



United Nations  
Development Account



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Tercera sesión de capacitación online  
"Aplicación de los principios de economía circular  
en el sector del agua potable y saneamiento"  
Estado Plurinacional de Bolivia

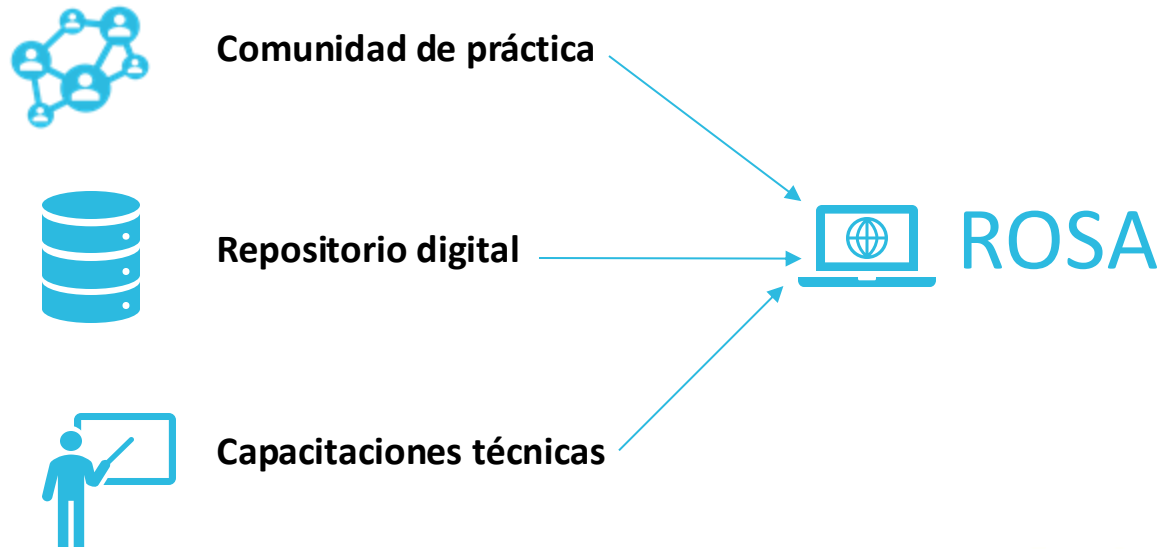


Red y Observatorio de la Sostenibilidad del Agua (ROSA)  
6 de septiembre, 2024

Unidad de Agua y Energía  
División de Recursos Naturales

# Proyecto ROSA

## Toma de decisiones basada en datos



## Red Regional y Observatorio para la Sostenible del Agua (ROSA) en América Latina y el Caribe

Entre 2023 y 2026, la CEPAL lanza y consolida ROSA con el fin de crear nuevas alianzas y fortalecer las capacidades para la gestión hídrica de los países miembro en un contexto de cambio climático y restricciones presupuestarias.

Establecimiento del **Observatorio para la Sostenibilidad del Agua**, concebido como un repositorio digital dentro de la web de la División de Recursos Naturales de la CEPAL, contendrá información oportuna, confiable y estandarizada, así como evidencia de buenas prácticas que les permita desarrollar e implementar políticas y planes que conlleven a una gestión sostenible e inclusiva del agua.

## Avance del proyecto ROSA



# Capacitaciones Online ROSA Estado Plurinacional de Bolivia

---



**Sesión 1-Gobernanza del agua y las políticas intersectoriales**

**15 de febrero**



**Sesión 2-Procesos internacionales en torno a los recursos hídricos**

**9 de agosto**



**Sesión 3-Aplicación de los principios de economía circular en el sector del agua potable y saneamiento**

**6 de septiembre**



**Sesión 4- Nexo Agua, Energía, Alimentación, Medioambiente**

**4 de octubre**



**Sesión 5- Redes y monitoreo para la gestión del agua**

**15 de noviembre**



**Sesión 6- Convenio del Agua en contexto transfronterizo**

**6 de diciembre**

# Programa



NACIONES UNIDAS

CEPAL

9:00 – 9:10	<b>Bienvenida e introducción</b> <i>Silvia Saravia Matus, Oficial de Asuntos Económicos, CEPAL</i>
9:10 – 09:20	<b>Sesión 1 – Presentación del proyecto "Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe"</b> <i>Diego Fernández Giraldo, Experto Senior CEPAL</i>
09:20 – 10:20	<b>Sesión 2 - Presentación de la metodología y cálculos para la estimación de metano en las PTAR seleccionadas de México y El Salvador</b> <i>Pedro Chavarro, Experto CEPAL</i>
10:20 – 10:40	<b>Sesión 3 - Evaluación financiera de los proyectos de aprovechamiento de metano de las PTAR seleccionadas de México y El Salvador</b> <i>Alfredo Montañez, Experto CEPAL</i>
10:40 – 11:00	<b>Sesión 4 – Opciones de financiamiento para programas nacionales de reducción de Metano</b> <i>Pedro Chavarro, Experto CEPAL</i>
11:00 – 11:10	<b>Actividad interactiva</b>
11:10 – 11:40	<b>Sesión 5 – "Experiencias en el uso de tecnologías en el tratamiento y reusó de aguas residuales en Bolivia"</b> <i>Ing. Fernando Cárdenas López, Jefe de la Unidad de Desarrollo Sectorial y Gestión de la Información - Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico – Ministerio de Medio Ambiente y Agua</i>
11:40 – 11:50	<b>Mesa redonda: espacio para preguntas</b>
11:50 – 12:00	<b>Cierre</b>

# Equipo docente

## Unidad de Agua y Energía - División de Recursos Naturales, CEPAL



**SILVIA SARAVIA MATUS**  
Nicaragua



**DIEGO FERNÁNDEZ**  
Colombia



**PEDRO CHAVARRO**  
Colombia



**ALFREDO MONTAÑEZ**  
Colombia

# Instrucciones

---



Apague el micrófono cuando no hable.



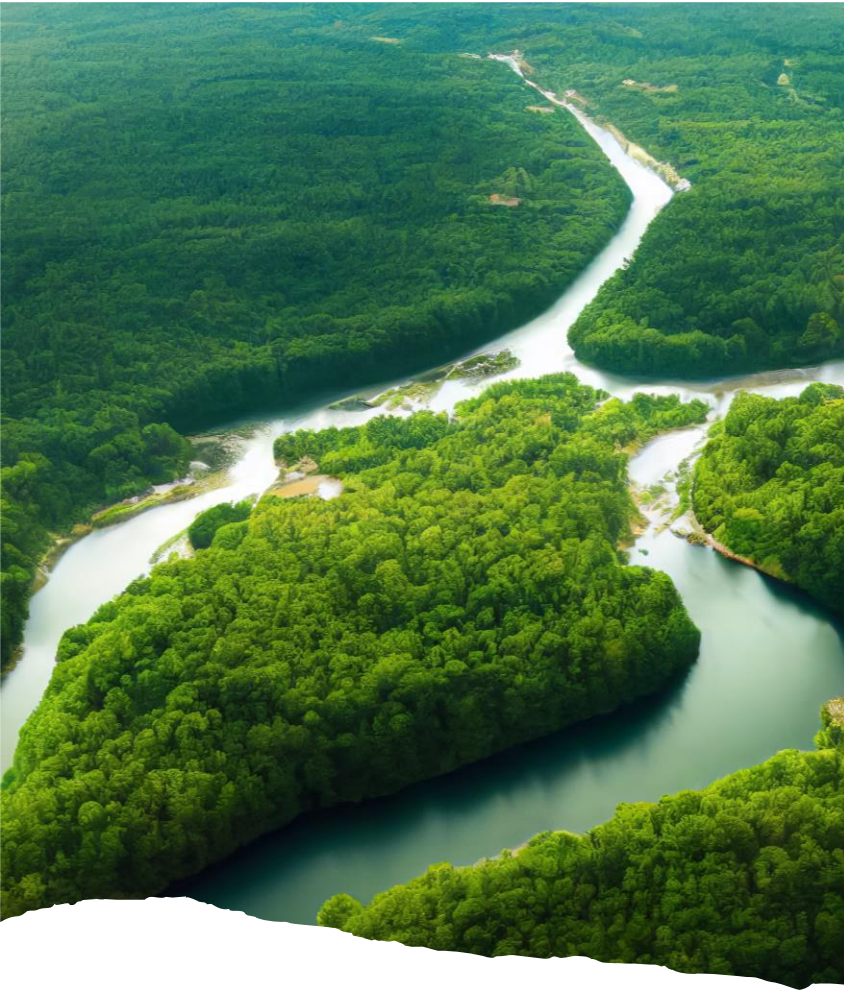
Use el chat para preguntas y comentarios.



Use la señal de la mano si quiere hablar.



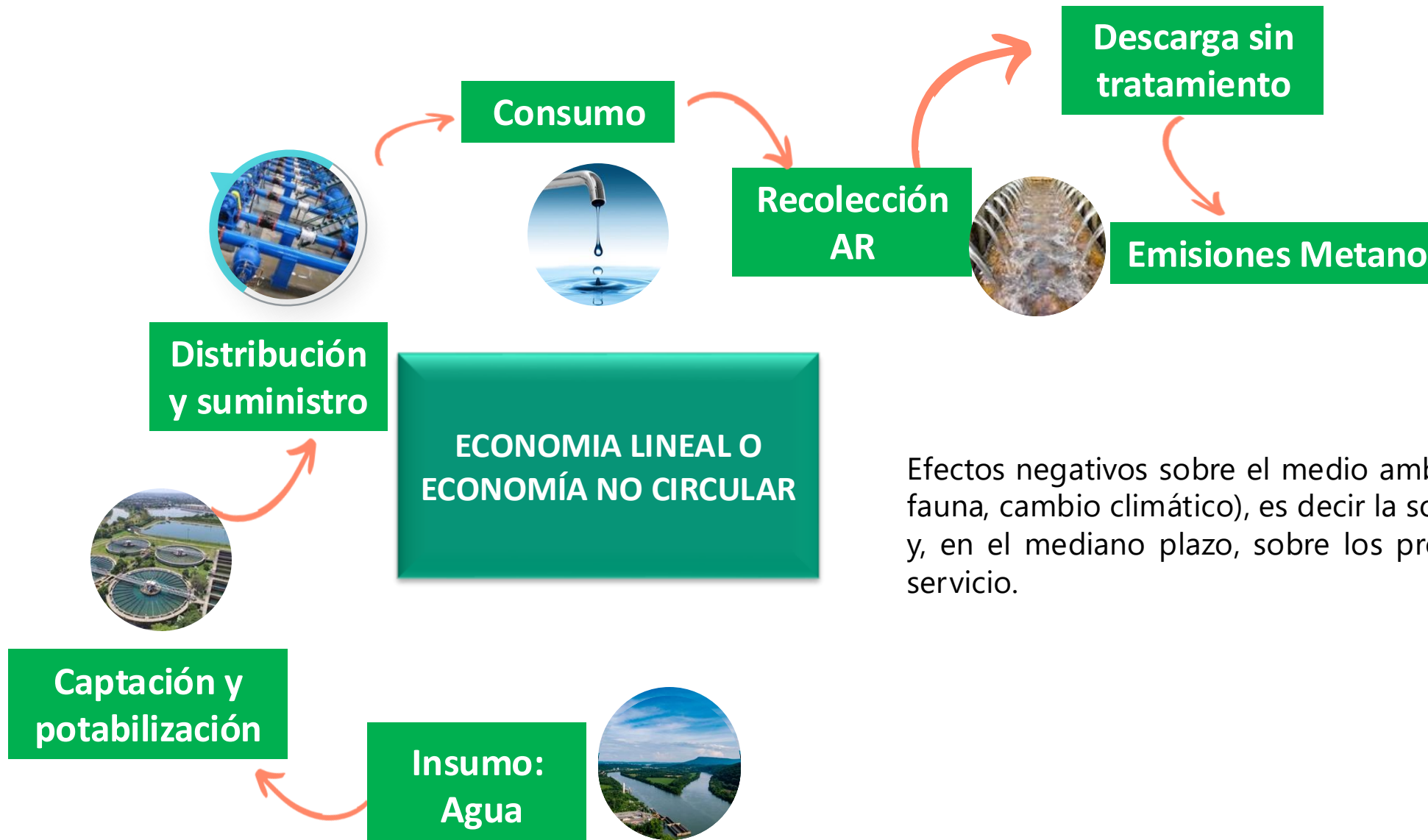
Encender cámara y micrófono en el saludo y despedida.



Presentación del proyecto "Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe"

Diego Fernández Giraldo- Experto Senior CEPAL

# Sector de agua potable y saneamiento sin enfoque circular



Efectos negativos sobre el medio ambiente (agua, flora, fauna, cambio climático), es decir la sociedad en general y, en el mediano plazo, sobre los propios usuarios del servicio.



# Enfoque de economía circular en el sector de agua potable y saneamiento



Economía circular con posibilidades de mejora, con beneficios para los prestadores, los usuarios y el ambiente.

# Profundizando la economía circular en el sector de agua potable y saneamiento





¿Cómo se ha avanzado?



## ❑ Investigación y publicaciones

- Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe: Estudio realizado para 75 PTAR en Colombia, Costa Rica, Bolivia, Perú y México.
- Diagnóstico de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento en México, El Salvador y Panamá.
- Hoja de ruta técnica y financiera para la recuperación de metano y nutrientes de aguas residuales en América Latina y el Caribe: Casos de estudio en 10 PTAR de México, Panamá y El Salvador.



## ❑ Capacitaciones, asistencias técnicas y diseminación

- Santiago, Chile: enero de 2023
- Estado de Quintana Roo, México: julio de 2023
- San Salvador, El Salvador: septiembre de 2023
- Bogotá, Colombia: diciembre de 2023
- Ciudad de Panamá, Panamá: marzo de 2024
- Costa Rica, Diálogos Regionales del agua 2024



# Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe

Silvia Saravia Matus  
Marina Gil Sevilla  
Diego Fernández  
Alfredo Montañez  
Elisa Blanco  
Lisbeth Naranjo  
Alba Llavona  
Natalia Sarmanto

## Objeto del estudio

- Estimar el potencial energético del aprovechamiento del metano en 75 PTAR con capacidades entre 500 l/s y 4.000 l/s que atienden a 33 millones de personas distribuidas en el Estado Plurinacional de Bolivia, Colombia, Costa Rica, México y Perú.
- Establecer las inversiones necesarias y los beneficios económicos, sociales y ambientales de la recuperación de metano y la generación eléctrica.



NACIONES UNIDAS

CEPAL

# Metodología empleada

Consolidación  
y análisis de  
base de datos.

Selección de  
PTAR para el  
análisis.

Estimación de  
emisiones de  
metano.

Se construyó una base con PTAR de:

- México
- Costa Rica
- Perú
- Colombia
- Bolivia.

Se seleccionaron plantas con:

- Capacidad instalada superior a 500 l/s e inferior a 4.000 l/s.
- Plantas con al menos tratamiento secundario.

Se aplicó la metodología propuesta por IPCC (2006) y Nolasco (2010). Toma en cuenta:

- Carga orgánica (DBO).
- Diferencias tecnológicas
- Nivel de uso de capacidad instalada.

