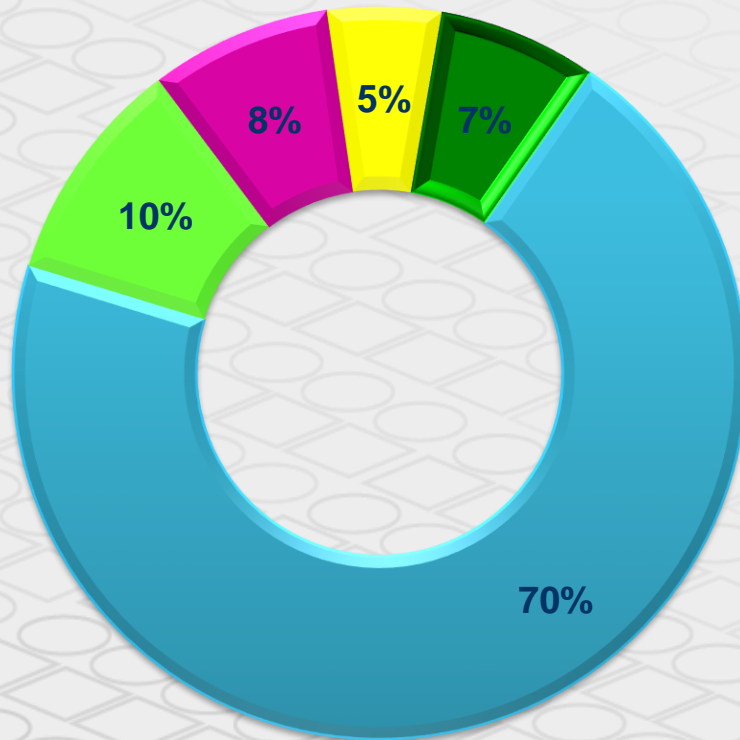
Oportunidades de mejora

---

Comentarios finales

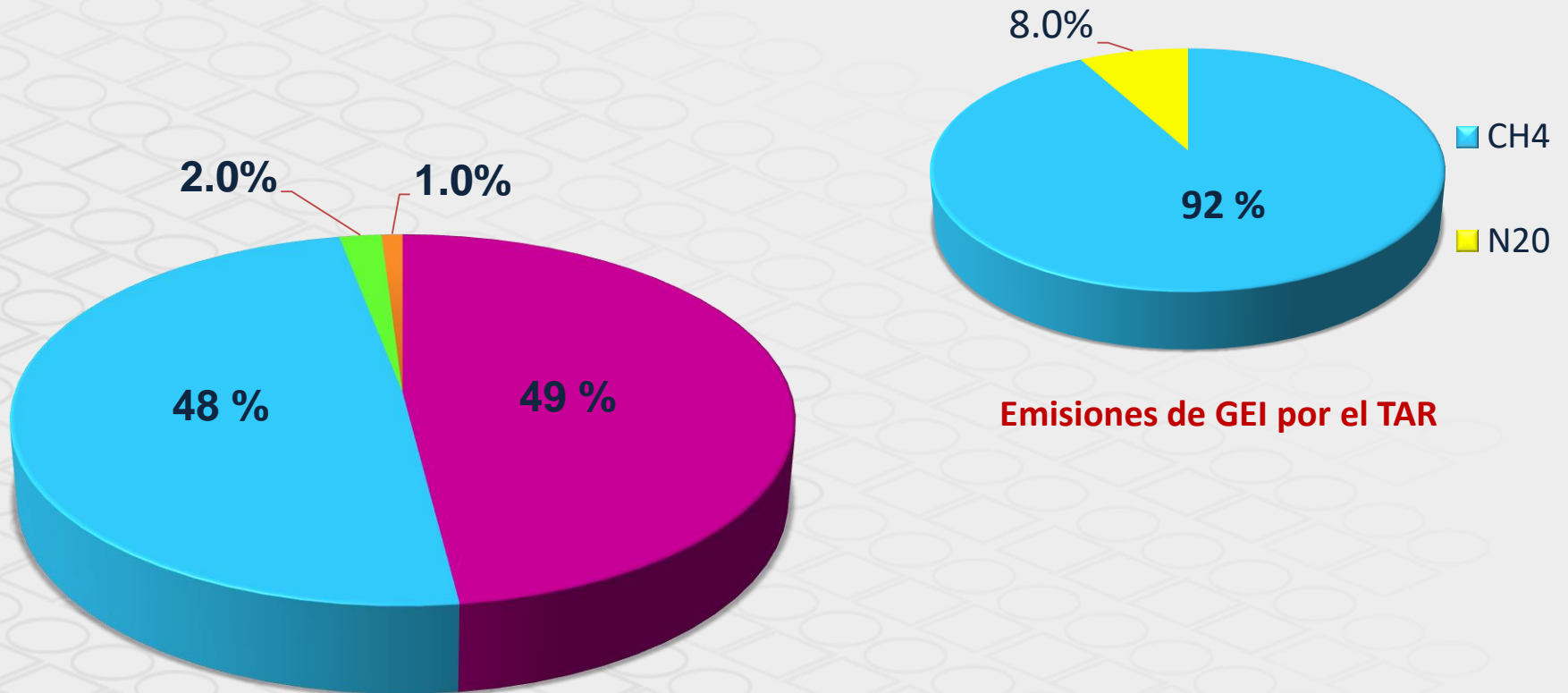
---

**Emissiones Totales (2015): 683 Mt de CO<sub>2</sub> eq**



- Energía
- Ganado
- Procesos industriales
- Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO<sub>2</sub> de la tierra
- Residuos

Emisiones totales (2015): 46 Mt de CO<sub>2</sub> eq (7 % del total)



- Tratamiento de residuos sólidos
- Tratamiento de aguas residuales
- Incineración y quema a cielo abierto de residuos
- Tratamiento biológico de residuos sólidos



- Segundo GEI más abundante después del CO<sub>2</sub>
- Contaminante climático de vida corta (CCVC)
- TAR puede producir CH<sub>4</sub>, dependiendo de la tecnología seleccionada y su operación.
- Tiene un GWP 34 veces mayor que el CO<sub>2</sub> (100 años)





Se estima que el metano producido por el sector del TAR constituye entre el **8 - 11% del total de emisiones de metano mundiales**