## Metodología empleada

Emisiones de metano en PTAR Aerobias.

Las PTAR aerobias degradan la materia orgánica convirtiéndola en lodo.

Al estabilizar el lodo en condiciones anaerobias, se produce metano.

Las emisiones dependen del volumen de lodo generado en la PTAR.

Emisiones de metano en PTAR Anaerobias.

Las PTAR anaerobias degradan la materia orgánica convirtiéndola en biogás con altos contenido de metano.

Las emisiones dependen de la eficiencia en la remoción de materia orgánica.

Estimación de metano recuperable.

No todo el metano generado puede recuperarse debido a ineficiencias en los sistemas de captación y almacenamiento.

Se asume una pérdida del 10% para plantas compactas y del 15% en sistemas lagunares.

# Metodología empleada

Estimación de costos de inversión para la generación de energía.

Se determina el tipo de inversión y se estima el costo asociado, en función de:

- Tecnología de la PTAR.
- Capacidad instalada.

Análisis de viabilidad financiera en cada PTAR.

Se realiza un análisis de la relación beneficio/costo de las inversiones a partir de:

- Ahorros de energía
- Horizonte temporal de 20 años
- Análisis en términos de Valor Presente

Análisis de beneficios sociales y ambientales.

Haciendo uso de las Matrices Insumo Producto de la CEPAL, se estimó:

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Generación de empleos.
- Crecimiento del Valor agregado.



## Estadísticas básicas de las PTAR existentes en los cinco países seleccionados

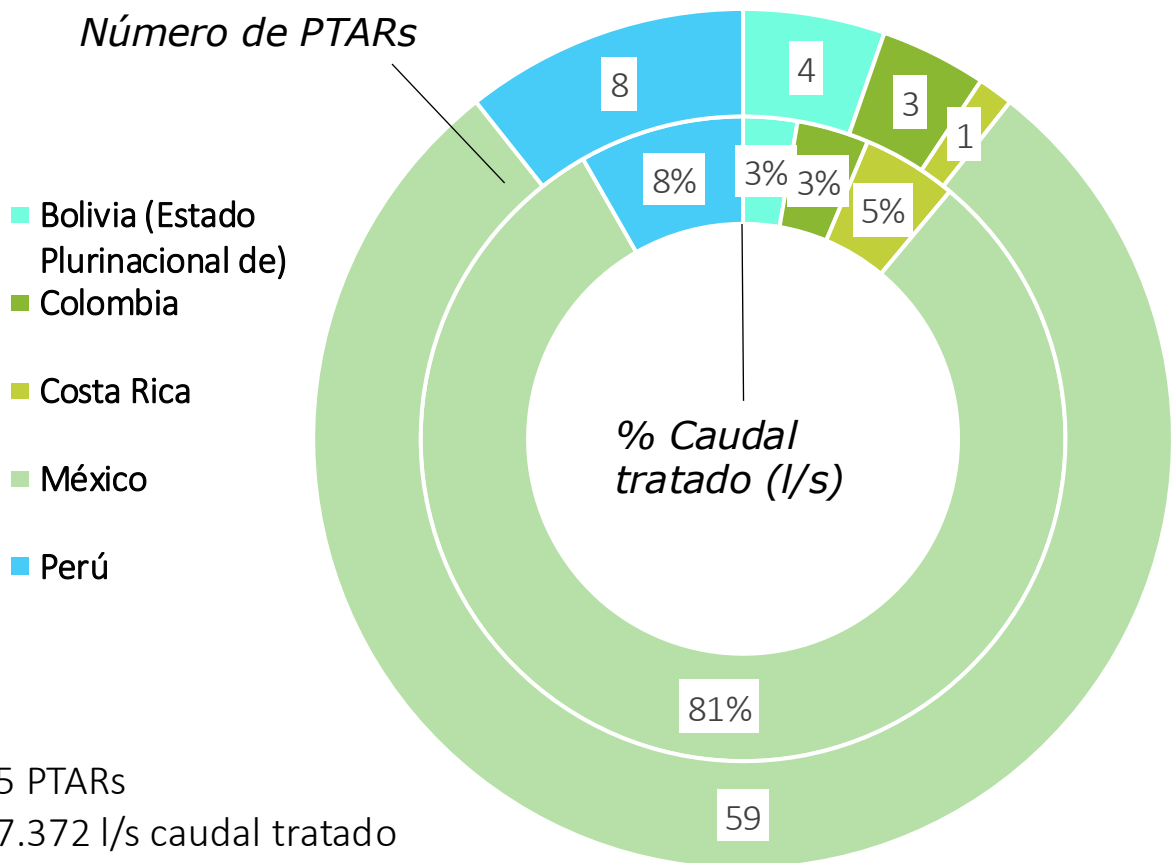
País	# PTAR	% PTAR	Capacidad instalada (l/s)	Habitantes 2020	Contribución de aguas residuales de los habitantes (l/s)*	% de cobertura de la capacidad instalada
Bolivia (Estado Plurinacional de)	50	1%	6.220	11.673.021	20.266	31%
Colombia	430	13%	51.843	50.882.891	88.338	59%
Costa Rica	30	1%	3.614	5.094.118	8.844	41%
México	2639	79%	194.699	128.932.753	223.842	87%
Perú	187	6%	42.533	32.971.854	57.243	74%
<b>Total</b>	<b>3.336</b>	<b>100%</b>	<b>298.909</b>	<b>229.554.637</b>	<b>398.532</b>	<b>75%</b>

Fuente: Saravia Matus y otros (2022).

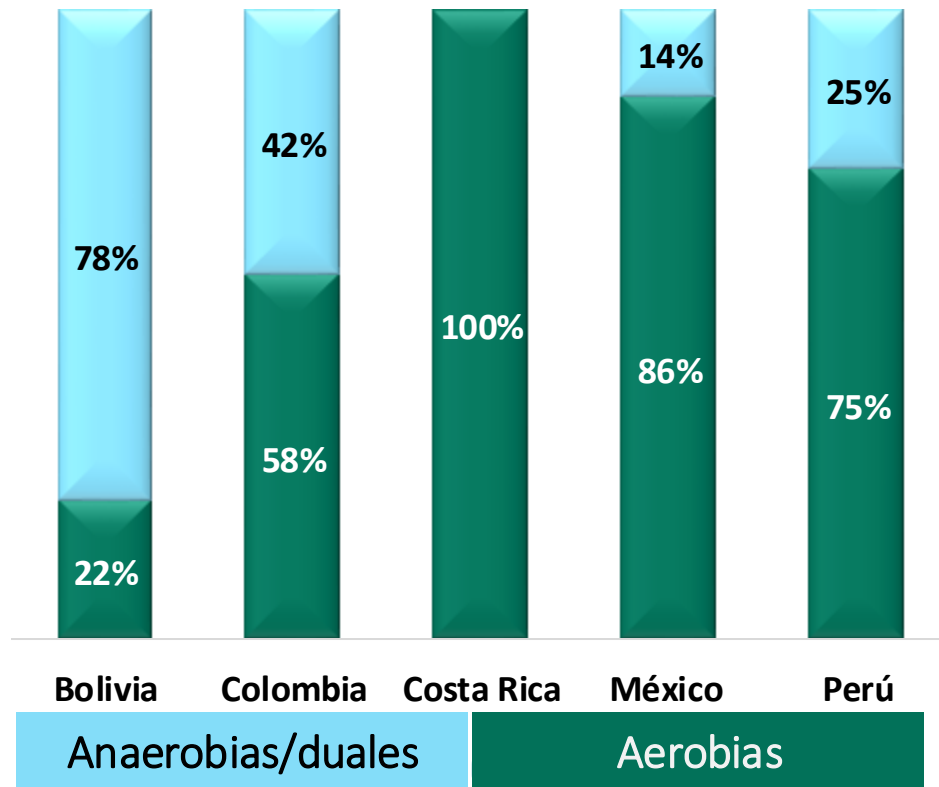
\*Estimados a partir de una contribución promedio de 150 litros por habitante al día.

# PTAR seleccionadas

## Número de PTAR y participación del caudal tratado por país



## Participación de tecnologías aerobias y anaerobias por país



Fuente: Saravia Matus y otros (2022).

- ❖ 75 PTARs
- ❖ 57.372 l/s caudal tratado
- ❖ 33 millones de habitantes atendidos



# Tipología de tecnologías

(Participación porcentual en los caudales tratados)

**Aerobias  
(89%)**

Lodos Activados Convencionales (LAC)  
(64,1%)

Aireación Extendida (AE)  
(10,2%)

Lagunas aireadas – aerobias (L A)  
(4,1%)

Zanjas de Oxidación (ZO)  
(0,9%)

Aireación Extendida con Desnitrificación (AE – Dn)  
(1,1%)

Filtro o lecho percolador / Filtro biológico (FP)  
(8,0%)

Otras combinaciones de lagunas en serie (L + L)  
(0,6%)

**Anaerobias  
(11%)**

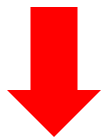
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA/UASB)  
(1,3%)

Reactor Anaerobio Flujo Ascendente y Lodos Activados (RAFA+LAC)  
(0,7%)

Lagunas anaerobias (L An)  
(0,5%)

Lagunas anaerobias + Lagunas de otros tipos (L An + L)  
(8,5%)

**Lodos**



**Metano**



CEPAL



United Nations  
Peace and Development Trust Fund



german  
Cooperation  
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



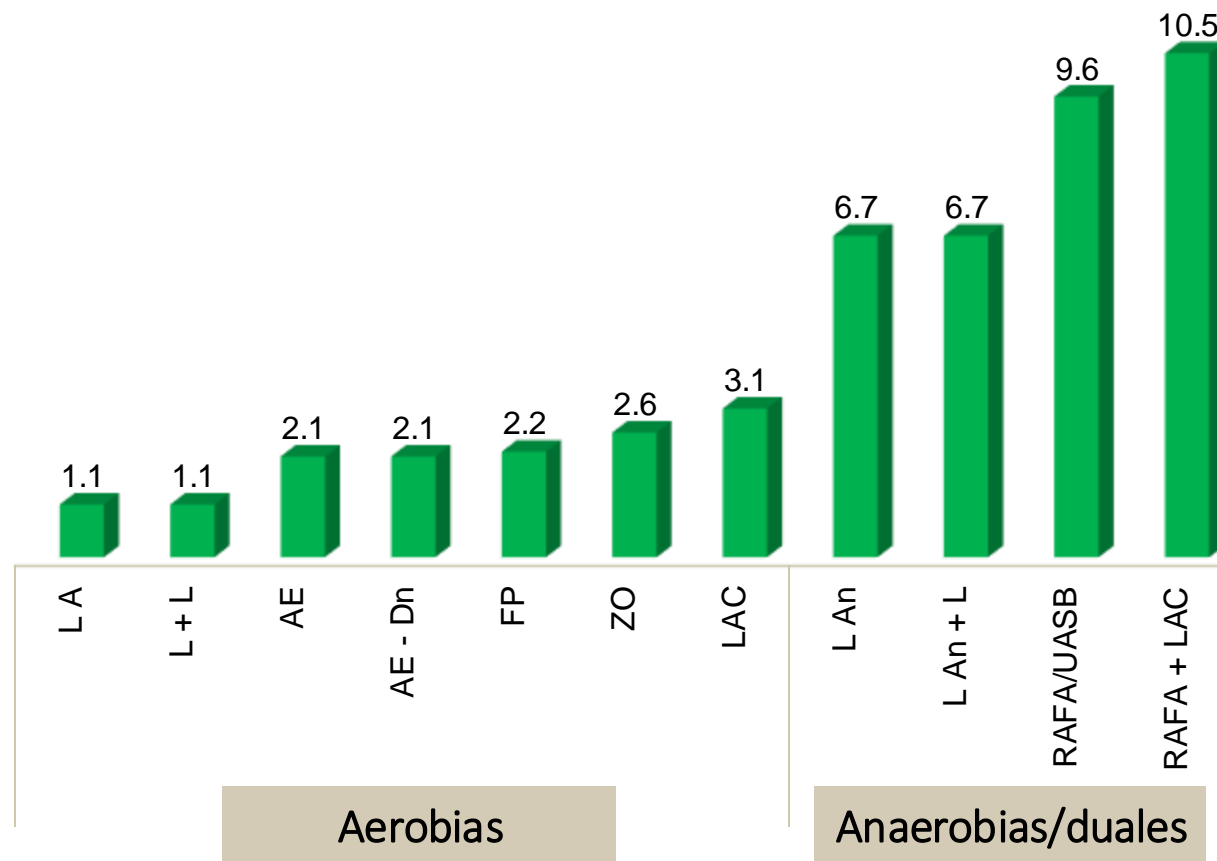
CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

# Emisiones de metano discriminadas por tecnología

(En metros cúbicos al año por habitante atendido)

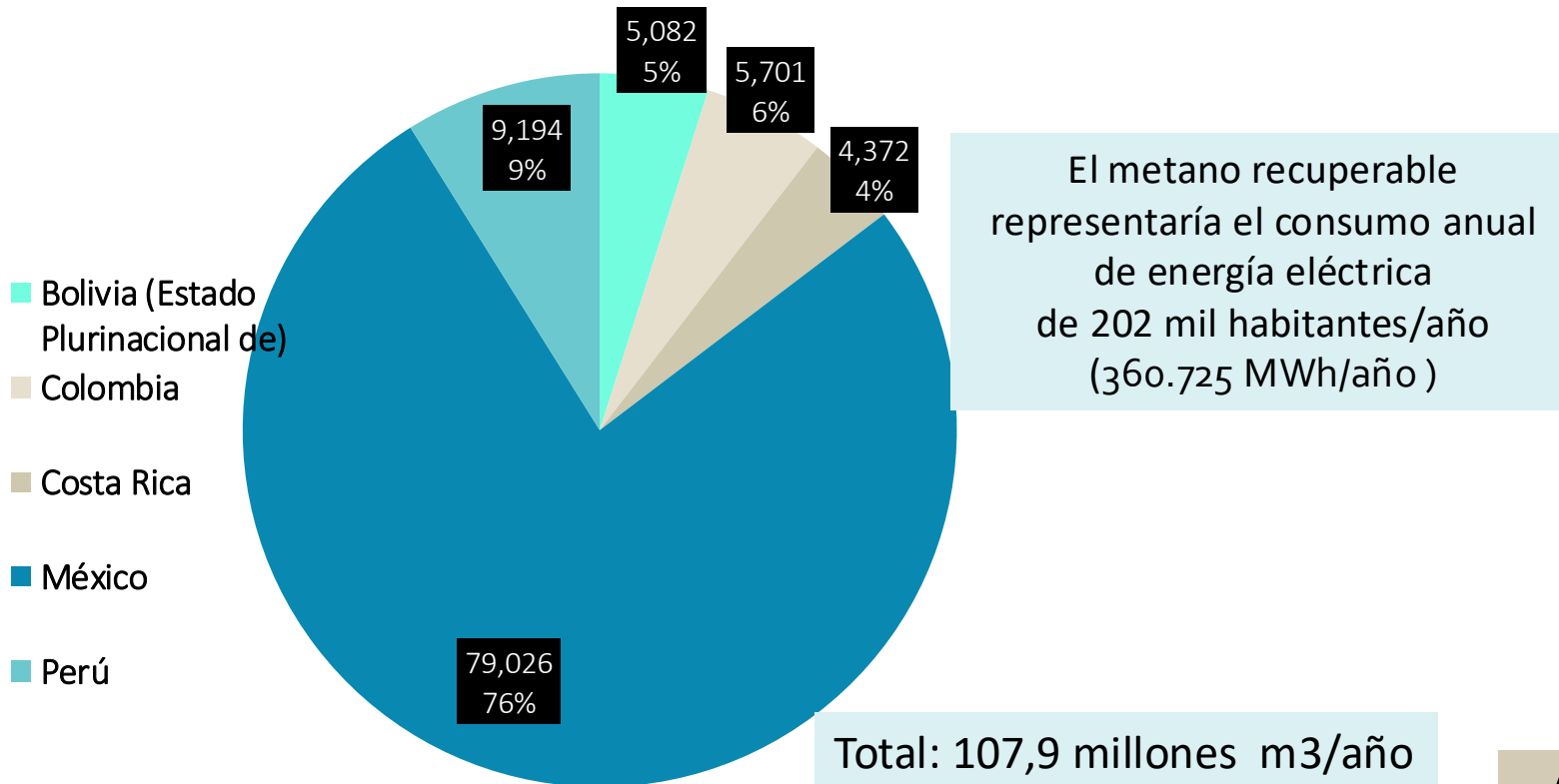
Significado de las siglas

Tecnología	Id Tecnología
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente	RAFA / UASB
Reactor Anaerobio Flujo Ascendente y Lodos Activados	RAFA + LAC
Lagunas anaerobias + Lagunas de otros tipos	L An + L
Lagunas aireadas - aerobias	L A
Lagunas anaerobias	L An
Otras combinaciones de lagunas en serie	L + L
Aireación Extendida	AE
Lodos Activados Convencionales	LAC
Zanjas de oxidación	ZO
Filtro percolador / Lecho percolador / Filtro biológico	FP
Aireación Extendida con Desnitrificación	AE - Dn

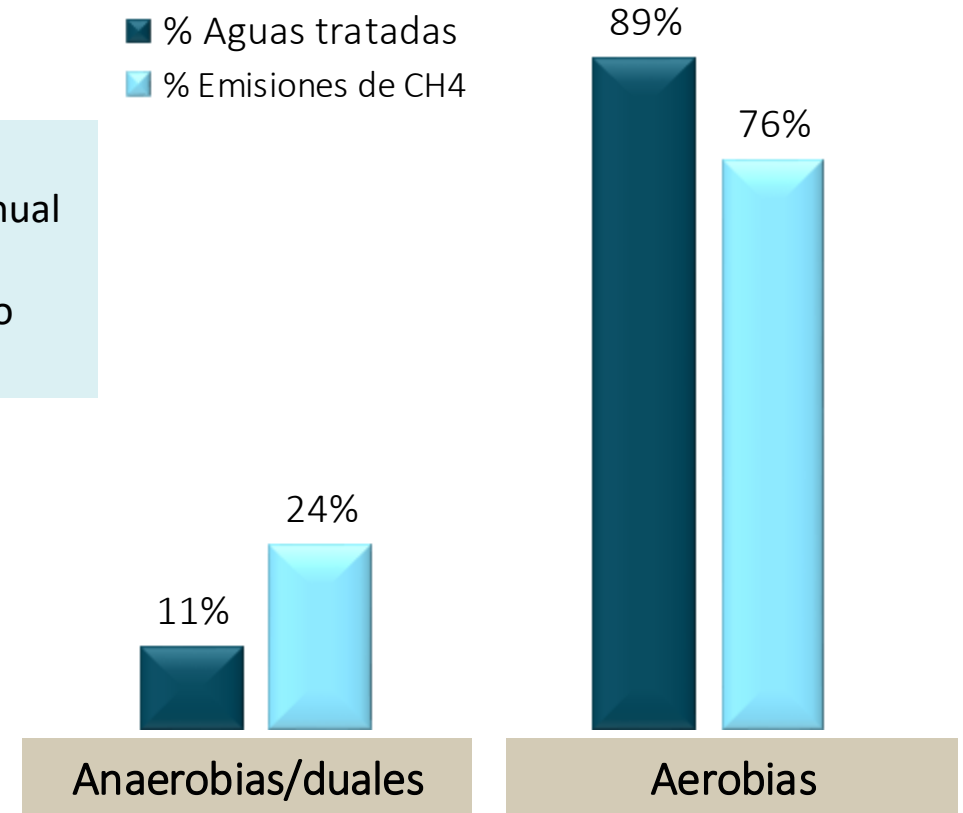


# Estimación del metano recuperable de las PTAR seleccionadas

**Metano recuperable**  
Miles de m3/año y participación %



**Emisiones de metano estimadas según el tipo de tratamiento aguas**

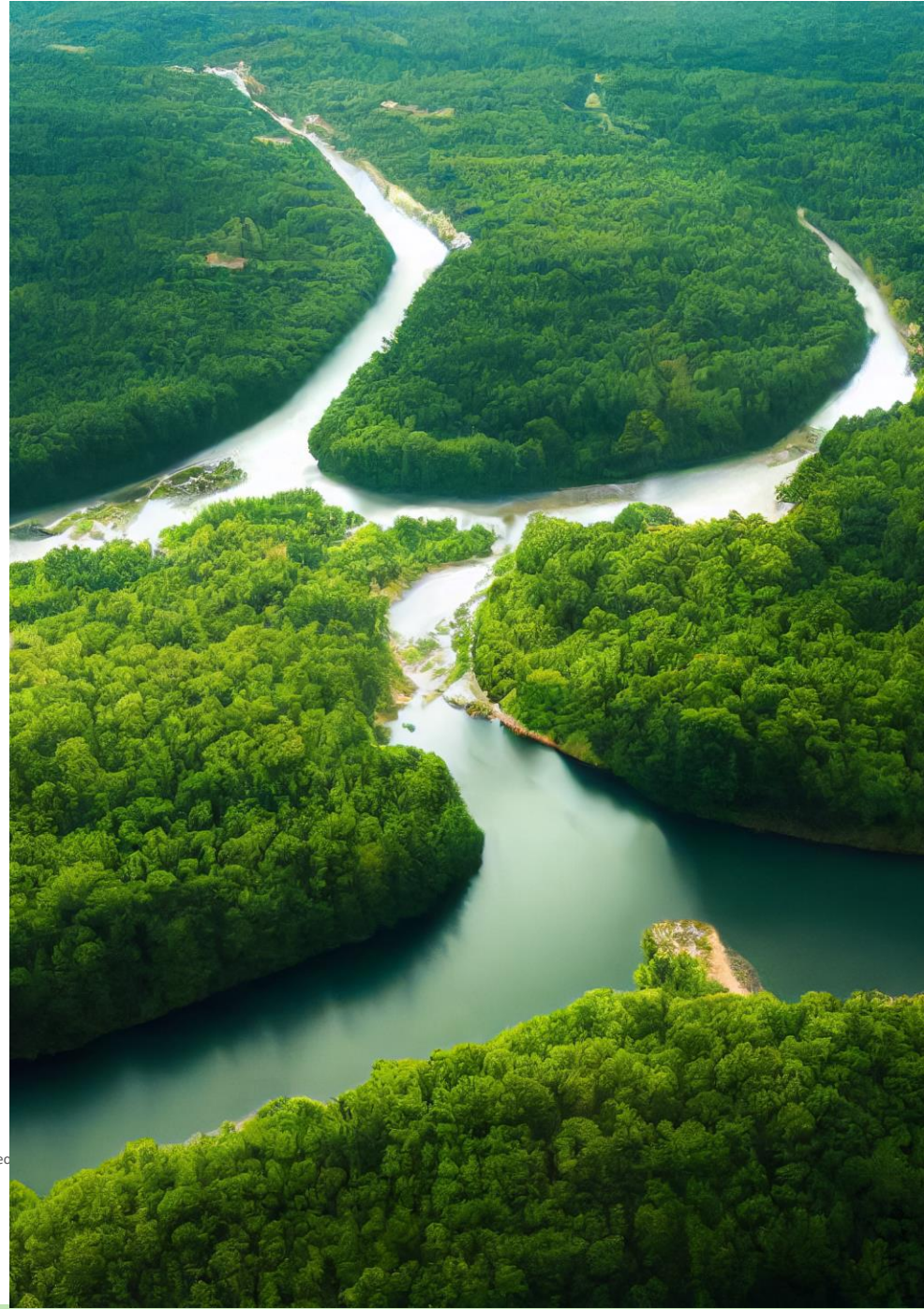




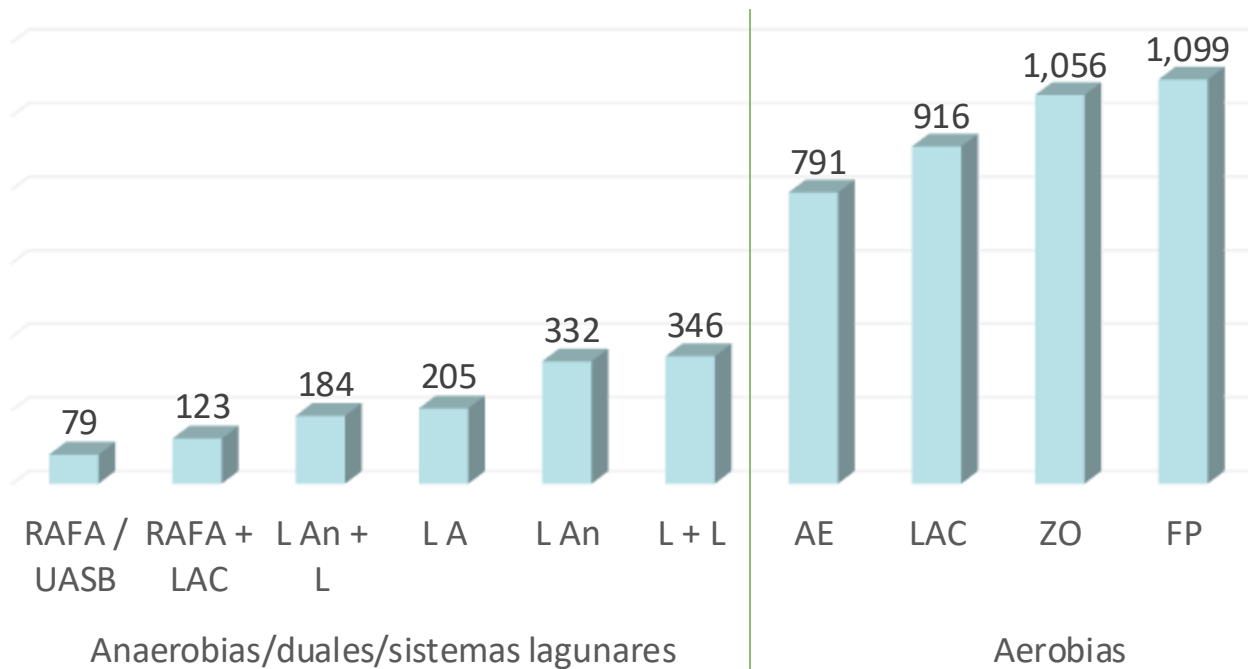
Total  
USD 251,14  
millones



Inversión necesaria  
para el aprovechamiento  
de metano de las PTAR  
seleccionadas  
(Millones de USD)



# Costos de inversión por MWh de energía eléctrica generable al año por tipo de tecnología de tratamiento (En dólares)



## Significado de las siglas

Tecnología	Id Tecnología
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente	RAFA / UASB
Reactor Anaerobio Flujo Ascendente y Lodos Activados	RAFA + LAC
Lagunas anaerobias + Lagunas de otros tipos	L An + L
Lagunas aireadas - aerobias	L A
Lagunas anaerobias	L An
Otras combinaciones de lagunas en serie	L + L
Aireación Extendida	AE
Lodos Activados Convencionales	LAC
Zanjas de Oxidación	ZO
Filtro percolador / Lecho percolador / Filtro biológico	FP
Aireación Extendida con Desnitrificación	AE - Dn



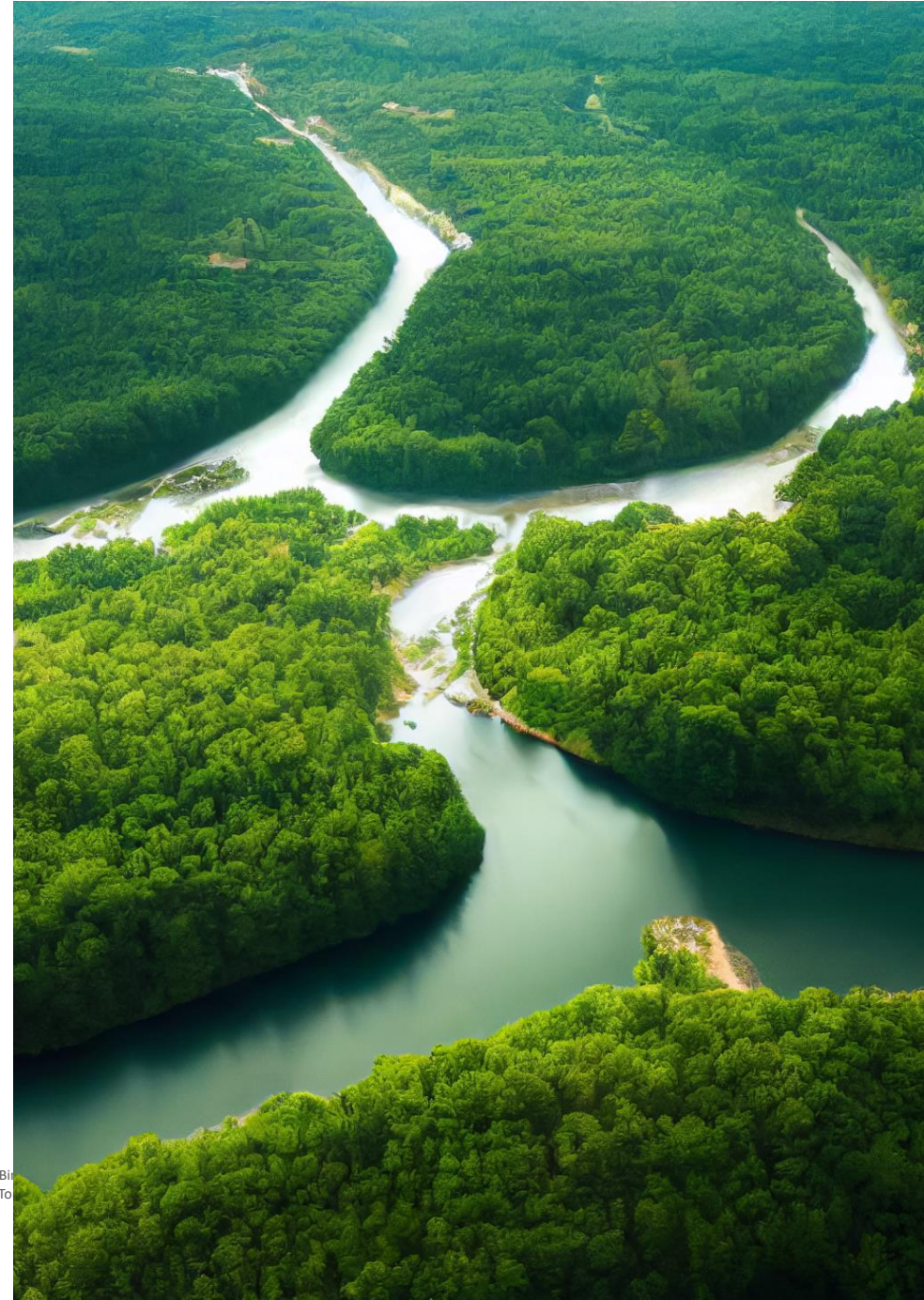


Costa Rica  
2,0



Total  
USD 47  
millones  
anuales

Ingresos/Ahorros anuales  
derivados del aprovechamiento  
de metano en las PTAR  
seleccionadas  
(Millones de USD)