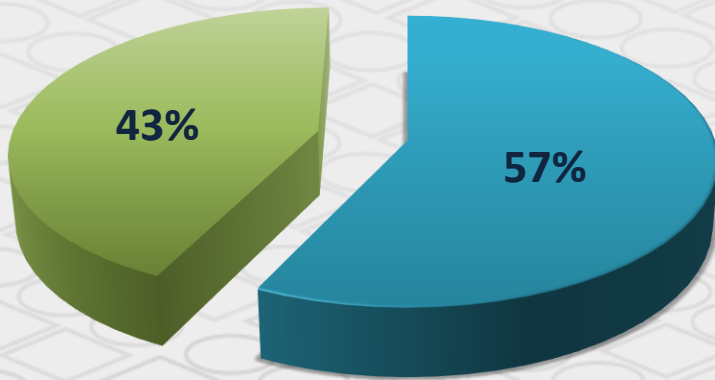
---

# Estado actual del TAR en México

PTAR municipales (2015): **2 477**



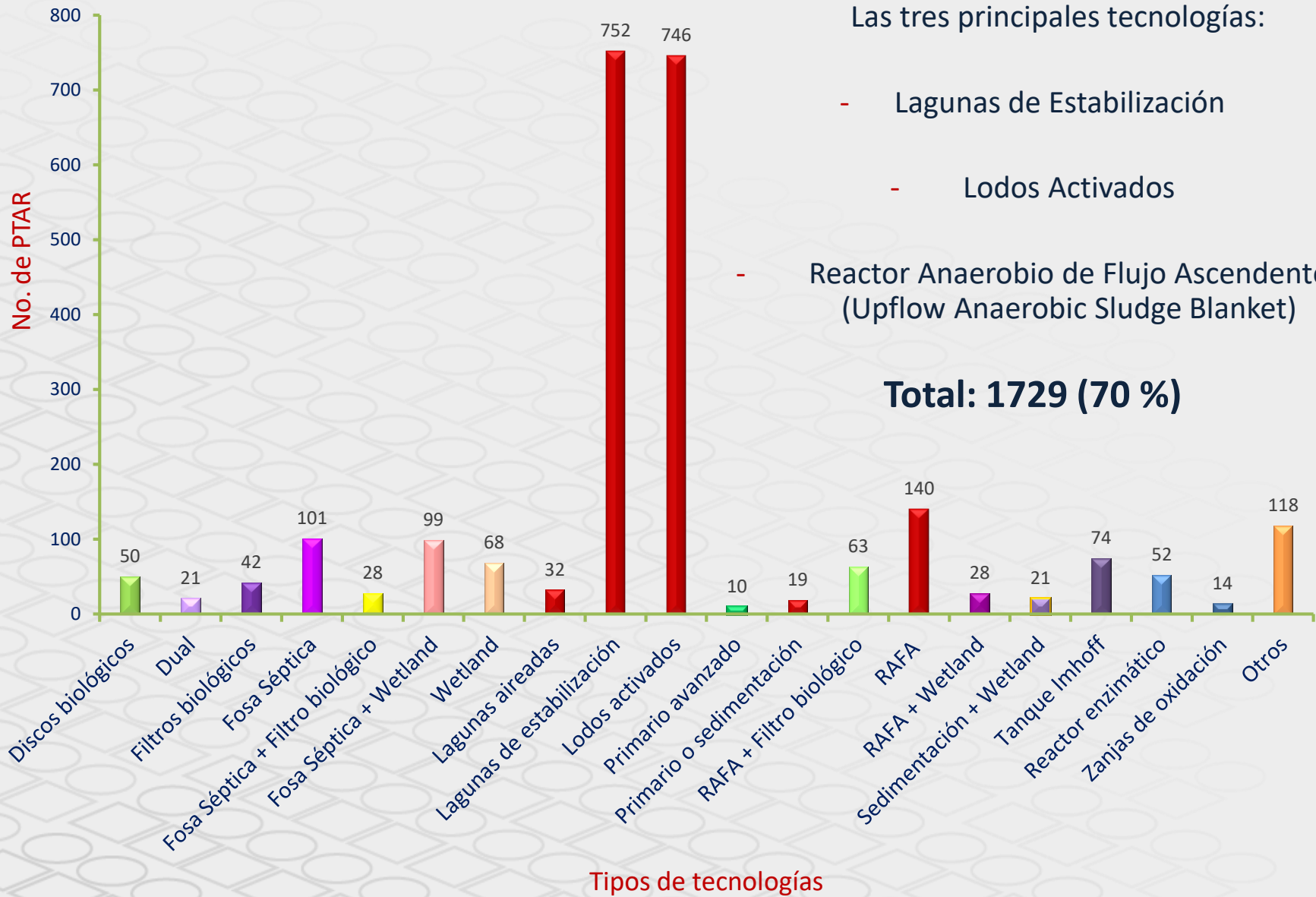
## Tratamiento de aguas residuales en México



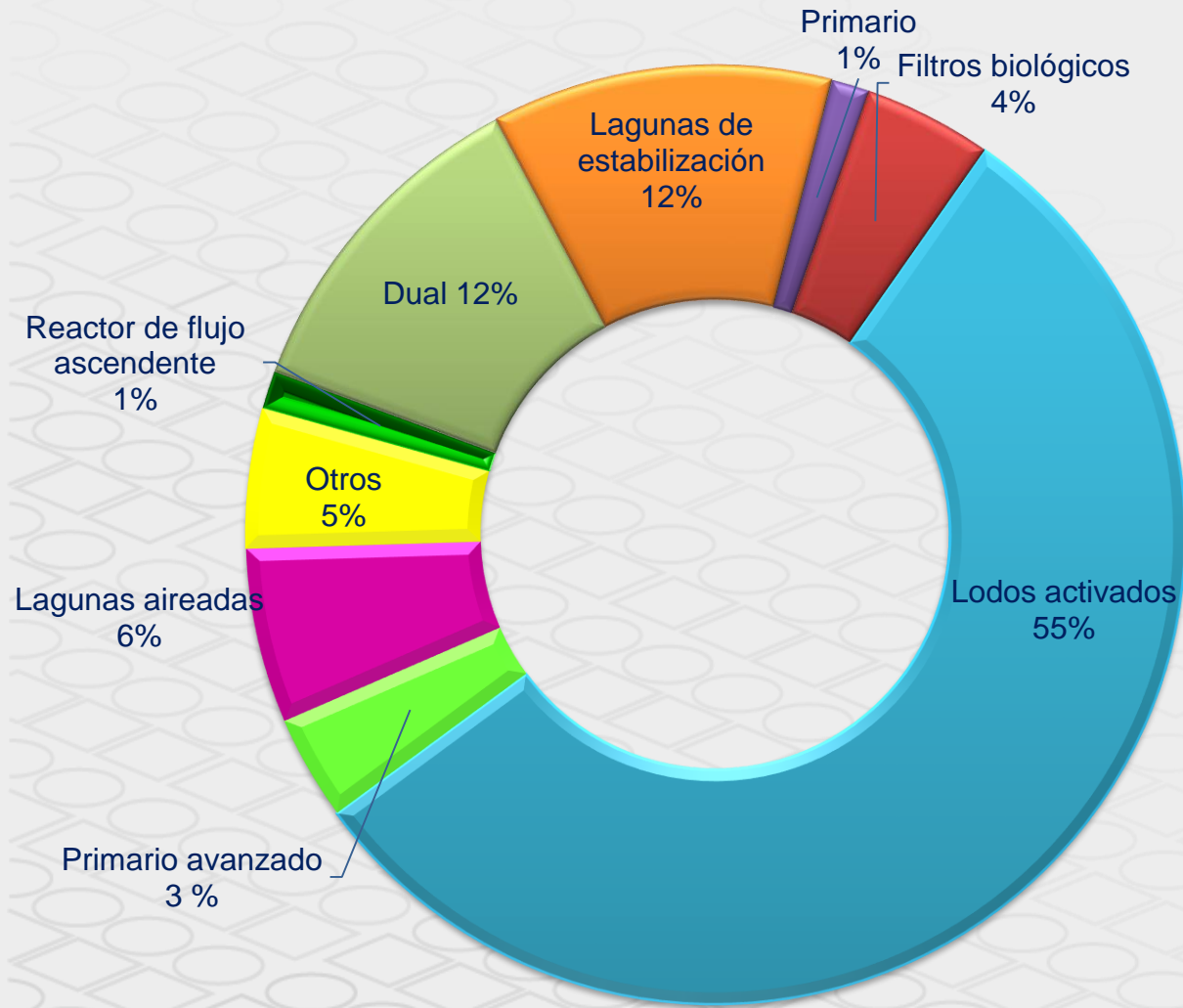
■ Agua residual tratada ■ Agua residual no tratada