CEPAL

División de Recursos Naturales



United Nations  
Peace and Development Trust Fund



german  
cooperation  
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

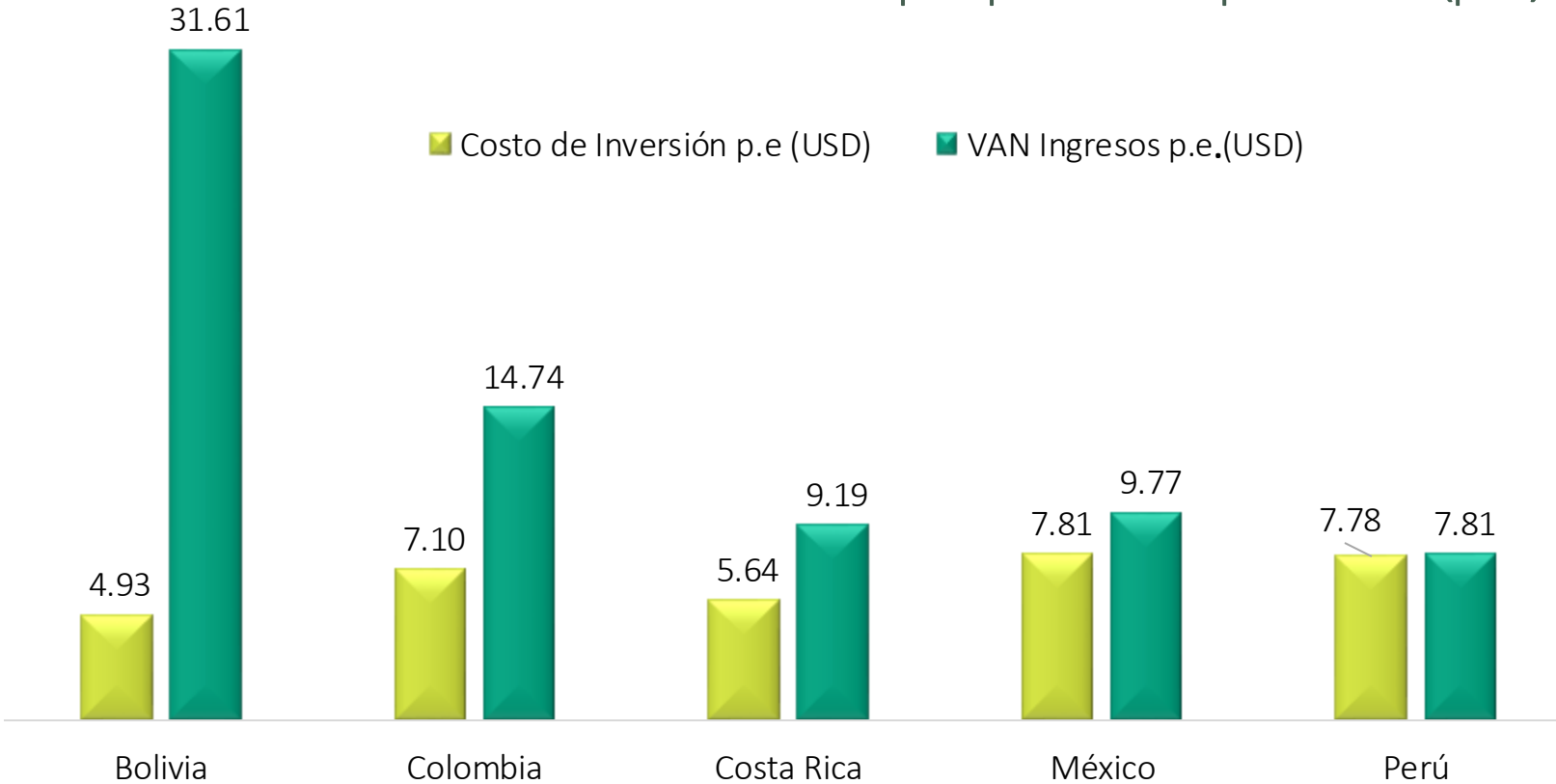


CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Con tecnología de Bing  
© GeoNames, Microsoft, OpenStreetMap, TomTom



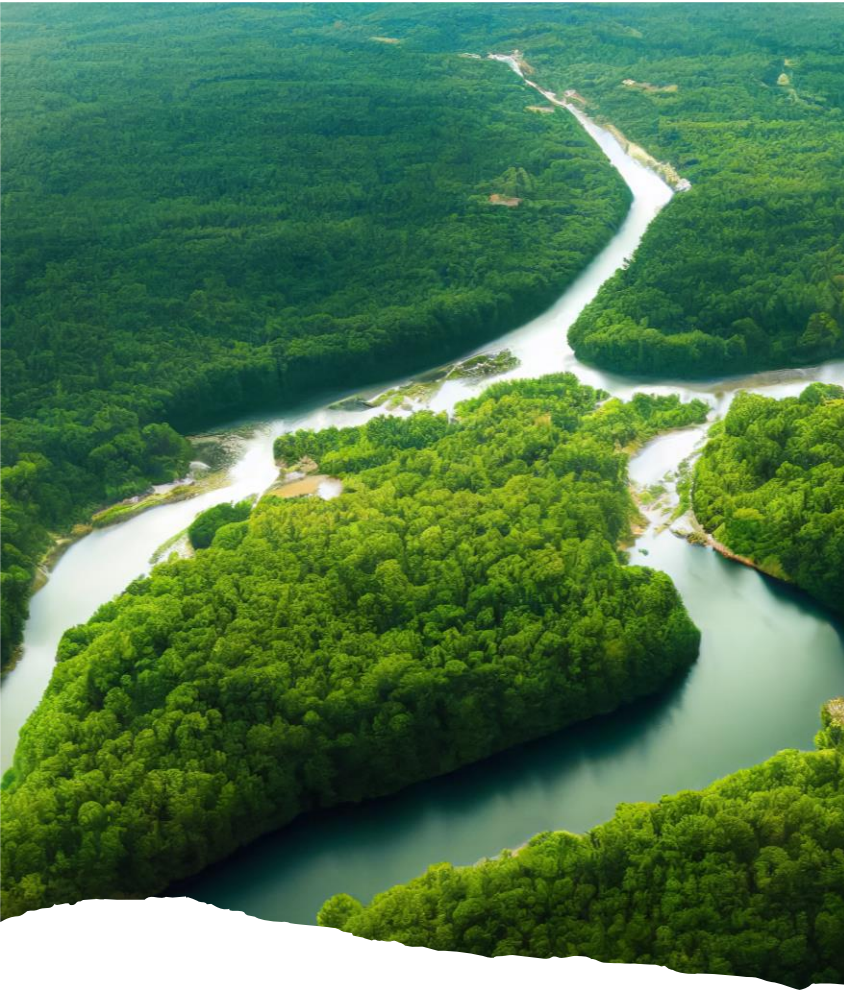
# Evaluación Financiera: Costos de inversión vs. Ingresos proyectados a 20 años USD por persona equivalente (p.e.)



La estrecha viabilidad económica en Perú mejoraría con una mayor utilización de la capacidad instalada de las PTAR (aproximadamente el 50%).

El predominio de sistemas lagunares y sistemas anaerobios en Bolivia (con costos bajos de inversión) se traducen en una viabilidad financiera más holgada a la de los otros países.





Presentación de la metodología y cálculos para la estimación de metano en las PTAR seleccionadas de México y El Salvador

Pedro Chavarro - Experto CEPAL

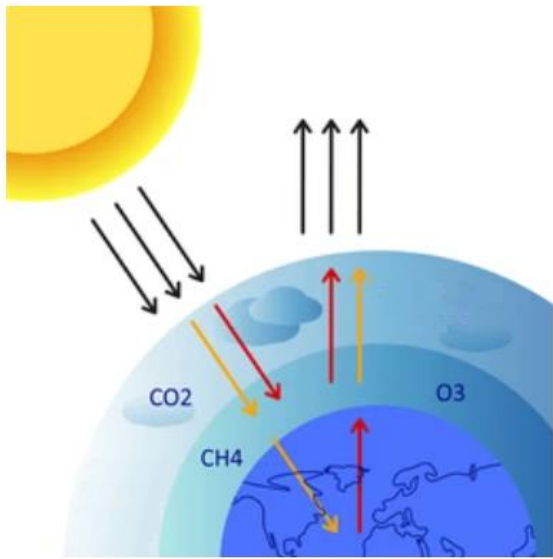
# Enfoque del estudio:

## Aprovechamiento metano en PTAR

- 1 La operación de las PTAR genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como resultado del elevado consumo de energía, así como de la estabilización de materia orgánica y la estabilización y disposición de lodos en grandes cantidades.
- 2 La gestión circular permite aprovechar subproductos como agua regenerada, biosólidos, energía y nutrientes.
- 3 Existe ya amplia evidencia de la viabilidad de aprovechar metano en PTAR con capacidades superiores a 500 l/s (Nolasco, 2010; Silva y otros, 2016).
- 4 El objetivo de este proyecto es demostrar que también es viable financieramente la recuperación de metano en PTAR de menor tamaño.



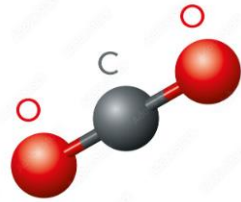
# Potencial de Calentamiento Global del Metano



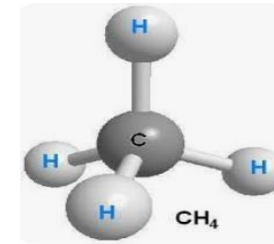
**GWP – Global Warming Potential**  
**“Potencial de Calentamiento Global”**

Mide la energía que una tonelada de un gas consigue absorber y que irá liberando durante su permanencia en la atmósfera, en cierto periodo de años

**Se toma como referencia el GWP del CO<sub>2</sub>**



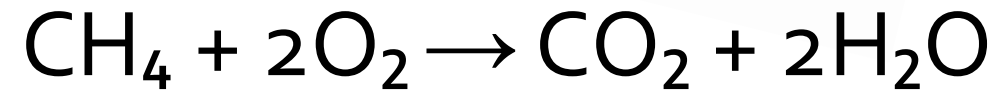
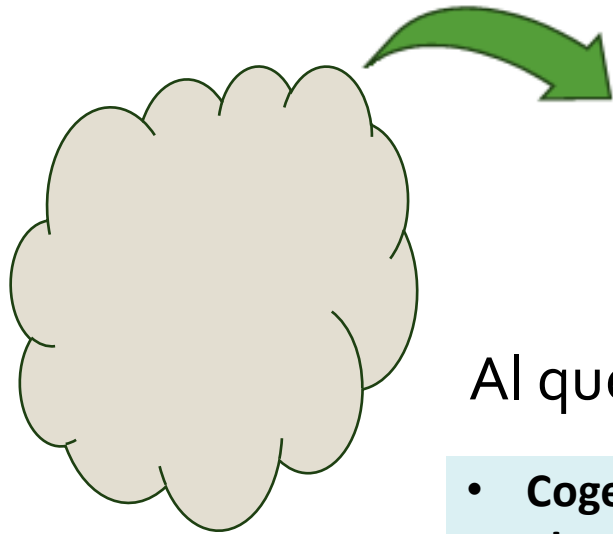
GWP del CO<sub>2</sub> en 100 años = 1  
GWP del CO<sub>2</sub> en 20 años = 1



GWP del CH<sub>4</sub> en 100 años = 28  
**GWP del CH<sub>4</sub> en 20 años = 84**

- ✓ CH<sub>4</sub>: tiempo de vida medio en la atmósfera de 10-20 años, mucho menor que el CO<sub>2</sub>
- ✓ CH<sub>4</sub>: efecto 84 veces más potente para el Calentamiento Global que el CO<sub>2</sub> (horizonte de 20 años)
- ✓ CH<sub>4</sub>: responsable de aprox. 30% del calentamiento global desde la época preindustrial
- ✓ A corto plazo (metas de 2050): es más eficaz mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub> que las de CO<sub>2</sub>

# Metano: fuente de energía renovable



ATMÓSFERA

Al quemar biogás:

- **Cogeneración:** se aprovecha un **recurso energético valioso para producir calor o electricidad de forma renovable**, sin usar combustibles fósiles.
- **Se transforma un gas con un potencial GWP 84 –escala 20 años- en otro con potencial GWP 1**, con lo que se contribuye a mitigar el calentamiento global.

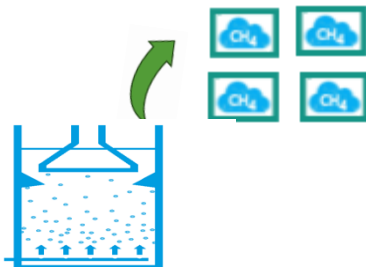
✓ Quemar **1 tonelada de CH<sub>4</sub>** (GWP=84) produce **2,75 toneladas de CO<sub>2</sub>** (GWP=1) (\*)

(\*) Cálculos estequiométricos

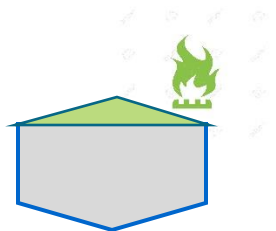
# Localización PTAR de estudio México



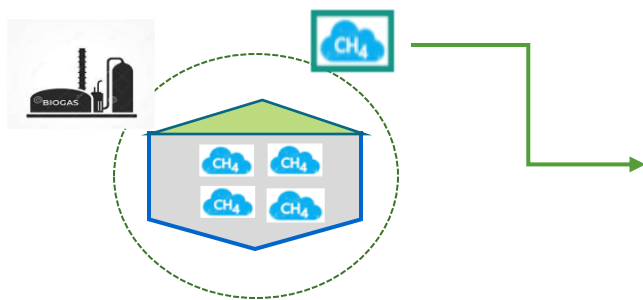
# Emisiones de Metano en PTAR



PTAR con emisión libre de CH<sub>4</sub>



PTAR con quema de biogás



PTAR con adecuación para captura de metano y cogeneración

- **1 kg CH<sub>4</sub> emitido equivale 84 kg CO<sub>2</sub>** (escala 20 años)
- **1 kg CH<sub>4</sub> emitido equivale 28 kg CO<sub>2</sub>** (escala 100 años)

- **1 kg CH<sub>4</sub> quemado genera 2,75 kg CO<sub>2</sub>** (estequiometría)
- **1 kg CH<sub>4</sub> quemado: impacto 30 veces menos que 1 Kg CH<sub>4</sub> emitido (\*)**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> cogeneración: IPCC- efecto neutro (orig. biogénico)**

- % emisión de CH<sub>4</sub> captado que NO es aprovechable (p.e. **10%**)
- **1 Kg CH<sub>4</sub> genera aprox. 14.8 KWh energía**
- **Estudio CEPAL -PTAR intermedias ALC: inversiones de USD \$7,6 p.e. en aprovechamiento CH<sub>4</sub> - relación B/C de 1,34.**

\* Con base en GWP escala 20 años

# Elementos Básicos de aplicación Metodología IPCC para estimar CH<sub>4</sub> en PTAR



Las principales corrientes de tratamiento que generan CH<sub>4</sub> en una PTAR son:

- Tratamiento biológico de ARD
  - ✓ Procesos tecnología Aerobia
  - ✓ Procesos tecnología Anaerobia
- Digestión anaerobia de lodos provenientes de proceso aerobio

Formulas IPCC para calcular por separado las emisiones de CH<sub>4</sub> en estos casos:

- Tratamiento aerobio (LAC, FP)
- Tratamiento anaerobio: **emisiones 200 veces mayores** que procesos aerobios
  - ✓ RAFA/UASB
  - ✓ Lagunas anaerobias

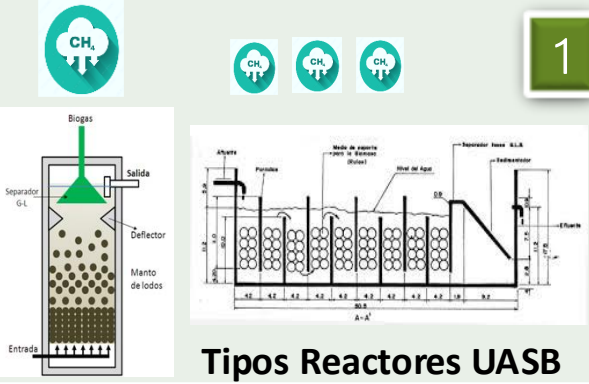
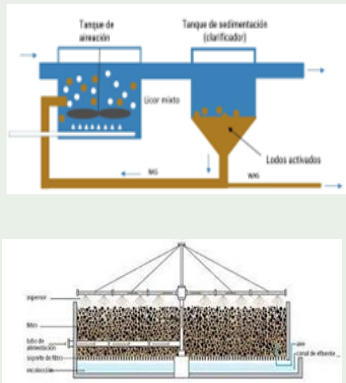
Formula IPCC para calcular emisiones de digestión anaerobia de lodos generados en tratamiento aerobio ARD

La adición de digestores anaerobios de lodos a procesos aerobios de tratamiento de ARD puede **incrementar en cerca de 80 veces** la generación de metano

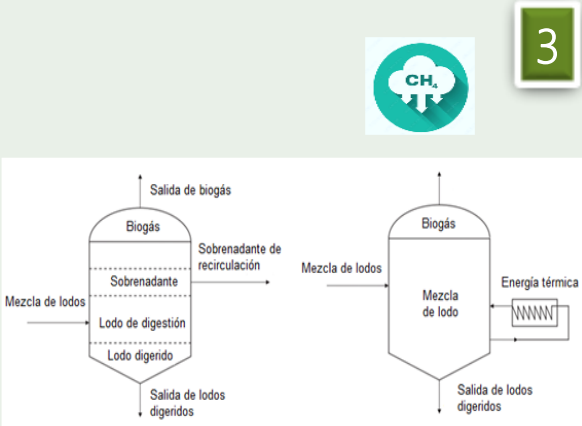




# Principales fuentes de emisión en PTAR: Tren de aguas

Proceso	Tratamiento Secundario	Potencial emisión CH <sub>4</sub>	Formula de Cálculo		
			Emisión =	Datos de Actividad X	Factor de Emisión
			Emisión	Datos de Actividad	Factor emisión
Anaerobio	 <p>Tipos Reactores UASB</p>	Alto	<b>Metano generado (Kg CH<sub>4</sub>/año)</b>	Carga entrada – Carga removida lodo	Cap. máx. CH <sub>4</sub> x Factor corr.
				$(TOW) - (S)$ Kg DQO /año      Kg DQO /año <b>Valor bajo</b> <i>procesos anaerobios</i>	$(Bo) \times (MCF)$ <b>Bo: 0,25 Kg CH<sub>4</sub>/Kg DQO</b> <b>MCF: 1 (Reactores UASB)</b>
Aerobio	 <p>Lodos Activados (LAC) Filtro Percolador (FP)</p>	Reducido	<b>Metano generado (Kg CH<sub>4</sub>/año)</b>	Carga entrada – Carga removida lodo	Cap. máx. CH <sub>4</sub> x Factor corr.
				$(TOW) - (S)$ Kg DBO/año      Kg DBO /año <b>Valor alto</b> <i>procesos aerobios</i>	$(Bo) \times (MCF)$ <b>Bo: 0,60 Kg CH<sub>4</sub>/Kg DBO</b> <b>MCF: 0,003 a 0,09</b>

# Principales fuentes de emisión en PTAR: Tren de lodos

Proceso	Digestión de lodos aerobios	Potencial emisión CH <sub>4</sub>	Formula de Cálculo		
			Emisión =	Datos de Actividad X	Factor de Emisión
			Emisión	Datos de Actividad	Factor emisión
Digestión anaerobia de lodos		Alto	Metano generado (Kg CH <sub>4</sub> /año)	Masa de lodos tratados	.
				(M) Kg de lodos	(EF) Kg CH <sub>4</sub> /Kg lodo <b>EF: 0,375 Kg de CH<sub>4</sub>/Kg de lodo</b>

# Características generales de las PTAR

Ubicación	Nombre	Tecnología de tratamiento*	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado** (l/s)	Habitantes atendidos**	Concentración de parámetros de control **	
						DBO (Mg/l)	DQO (Mg/l)
Teotihuacan (Edo. México)	San Martín de las Pirámides	Anaerobia/aerobia (RAFA + LAC)	70,0	45,0	30.240	251	609
Othon P. Blanco (Edo. Quintana Roo)	Centenario	Aerobia (LAC)	180,0	120,0	29.623	259	539
Solidaridad (Edo. Quintana Roo)	Bicentenario	Aerobia (LAC + FP)	120,0	60,0	14.811	454	944
Cozumel (Edo. Quintana Roo)	San Miguelito	Aerobia (LAC + FP)	220,0	160,0	39.497	400	832

Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por CAPA, CONAGUA y CAEM.

\*RAFA + LAC: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente + Lodos Activados Convencionales; LAC: Lodos Activados Convencionales; LAC + FP: Lodos Activados Convencionales + Filtro Percolador.

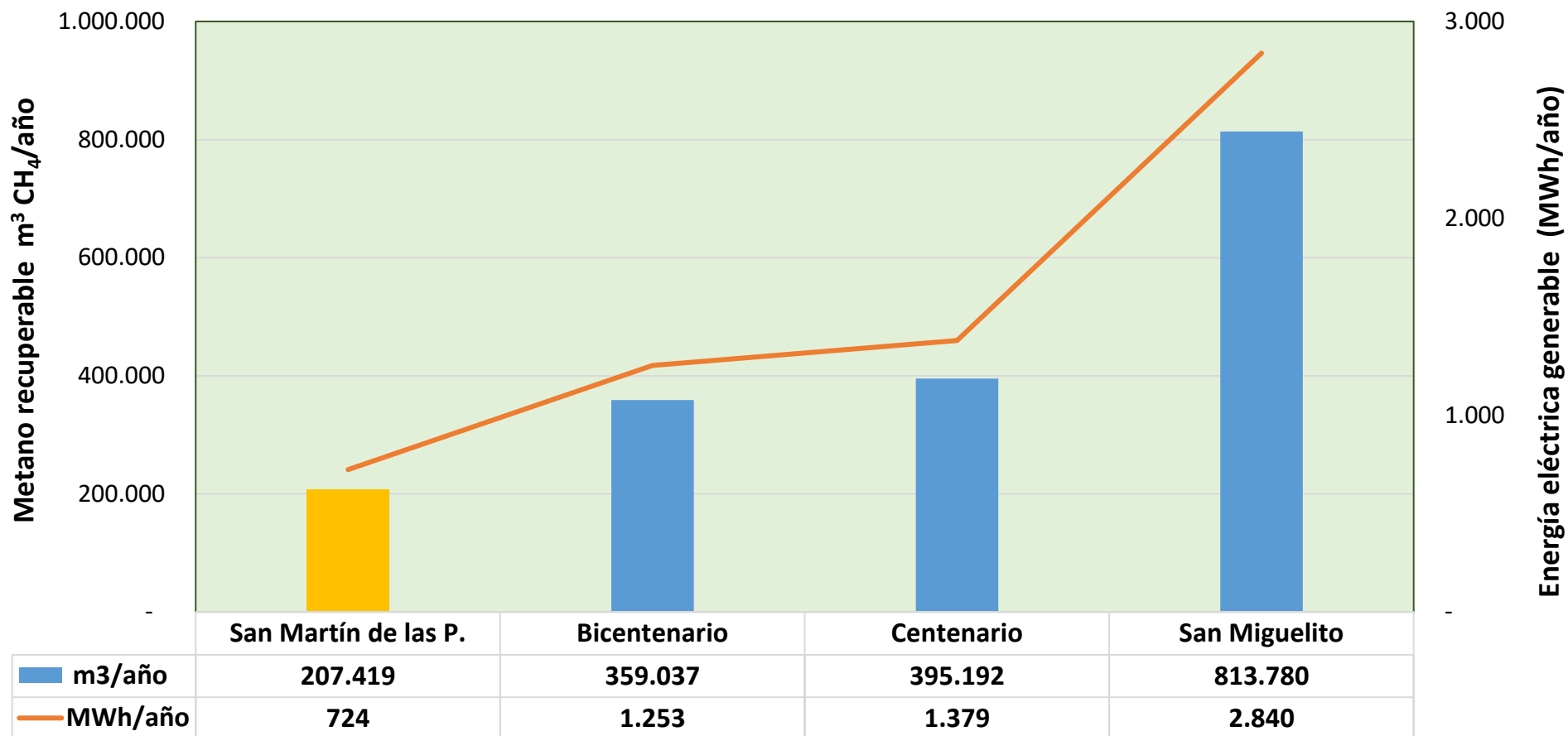
\*\* Información de caudal, habitantes atendidos y concentración validada en taller de capacitación CEPAL celebrado en julio de 2023 en Quintana Roo y que contó con personal técnico de cada una de las PTAR

# Metano potencialmente emisible y captable en cada fase de tratamiento

Nombre PTAR	Estimación de metano emitido (m <sup>3</sup> )				Metano recuperable (m <sup>3</sup> )			
	Anaerobia	Aerobia	Lodos	Total	Anaerobia	Aerobia	Lodos	Total
San Martín de las Pirámides	230.465	629	-	231.094	207.419	-	-	207.419
Centenario	-	5.266	439.102	444.368	-	-	395.192	395.192
Bicentenario	-	3.920	398.930	402.850	-	-	359.037	359.037
San Miguelito	-	10.845	904.200	915.045	-	-	813.780	813.780
<b>Total</b>	<b>230.465</b>	<b>20.660</b>	<b>1.742.233</b>	<b>1.993.358</b>	<b>217.790</b>	<b>-</b>	<b>1.568.009</b>	<b>1.775.428</b>

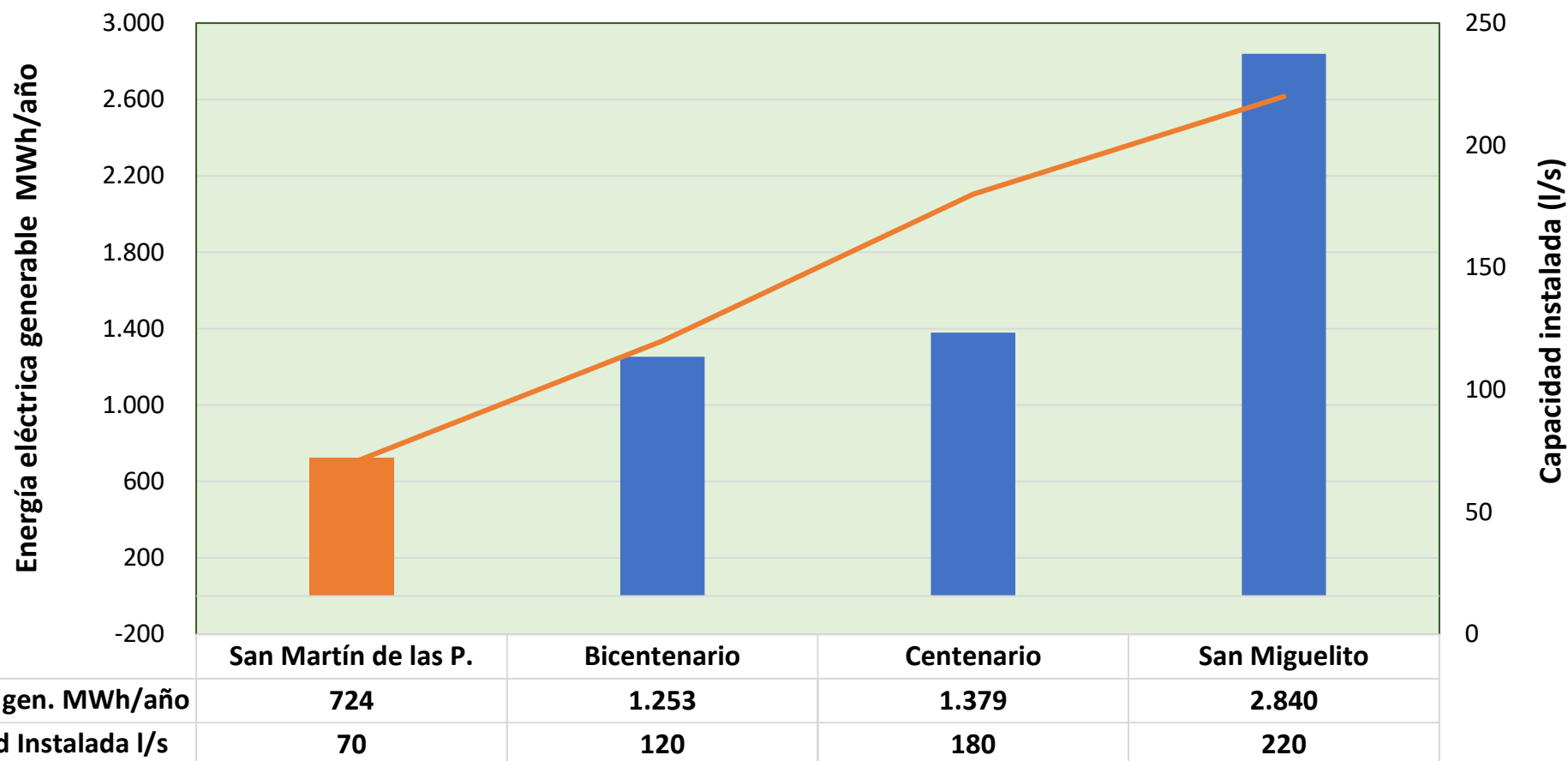
Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por CAPA y CAEM

## Metano recuperable y energía eléctrica generable



Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por CAPA y CAEM.