Flujo tratado: **120.9 m<sup>3</sup>/s**





# Caudal tratado por tecnología



Las tres principales tecnologías (2015):

- Lodos Activados
- Lagunas de Estabilización
- Dual

**Representan el 79% del caudal tratado en México**

\* Dual: Sistema de tratamiento combinado o doble etapa (filtro percolador + lodos activados)

## Proyectos de investigación realizados

---

Inventario de GEI & Escenarios de mitigación para el año 2030

---

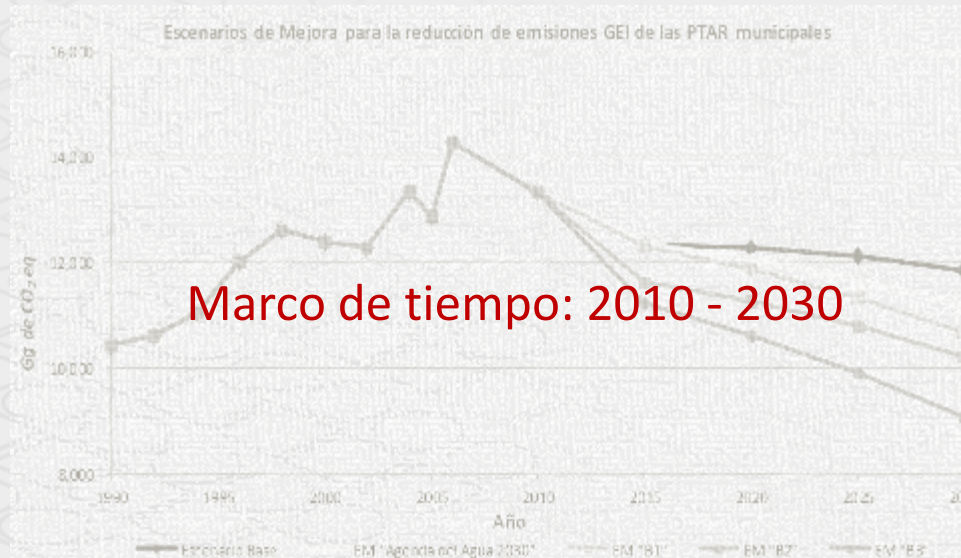
Estimación de factores de emisión de CH<sub>4</sub> de los principales sistemas de TAR en México

---

Factores de corrección del metano para la estimación de emisiones en sistemas aerobios

---

Se estimó el Escenario Base de emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) considerando datos tendenciales de crecimiento tanto poblacional como de infraestructura.

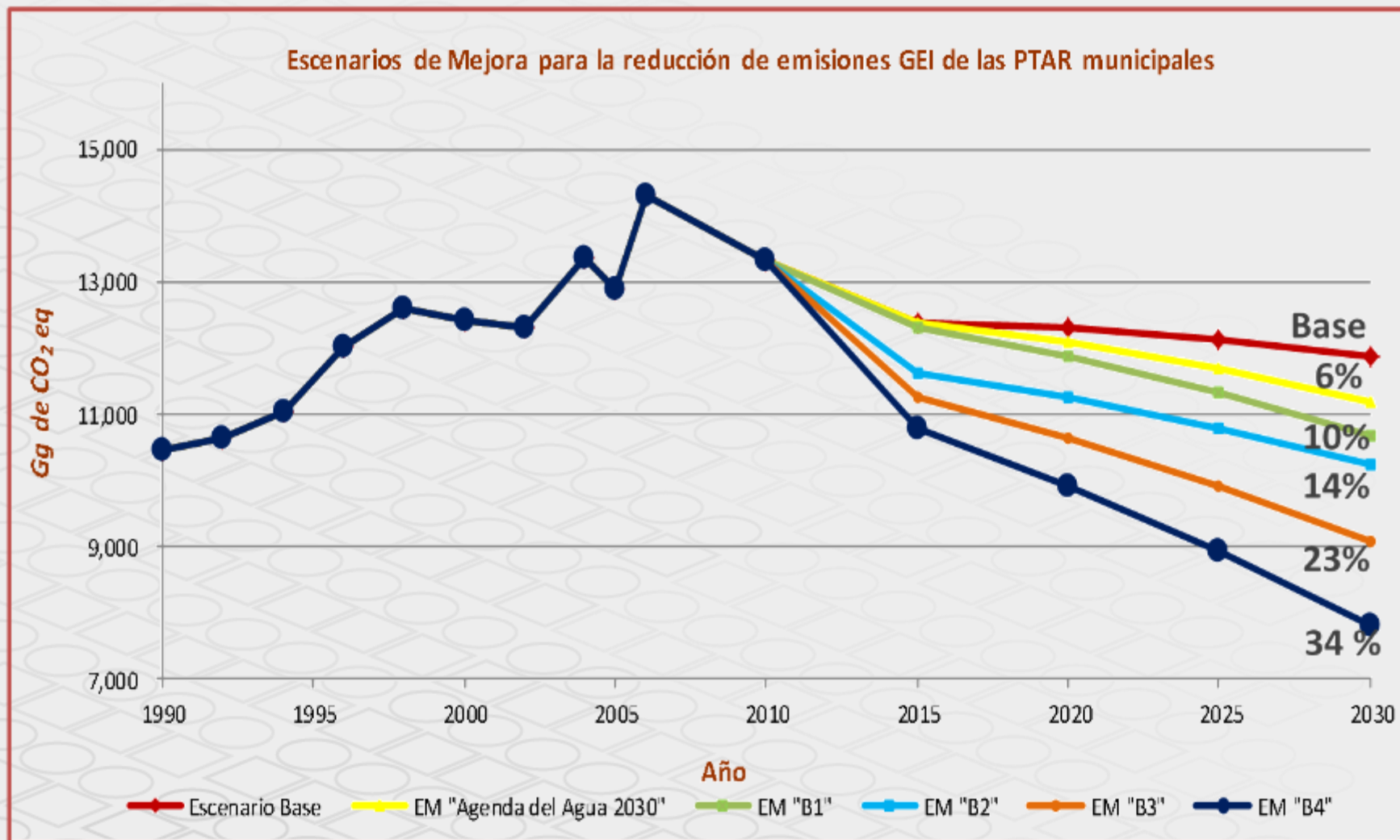


Se propusieron cinco Escenarios de Mejora encaminados a la reducción de emisiones de GEI generados por los procesos TAR municipales a partir del Escenario Base.

## Escenarios de mejora propuestos

 <p><b>EM B1</b></p>	 <p><b>EM B2</b></p>	 <p><b>EM B3</b></p>	 <p><b>EM B4</b></p>
<p>Nueva infraestructura de PTAR sean <b>procesos aerobios</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lodos Activados</li> <li>- Lagunas aireadas</li> <li>- Filtros Percoladores</li> <li>- Discos Biológicos</li> </ul>	<p>Nueva infraestructura de PTAR se empleen <b>procesos combinados</b>:</p> <p>RAFA +</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lodos Activados</li> <li>- Lagunas aireadas</li> <li>- Filtros Percoladores</li> <li>- Discos Biológico</li> </ul> <p>*Quema en flama del 84 % de metano generado</p>	<p>Procesos combinados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El 100 % del <b>metano disuelto</b> generado es colectado para su quema.</li> </ul> <p>* 95 % de eficiencia de quemado</p>	<p>Procesos combinados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El 50% del metano disuelto generado es colectado</li> <li>- El biogás es usado para <b>generar energía eléctrica</b> y suplir parte de la demanda energética de las PTAR ( PTAR &gt; 500 l/s)</li> </ul>

Consideraciones del EM "Agenda del Agua 2030"



---

## **Estimación de factores de emisión de $\text{CH}_4$ de los principales sistemas de TAR en México**



El **Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)** desarrolló una serie de directrices metodológicas para la elaboración de inventarios nacionales de GEI, que permiten a todos los países interesados elaborar sus inventarios de emisiones de forma clara y comparable.

Estas guías son mejoradas constantemente; incluyen instrucciones y manuales de referencia.

**DIRECTRICES DEL IPCC, 2006**

**VOLUME 5. DESECHOS**

**CAPITULO 6. Tratamiento de aguas  
residuales domésticas e industriales**





De acuerdo a lo anterior, se considera de gran importancia generar **factores de emisión específicos** y que deberán tomar en cuenta las condiciones ambientales del país y las tecnologías de tratamiento usadas.

## NIVEL 3

Esta información permitiría minimizar la incertidumbre de los inventarios de emisiones GEI de los TAR municipales en México y así poder contar con datos precisos que permitieran establecer **adecuadas medidas y estrategias de mitigación.**



Incetidumbre

## Impactos en México del TAR municipales en el cambio climático

Emisiones de Metano (teóricas e *in-situ*)  
Estimación de Factores de emisión

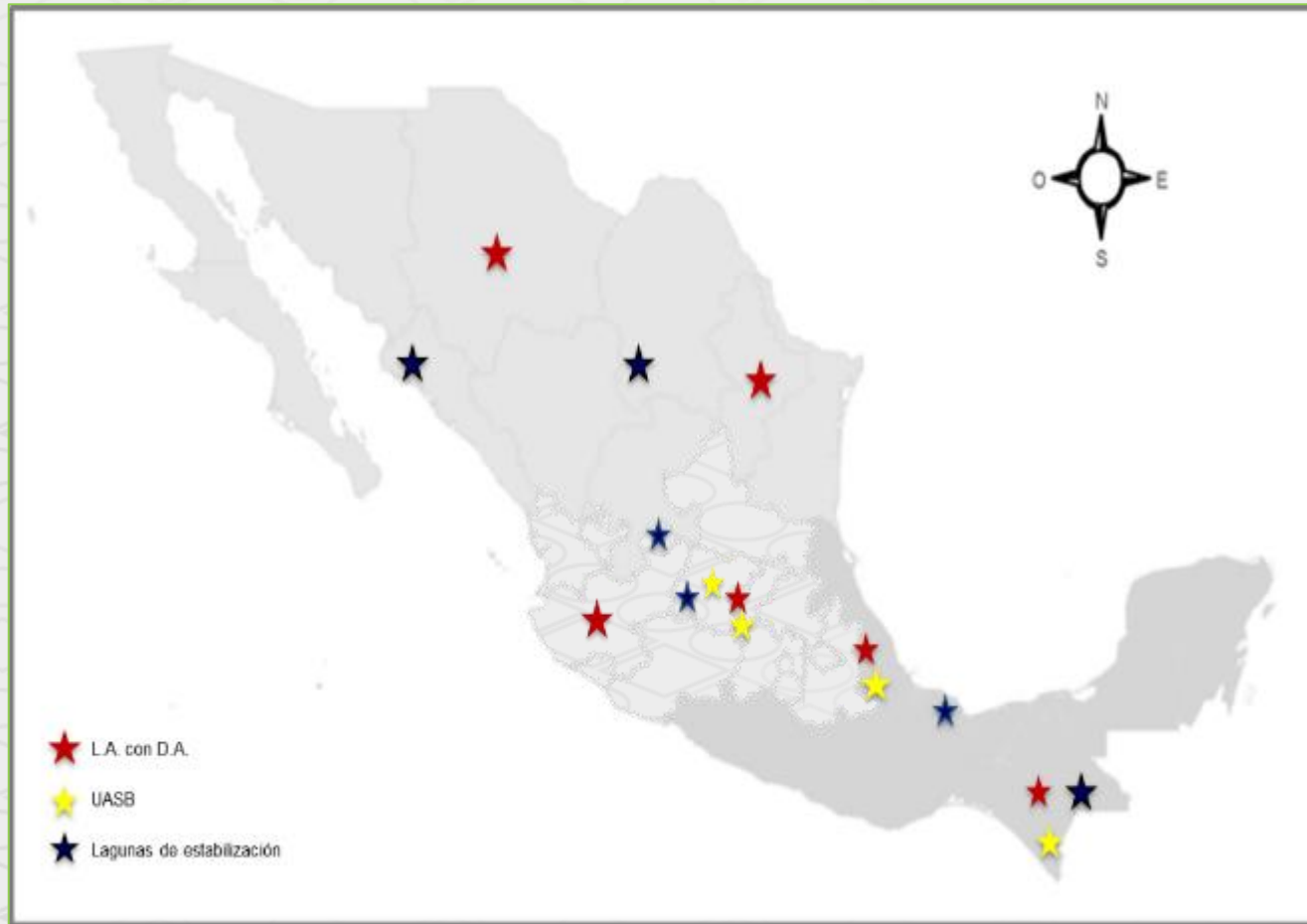
Implementación de  
adecuadas estrategias  
de mitigación.