## Energía eléctrica generable y capacidad instalada



Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por CAPA y CAEM.

# Localización PTAR de estudio El Salvador



# PTAR San Juan Opico

## PTAR San Juan Opico

Anaerobia



LA LIBERTAD



### Información Básica

Año de construcción	2005
Capacidad Instalada	30 l/s
Caudal Tratado	25,34 l/s
Habitantes atendidos	10.040 habitantes

### Proceso de tratamiento biológico

Dual (anaerobio-aerobio)	RAFA + FP
Manejo de Lodos	Lechos de secado Disposición Final

### Caracterización afluente PTAR (2022)

	Afluente	Efluente
DQO	496 mg/l	96 mg/l



# PTAR Ciudad Futura



**PTAR Ciudad Futura**

Anaerobia

## Información Básica

Capacidad Instalada	30 l/s
Caudal Tratado	26,04 l/s
Habitantes atendidos	21.250 habitantes

## Proceso de tratamiento biológico

Dual (anaerobio-aerobio)	RAFA + FP
Manejo de Lodos	Lechos de secado Disposición Final

## Caracterización afluente PTAR (2022)

	Afluente	Efluente
DQO	780 mg/l	105 mg/l

# Aplicación Metodología PTAR San Juan Opico

## PTAR San Juan Opico

Anaerobia



LA LIBERTAD



### Información Básica

Año de construcción	2005
Capacidad Instalada	30 l/s
Caudal Tratado	25,34 l/s
Habitantes atendidos	10.040 habitantes

### Proceso de tratamiento biológico

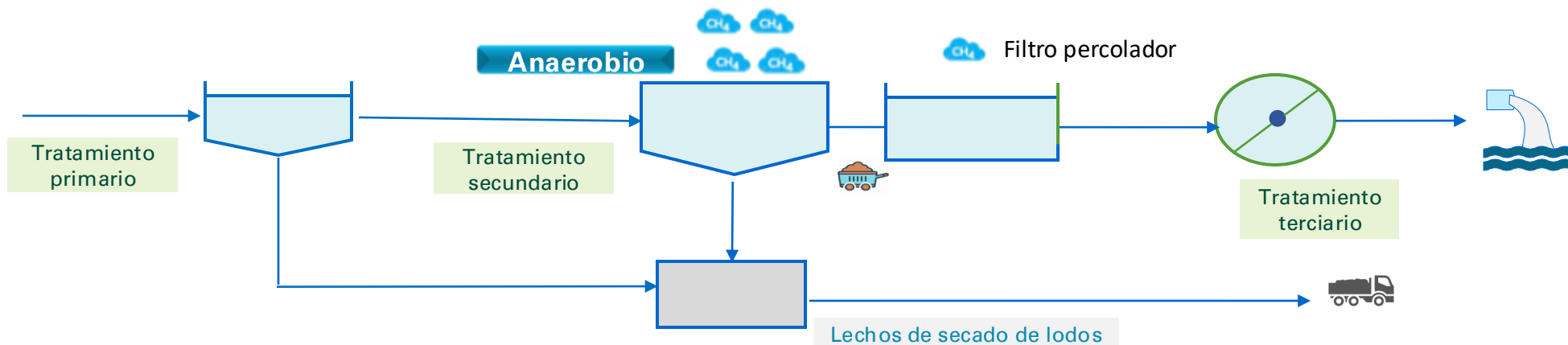
Dual (anaerobio-aerobio)	RAFA + FP
Manejo de Lodos	Lechos de secado Disposición Final

### Caracterización afluente PTAR (2022)

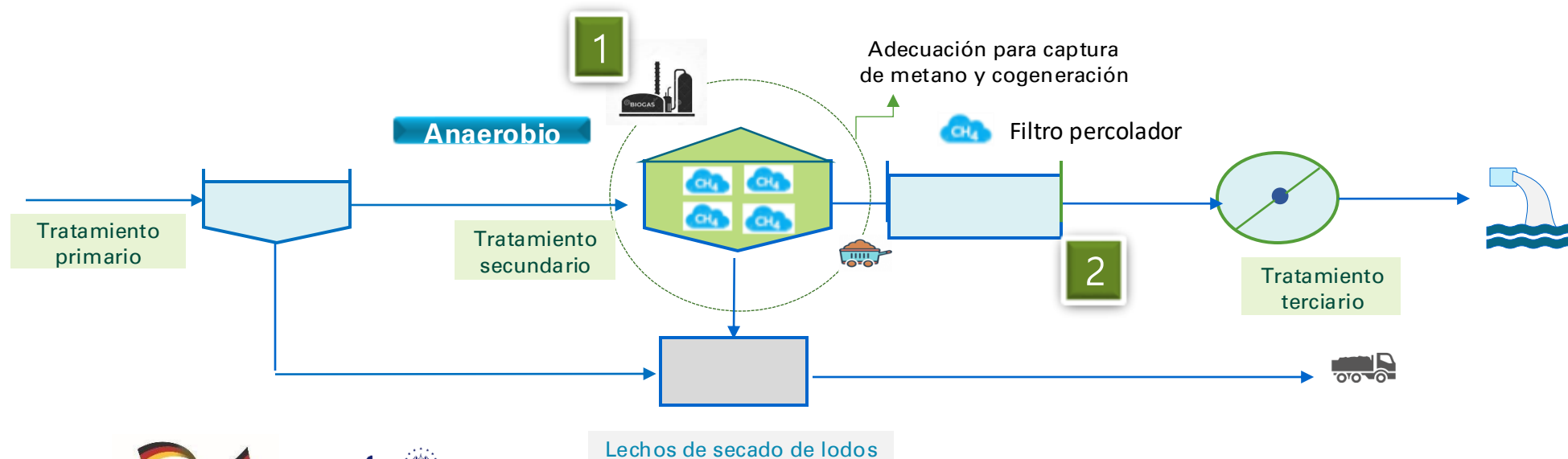
	Afluente	Efluente
DQO	496 mg/l	96 mg/l
DBO	198 mg/l	39,6 mg/l

# Emisión de CH<sub>4</sub> en PTAR San Juan Opico

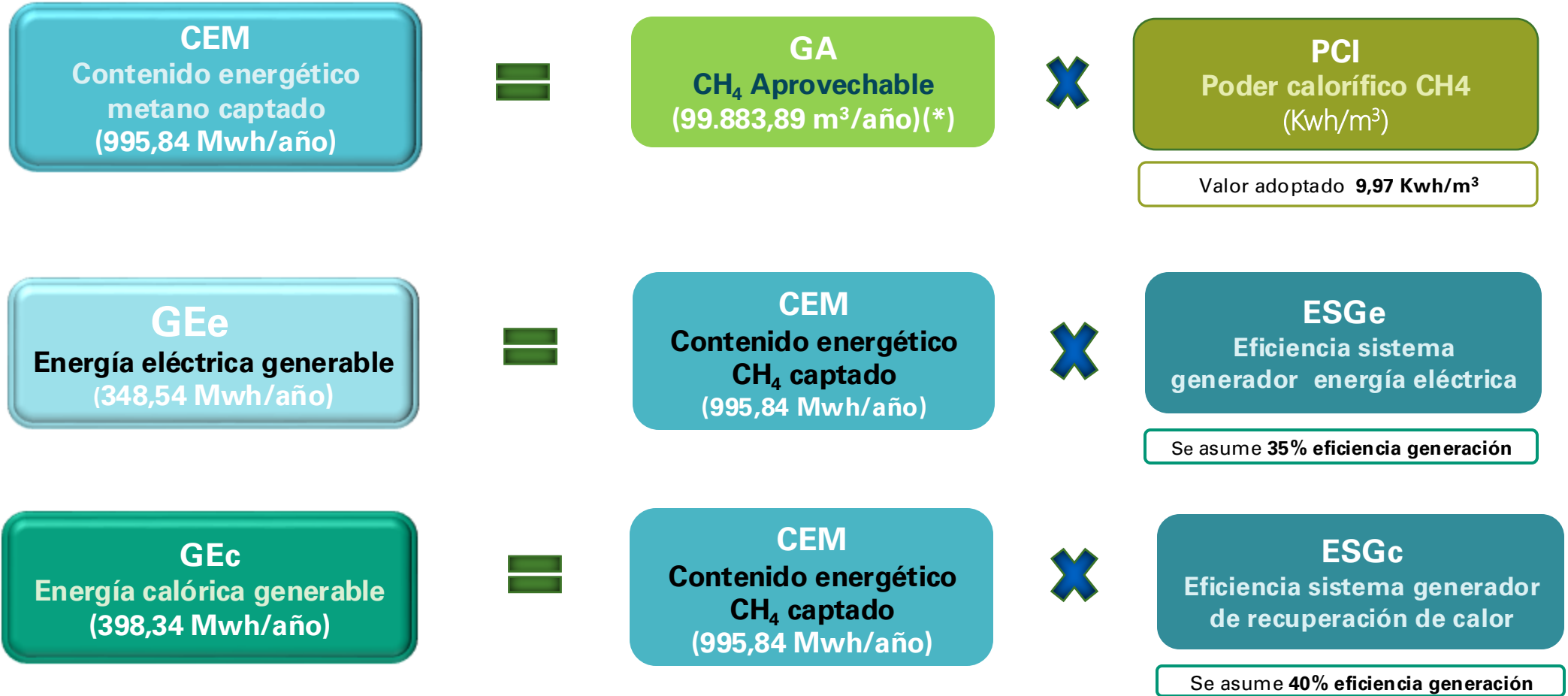
Situación Actual.  
Sin proyecto de recuperación de CH<sub>4</sub>



Situación con proyecto de recuperación de CH<sub>4</sub>

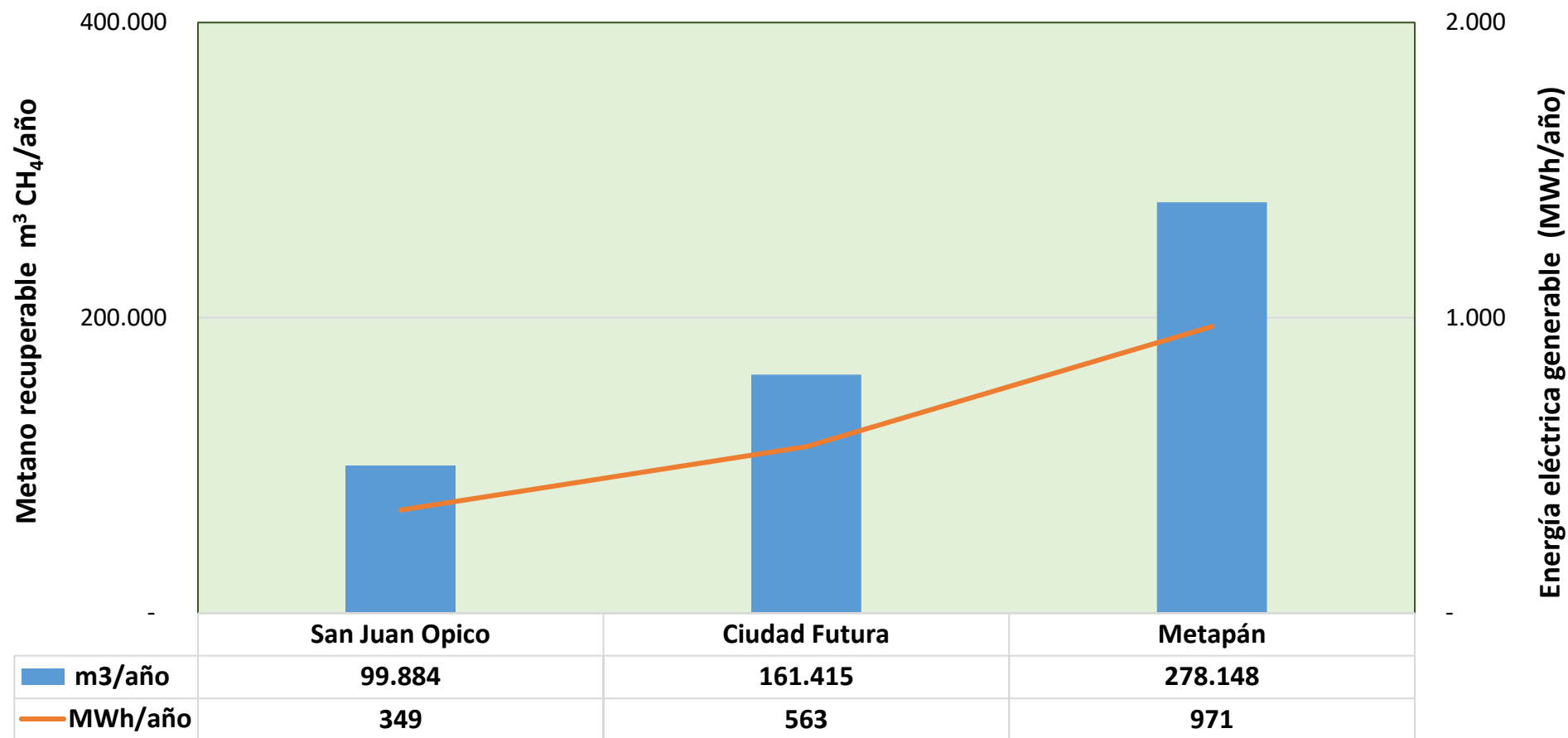


# Energía eléctrica y calórica generable con base en metano – PTAR San Juan Opico



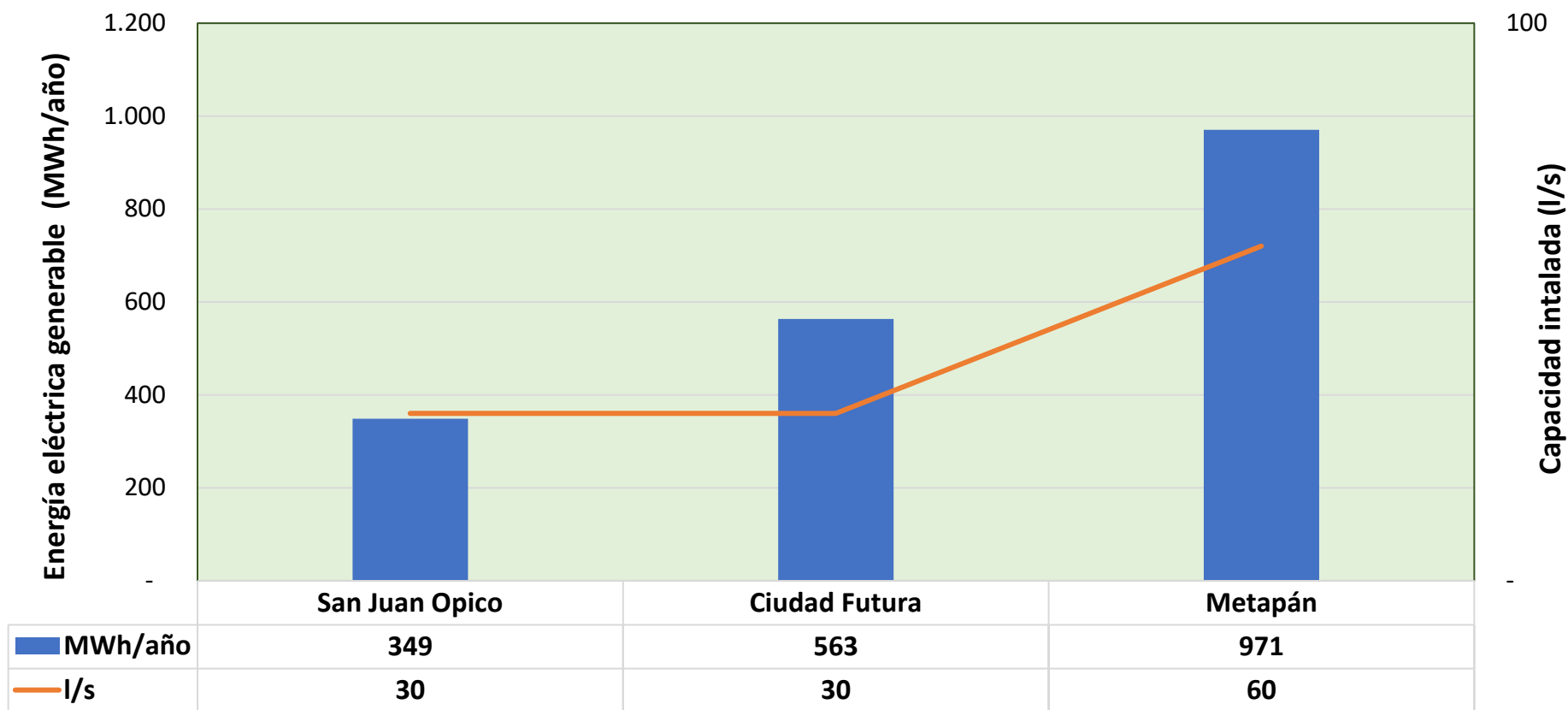
\*Solo se tiene en cuenta el CH<sub>4</sub> generado en el reactor anaerobio de tratamiento de ARD

# Metano recuperable y energía eléctrica generable



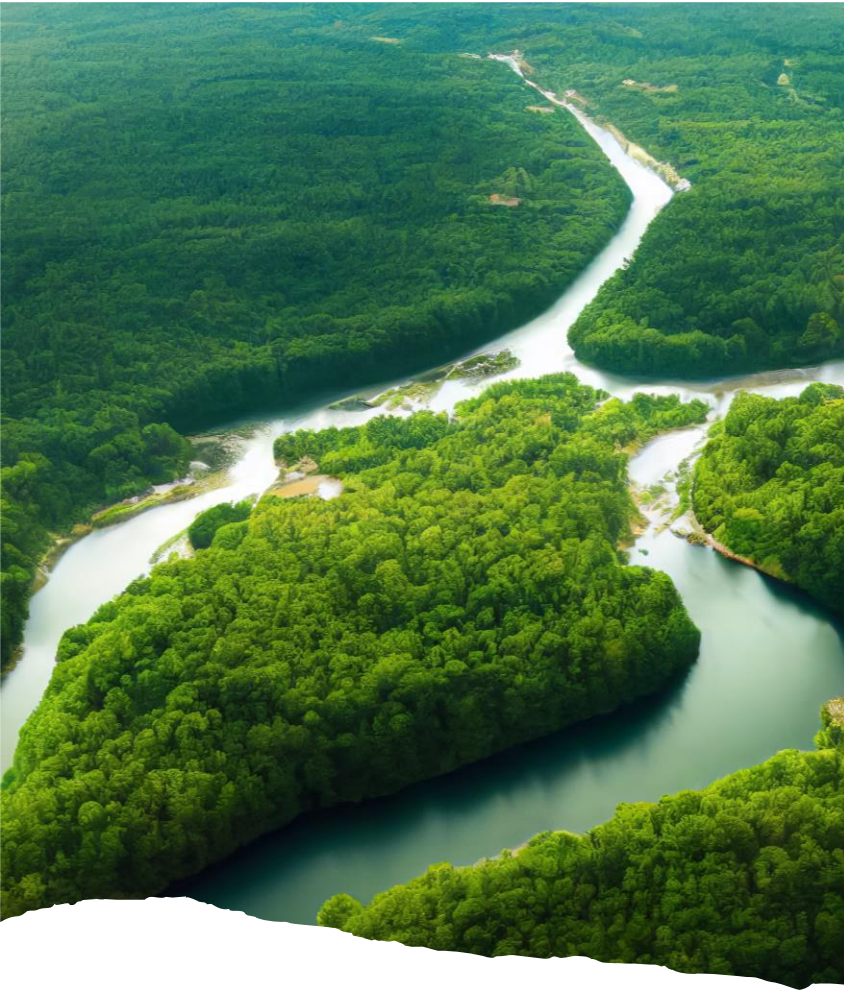
Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por CAPA y CAEM.

# Energía eléctrica generable y capacidad instalada



Título del eje

Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por ANDA y ASA.



Evaluación financiera de los proyectos de aprovechamiento de metano de las PTAR seleccionadas de México y El Salvador

Alfredo Montañez - Experto CEPAL

# Metodología empleada

Estimación de  
costos de  
inversión para  
la generación  
de energía.

Se determina el tipo de inversión y se estima el costo asociado, en función de:

- Tecnología de la PTAR.
- Capacidad instalada.

Análisis de  
viabilidad  
financiera en  
cada PTAR.

Se realiza un análisis de la relación beneficio/costo y cálculo del período de recuperación (payback) de las inversiones a partir de

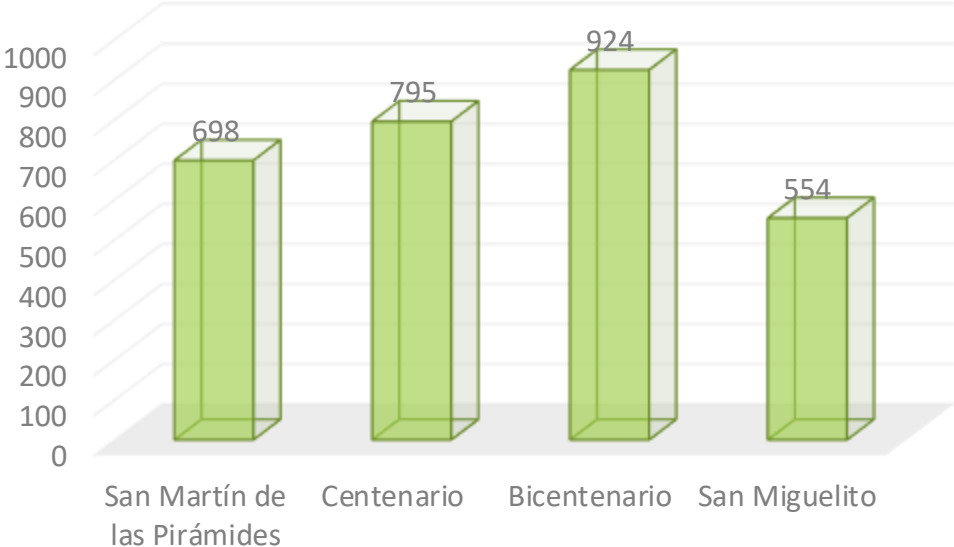
- Ahorros de energía
- Horizonte temporal de 20 años
- Análisis en términos de Valor Presente



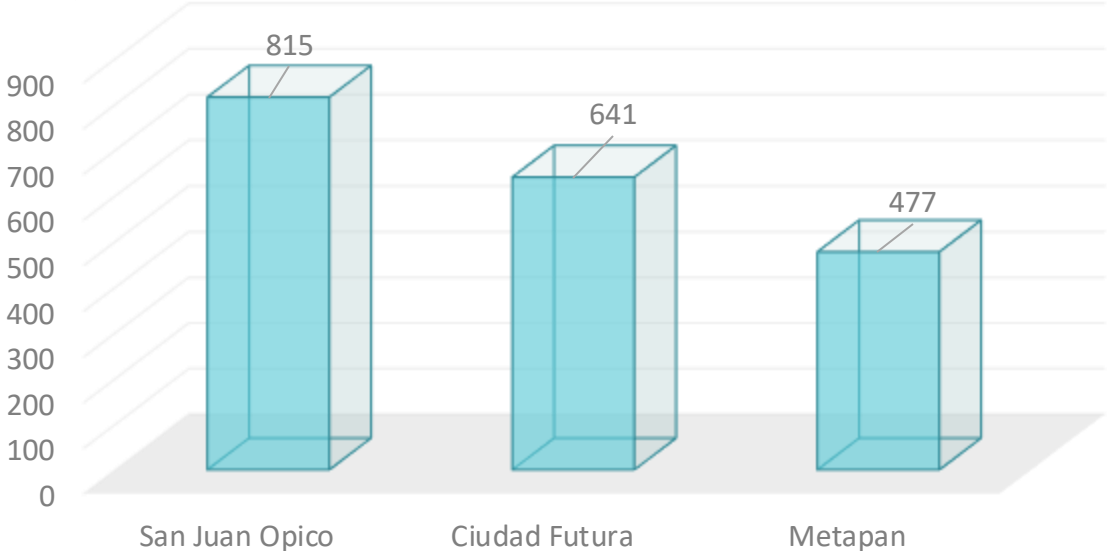
# Requerimientos de inversión

Tipo de inversión	Sistemas Compactos		Sistemas Lagunares	
	Aerobios	Anaerobias	Aerobios	Anaerobias
1- Obra de Profundización			✓	
2- Cubierta de PEAD			✓	✓
3- Sistema de bombeo y espesamiento de lodos	✓			
4- Digestor anaerobio de lodos	✓			
5- Ruteo, almacenamiento y purificación de biogás	✓	✓	✓	✓
6- Motogenerador a biogás	✓	✓	✓	✓
7- Circuito de aprovechamiento de energía calórica	✓	✓	✓	✓
8- Estación de transformación eléctrica	✓	✓	✓	✓

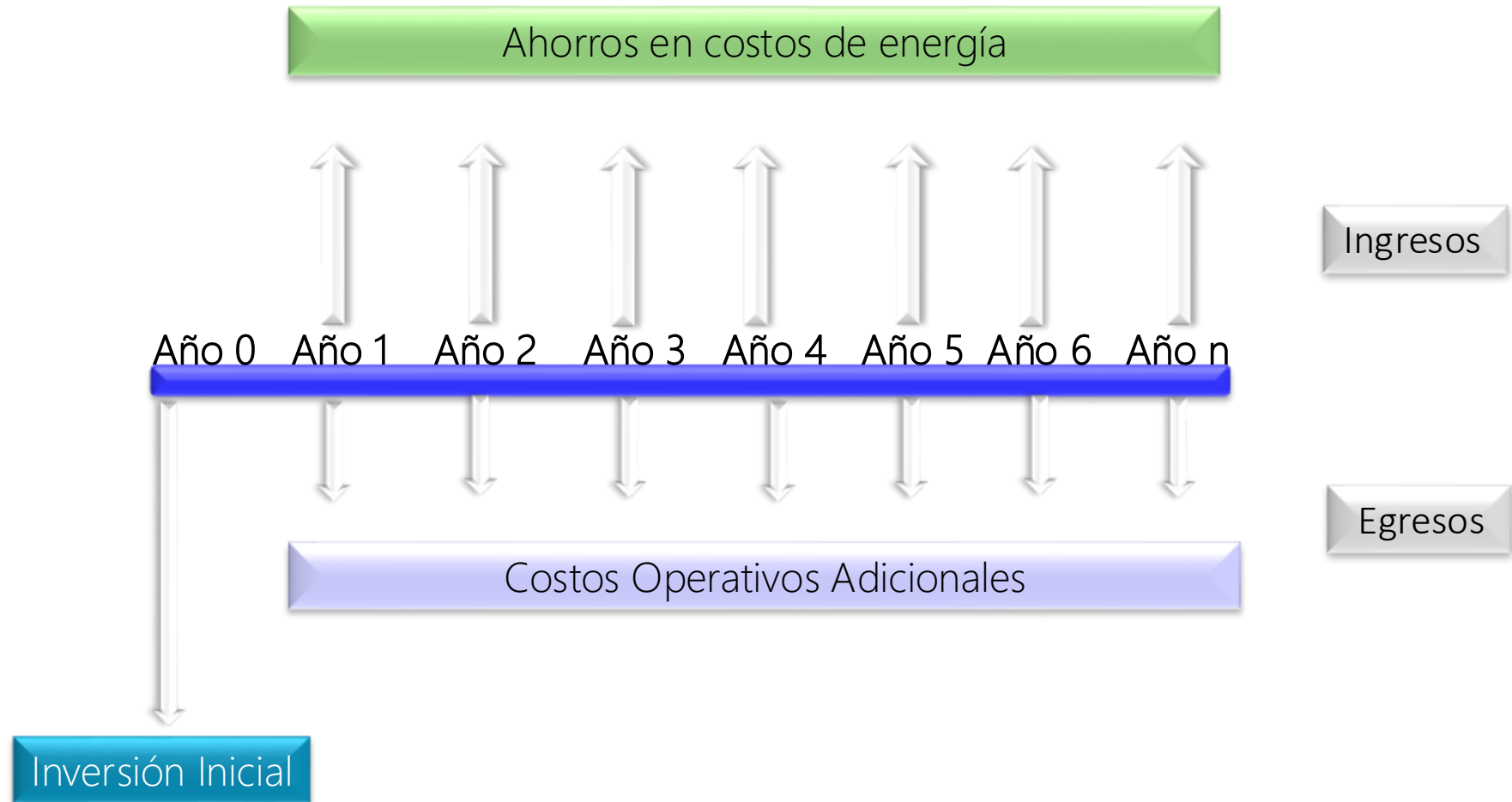
### Costo de inversión por cada MWh de energía eléctrica generable en el año en PTAR seleccionadas de México