Lodos activados  
con digestión  
anaerobia

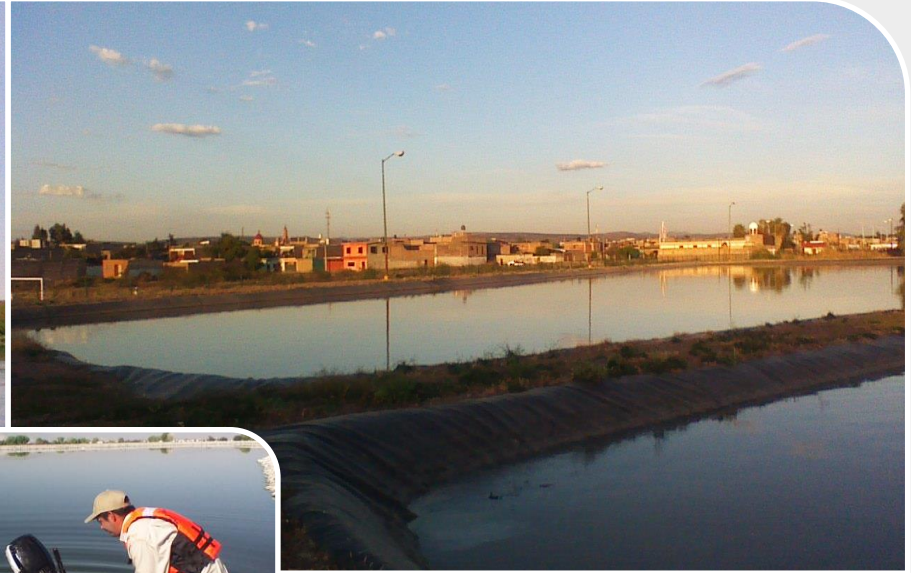
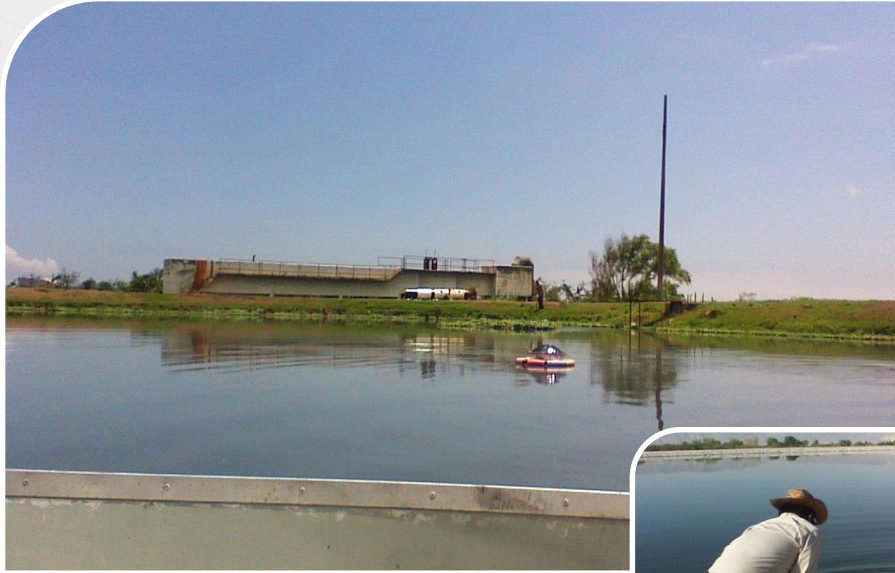
Lagunas de  
estabilización

Reactor anaerobio  
de flujo ascendente  
(UASB)

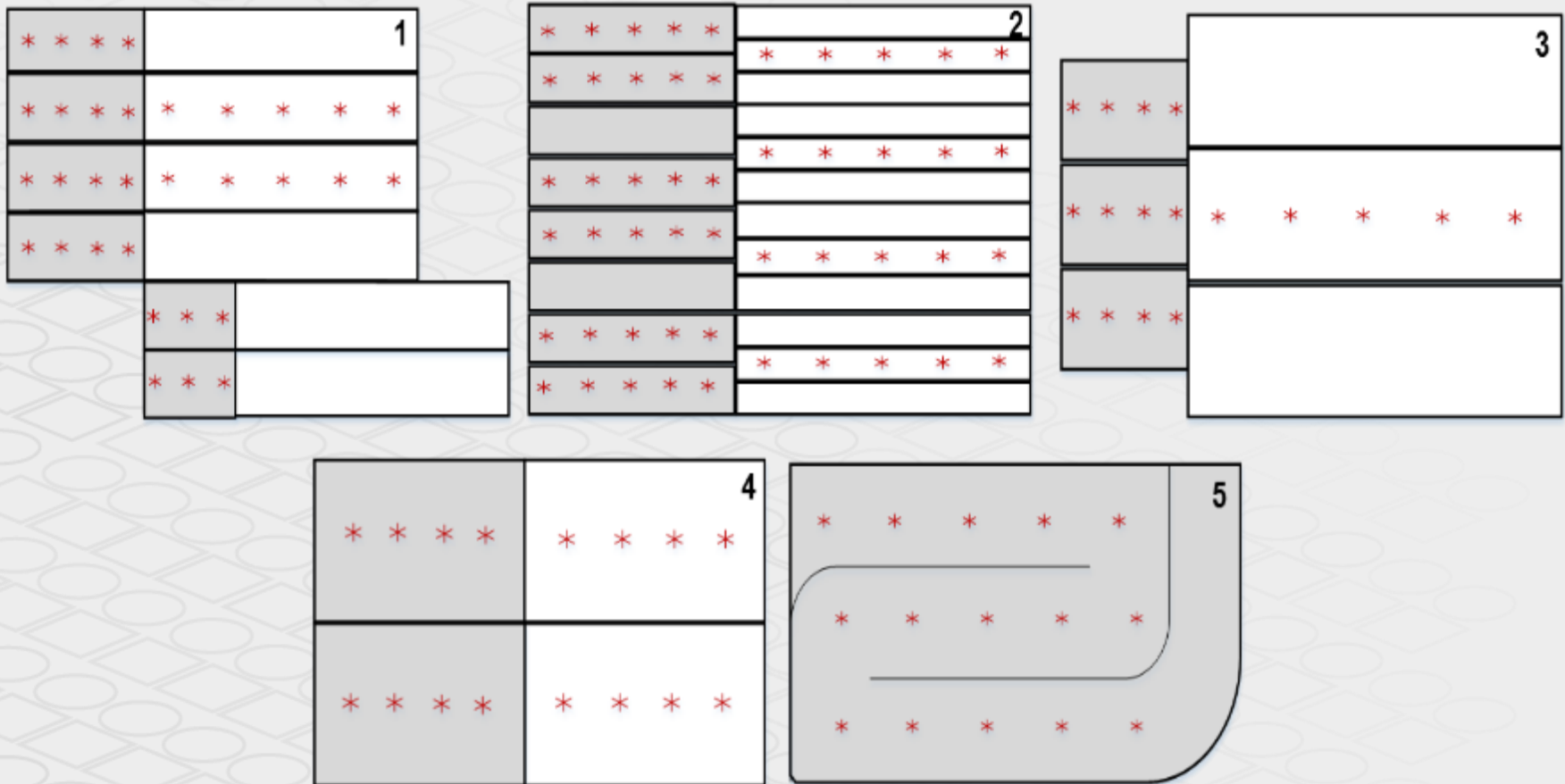







# Lagunas de estabilización



## Lagunas de estabilización



1. Torreón (TOR)
2. Los Mochis (MOC)
3. Comitán (COM)
4. Coahuila de Zaragoza (COA)
5. Irapuato (IRA)

-  Lagunas anaerobias
-  Lagunas facultativas
-  Puntos de muestreo

## Emisiones de CH<sub>4</sub> teóricas – Metodología IPCC

$$FE = B_o * MCF \quad \text{Emisiones de CH}_4 = \sum FE * T W O$$

Lagunas de estabilización	Sin recuperación de metano	MCF	0.8 and 1.0
---------------------------	----------------------------	-----	-------------

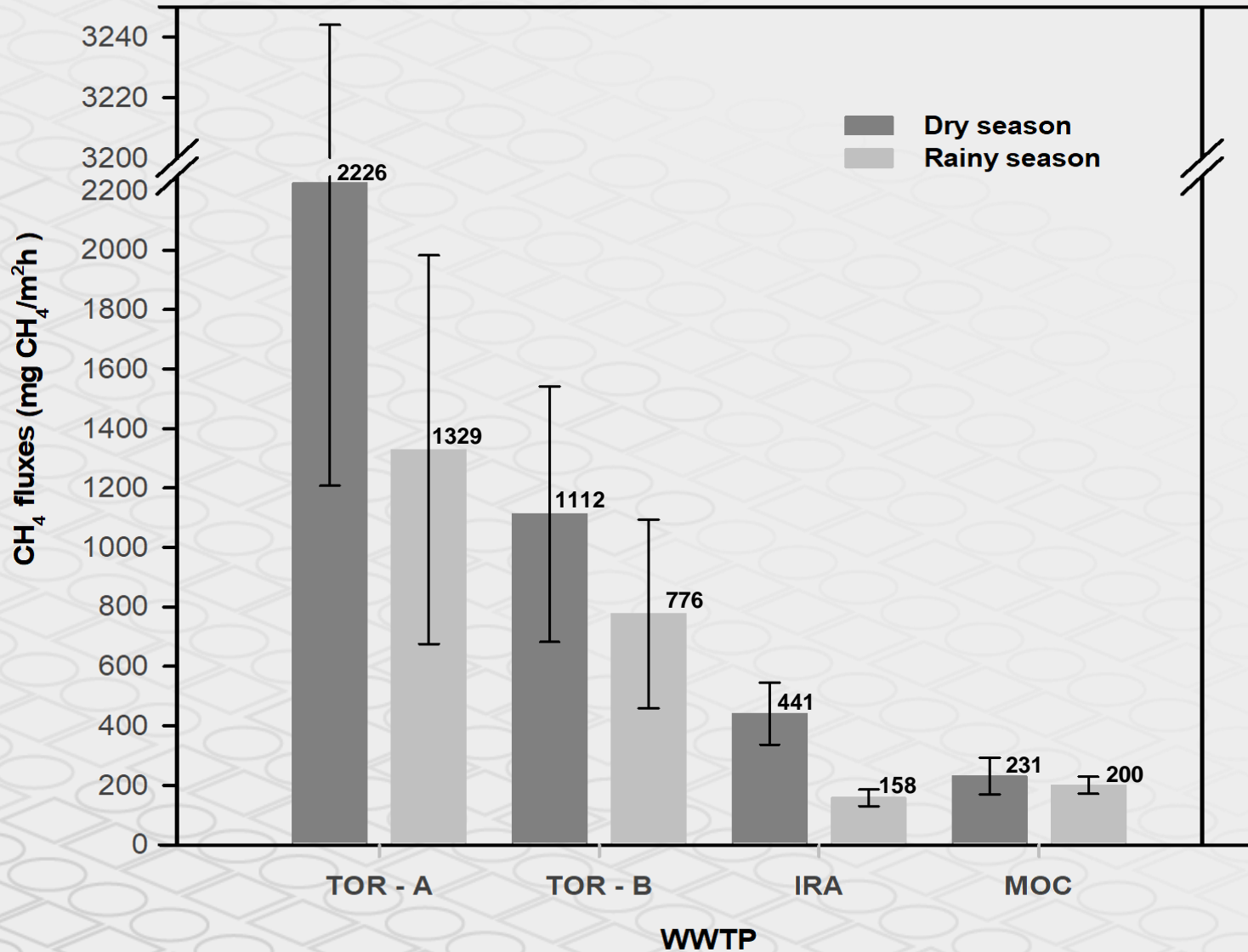
## Emisiones de CH<sub>4</sub> en campo – Método de Flux Chamber

1. Cinco cámaras fueron distribuidas a lo largo de cada laguna.
2. Una vez colocado las cámaras estáticas en los puntos de muestreo estratégicos, el siguiente paso fue tomando mediciones a intervalos de 30 minutos durante tres horas.
3. Las concentraciones de gas metano se determinaron utilizando un Analizador de biogás Portátil.

PTAR	Primer muestreo (Estiaje)		Segundo muestreo (Lluvias)	
	Lagunas anaerobias	Lagunas facultativas	Lagunas anaerobias	Lagunas facultativas
<b>CH<sub>4</sub> flux (mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>h)</b>				
TOR	2226 ± 1018	123 ± 21	1329 ± 653	125 ± 5
	1112 ± 430	156 ± 29	776 ± 317	124 ± 6
COM	907 ± 304	186 ± 27	---	---
IRA	441 ± 104	-	158 ± 28	---
COA	366 ± 113	123 ± 3	---	---
MOC	231 ± 62	125 ± 19	200 ± 29	115 ± 6

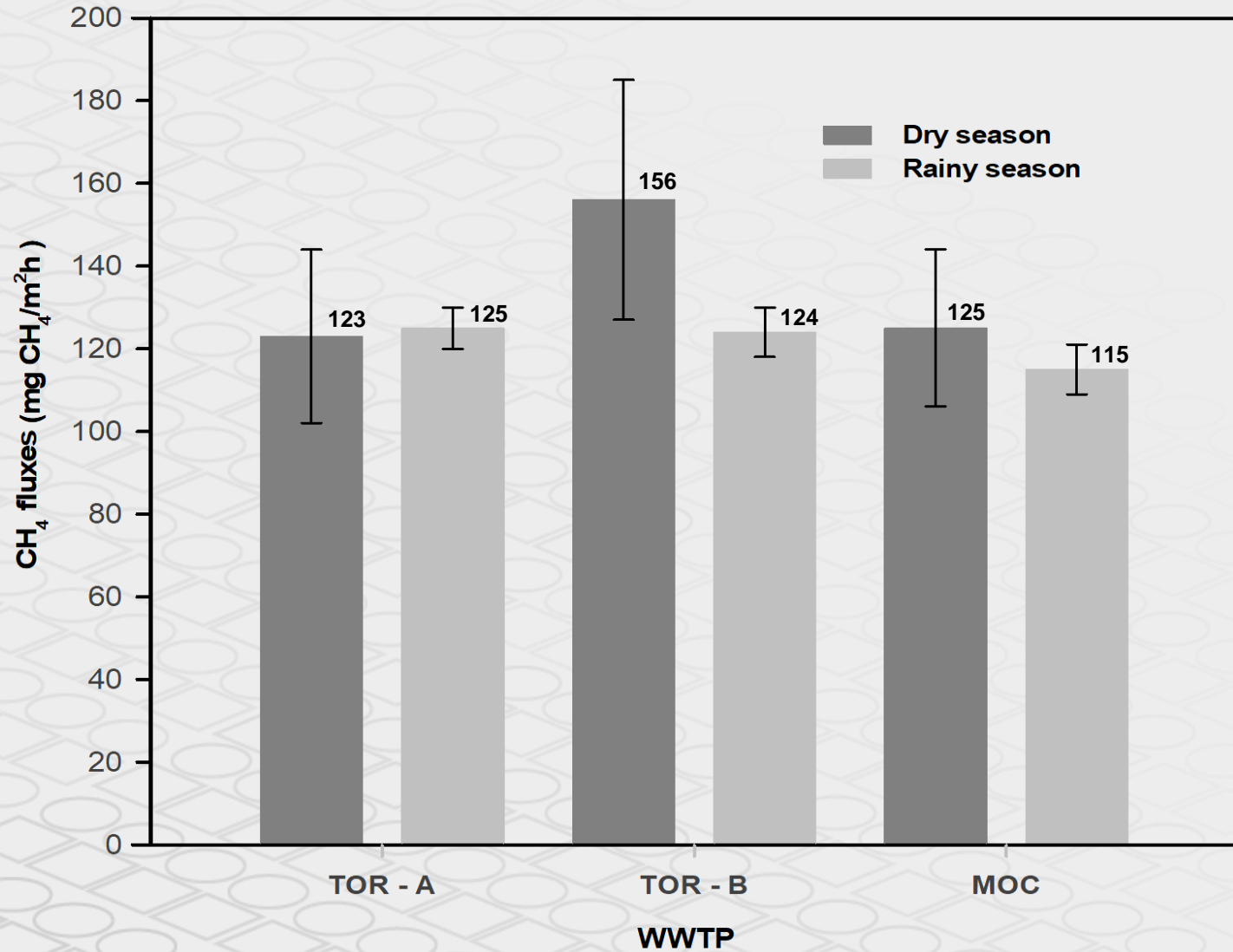


## Seasonal variability of CH<sub>4</sub> fluxes from anaerobic ponds

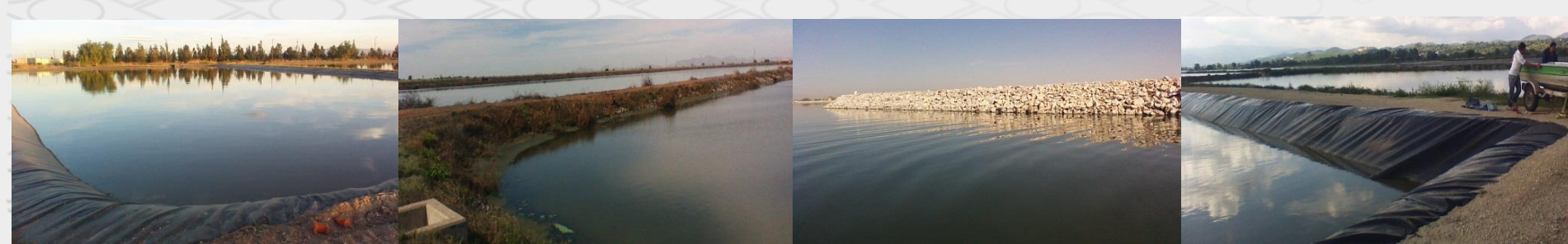




Seasonal variability of CH<sub>4</sub> fluxes from facultative ponds



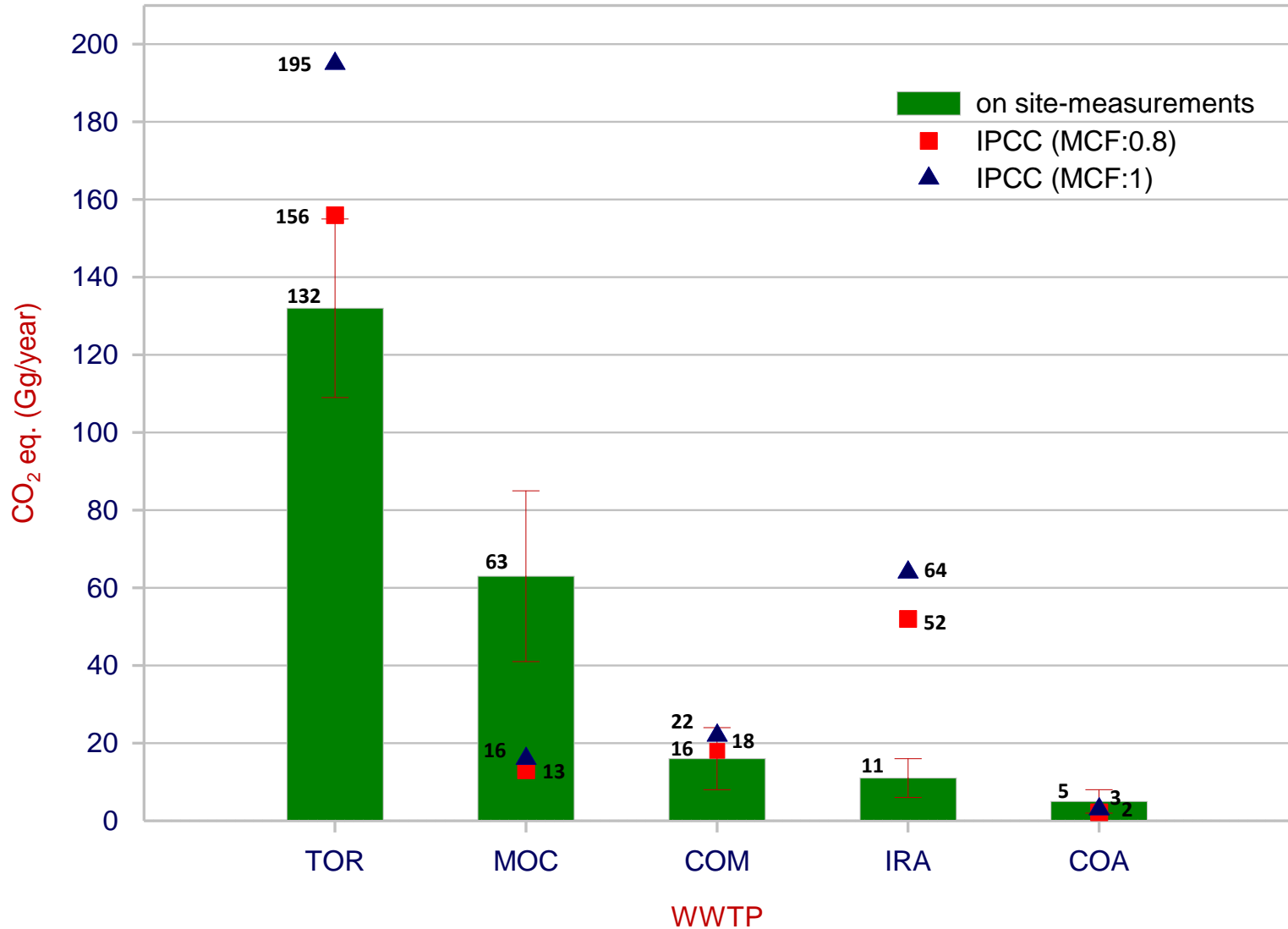
Sistema	País	Flujo tratado (L/s)	COD (mg/L)	Temperatura (°C)	CH <sub>4</sub> flux (mg CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> h)	Referencia
<b>LE</b>	<b>Mexico</b>	<b>160-1357</b>	<b>195-686</b>	<b>24-32</b>	<b>115 – 2226</b>	<b>Estudio actual</b>
LE	Bolivia	317	1,336	13-14	5 - 152	Parra et al. 2010
LE	Portugal	15.5	699	20	541 – 1450	Toprak 1995
LA	England	46.3	----	10-20	175 - 842	Czepiel et al. 1993
LA	France	10.2	685	12-24	55 – 2035	Paing et al. 2000
LA	China	3472	200	12 -24	89 - 143	Wang et al. 2011
LA	France	Poblacion servida 13,800	589	18	358 – 2970	Picot et al. 2003



PTAR	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	kg CH <sub>4</sub> /kg DBO rem	kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> agua tratada	kg CH <sub>4</sub> /kg DBOrem	kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> agua tratada
MOC	2.15 ± 0.436	0.064 ± 0.015	1.94 ± 0.267	0.056 ± 0.010
COA	1.08 ± 0.283	0.024 ± 0.006	---	---
COM	0.60 ± 0.115	0.092 ± 0.016	---	---
<b>TOR</b>	<b>0.45 ± 0.13</b>	<b>0.11 ± 0.027</b>	<b>0.35 ± 0.122</b>	<b>0.073 ± 0.021</b>
IRA	0.15 ± 0.03	0.019 ± 0.005	0.06 ± 0.011	0.007 ± 0.001



## Lagunas de estabilización

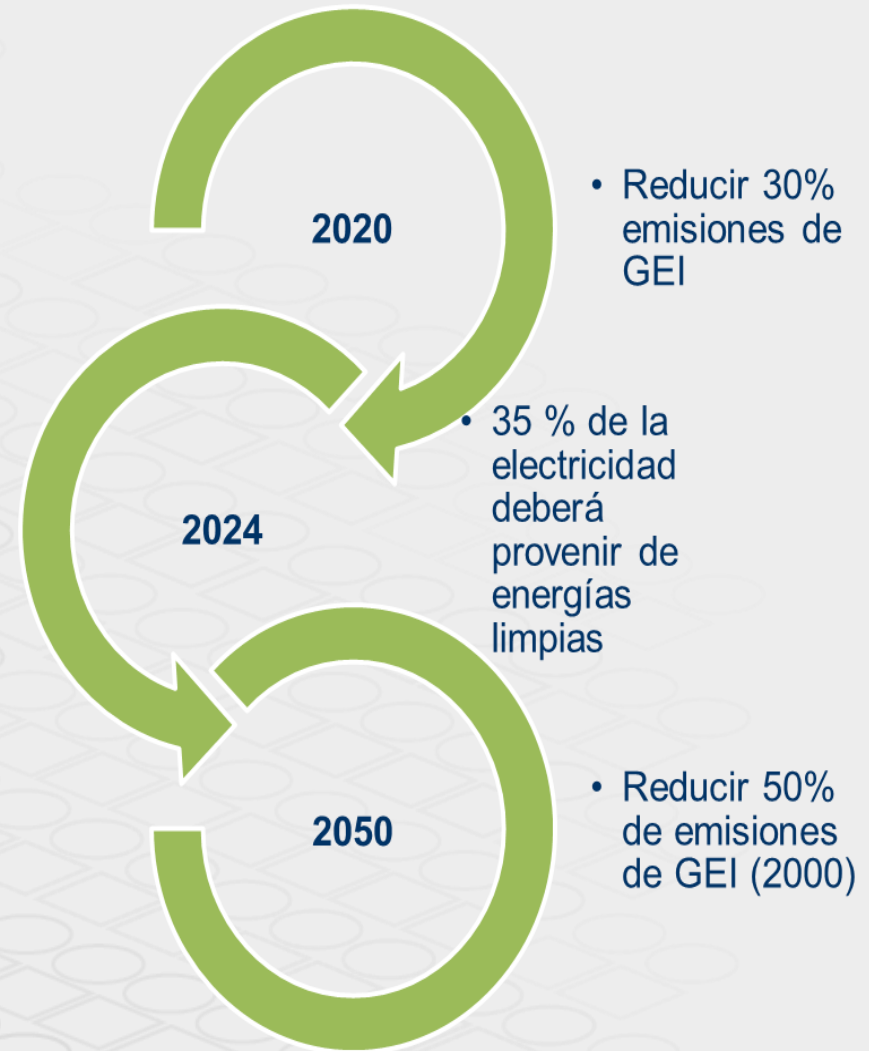


- Adaptación de las PTAR existentes de sistemas de Lodos Activados para incluir el proceso de **digestión anaerobia** con la captura y uso de biogás cuando sea posible (grandes PTAR, mayores a 250 L/s)
- Instalación de **sistemas de captura y quema de biogás** en sistemas de TAR anaerobios existentes (pequeñas áreas urbanas y rurales de países en desarrollo).
- Adoptar el uso de **reactores anaerobios en regiones con clima cálido**, principalmente para instalaciones de pequeña y mediana escala, asegurando un adecuado manejo del biogás (reducción de emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> debido a menor consumo de electricidad)
- Optimizar las instalaciones/sistemas existentes que no están siendo operados correctamente e implementar **prácticas de operación y mantenimiento adecuadas**, principalmente enfocadas al uso eficiente de la energía.
- Evaluación de la **viabilidad ambiental, social y económica** de los proyectos de desarrollo tecnológico para reducir las emisiones de GEI generadas por el tratamiento de aguas residuales, a través de un enfoque de **Análisis de Ciclo de Vida**.

- El **tratamiento de aguas residuales** municipales representa una oportunidad para **reducir las emisiones de GEI** de los países en desarrollo con cobertura limitada.
- La elección de las **tecnologías de tratamiento** es de gran importancia para lograr reducciones efectivas de emisiones de GEI en el sector del agua. Al tomar decisiones correctas, se pueden alcanzar dos objetivos: la **reducción de descarga directa** de las aguas residuales no tratadas y la **mitigación de las emisiones de GEI** del sector del agua.
- Se resalta la necesidad de investigación en el desarrollo de **tecnologías de captación de metano** altamente eficientes para lograr un mayor porcentaje de reducción de emisiones de GEI en el sector de TAR.
- Desarrollar **tecnologías eficientes** y de bajo costo para captar el metano y generar electricidad en pequeñas unidades. Estos serían elementos valiosos para la opción de sistemas anaerobios para el TAR, lo que resultaría en una **menor huella de carbono** en el sector del aguas residuales.
- Los **factores de emisión de metano específicos para el país** podrán ser empleados para el cálculo de emisiones de metano generados por el tratamiento de aguas residuales en México. Esta información permitirá **minimizar la incertidumbre de los inventarios nacionales en este sector** (Tier 3 del IPCC).

## Política nacional de CC

- Ley General de CC (2012)
- Estrategia Nacional de CC (2013)
- Programa especial de CC (2014)
- Registro Nacional de Emisiones (RENE)
- Comunicaciones nacionales de CC
- Inventarios de emisiones de GEI nacionales



## BENEFICIOS:

- Logro de metas voluntarias de **reducción de emisiones de CyGEI**
- Demostración de actividades en **favor del medio ambiente** por responsabilidad social
- Aumento de la **competitividad empresarial**
- Obtención de **seguridad energética** asociada con el uso eficiente de energía y utilización de energías renovables
- Incorporación a **programas de reducción de residuos y emisiones de contaminantes locales** provenientes de las instalaciones del sector industrial



[MParedesF@iingen.unam.mx](mailto:MParedesF@iingen.unam.mx)

Grupo de investigación de Análisis de Ciclo de Vida y Cambio Climático

GRACIAS