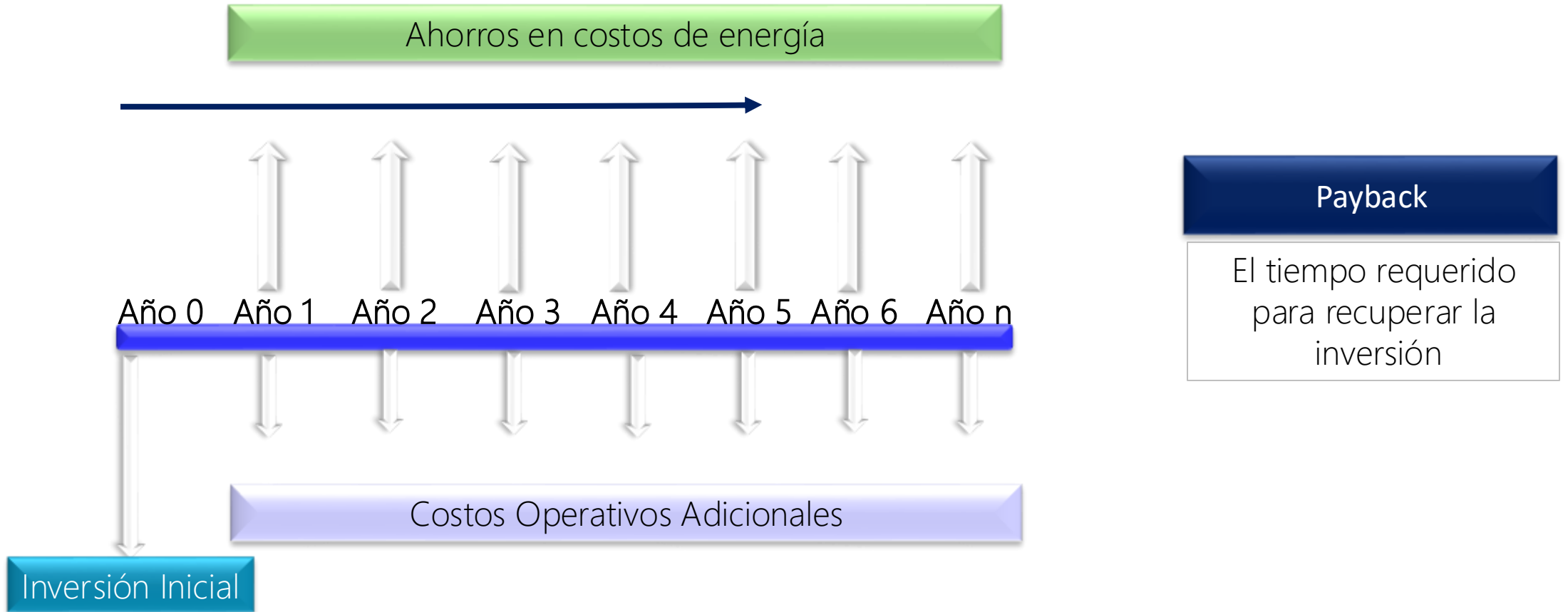
### Costo de inversión por cada MWh/año de energía eléctrica generable en PTAR seleccionadas de El Salvador



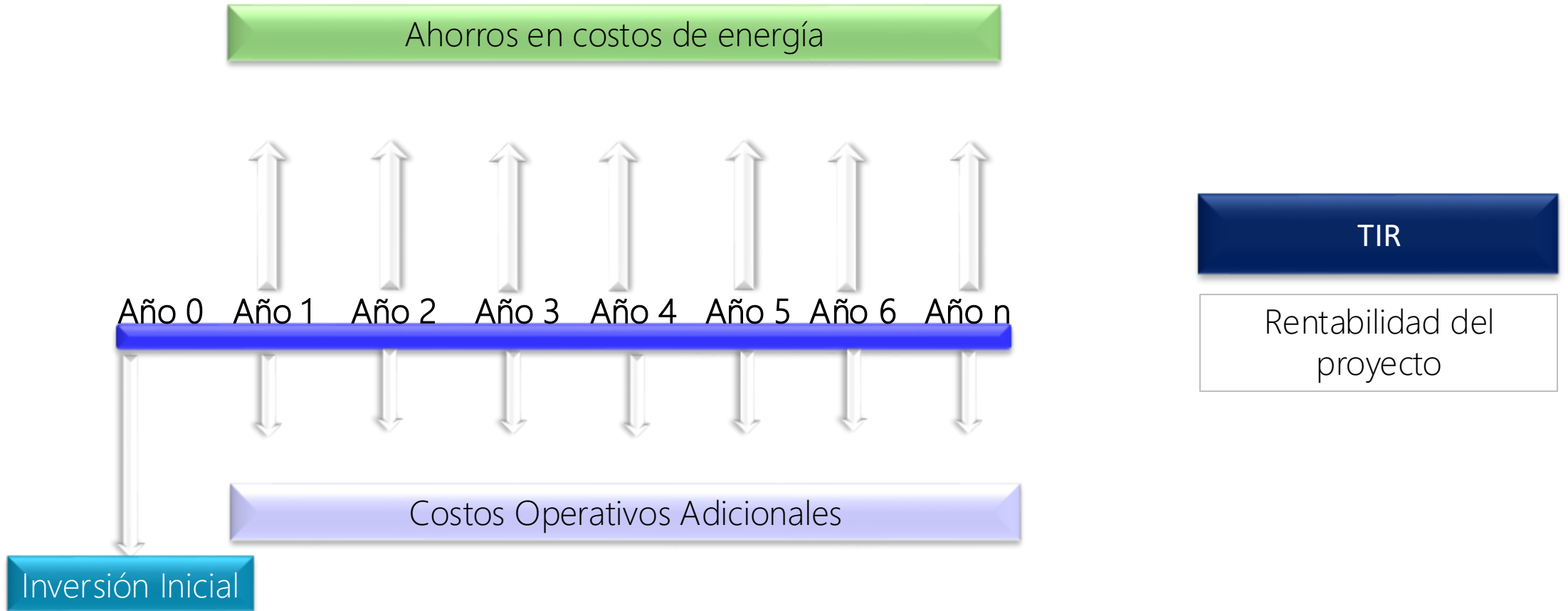
# Evaluación financiera: Construcción de flujo del proyecto



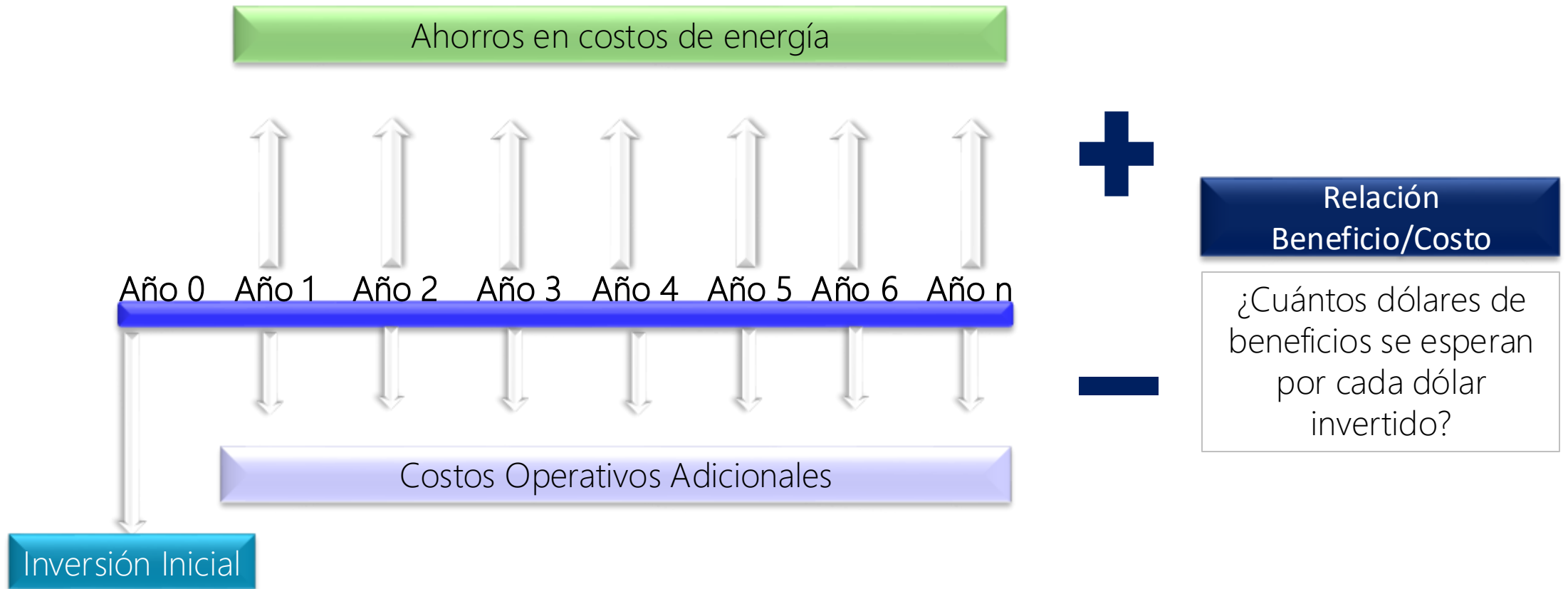
# Evaluación financiera: criterios de inversión



# Evaluación financiera: criterios de inversión



# Evaluación financiera: criterios de inversión



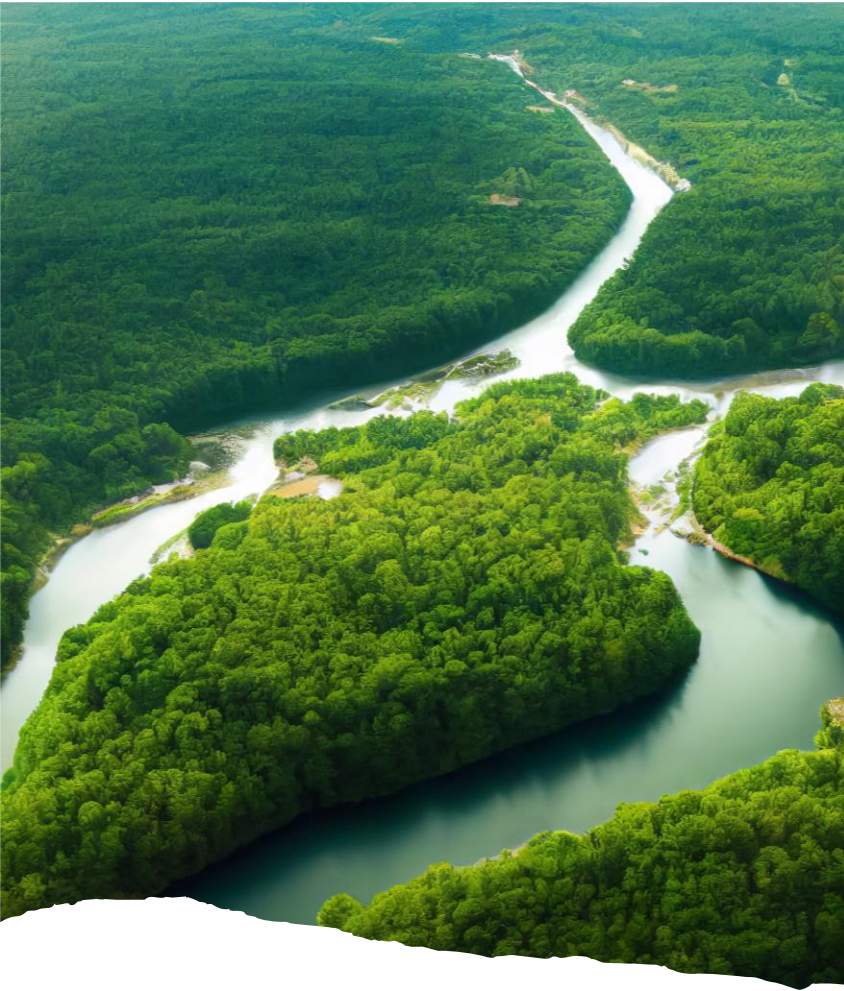
## Resultados evaluación financiera PTAR México

Nombre PTAR	Localización	Concentración DBO5 en afluente (mg/l)	Habitantes atendidos	Metano recuperable (m3/año)	Energía eléctrica generable (Mwh/año)	Inversión (USD)	Ahorros anuales (USD/año)	R/ Beneficio-Costo	Payback (Años)
Bicentenario	Estado de Quintana Roo	454	14.811	359.037	1.253	1.157.603	209.228	1,54	8,6
Centenario	Estado de Quintana Roo	259	29.623	395.192	1.379	1.096.294	230.297	1,79	6,8
San Martin de las piramides	Estado de Mexico	279	30.240	207.419	724	505.167	137.520	2,28	4,9
San Miguelito	Estado de Quintana Roo	400	39.497	813.780	2.840	1.573.121	474.228	2,57	4,4

## Resultados evaluación financiera PTAR El Salvador

Nombre PTAR	Localización	Concentración DQO en afluente (mg/l)	Habitantes atendidos	Metano recuperable (m <sup>3</sup> /año)	Energía eléctrica generable (Mwh/año)	Inversión (USD)	Ahorros anuales (USD/año)	R/ Beneficio-Costo	Payback (Años)
San Juan de Opico	Dpto. La Libertad	496	10.040	99.884	349	284.221	59.253	1,77	6,9
Ciudad Futura	Dpto. San Salvador	780	21.250	161.415	563	360.772	95.754	2,26	5
Metapán	Dpto. Santa Ana	700	19.830	278.148	971	395.464	145.228	3,13	3,4





## Opciones de financiamiento para programas nacionales de reducción de metano

Pedro A. Chavarro V.– Experto CEPAL



CEPAL

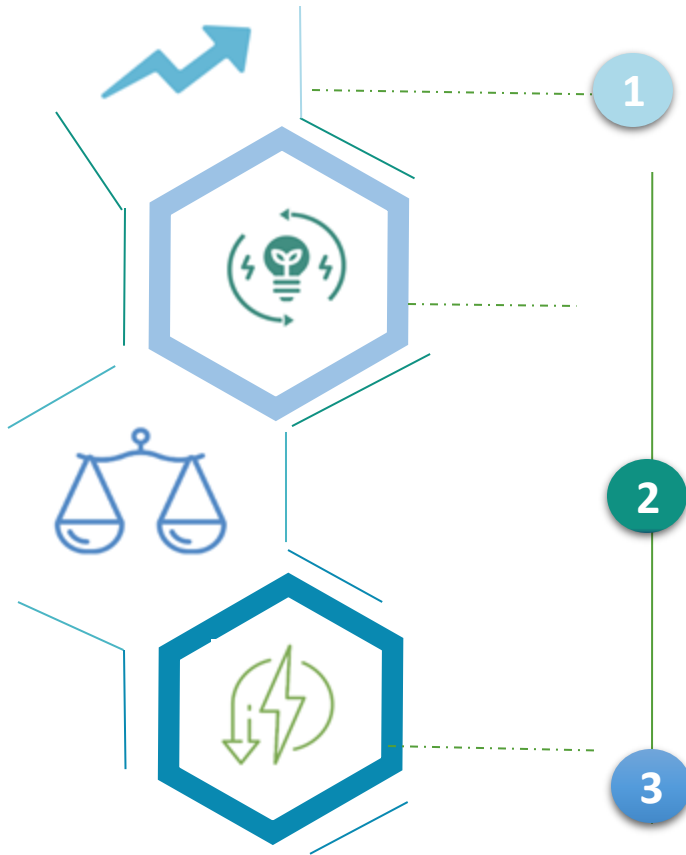
División de Recursos Naturales



United Nations  
Peace and Development Trust Fund



# Prioridad mundial de reducción emisiones de metano



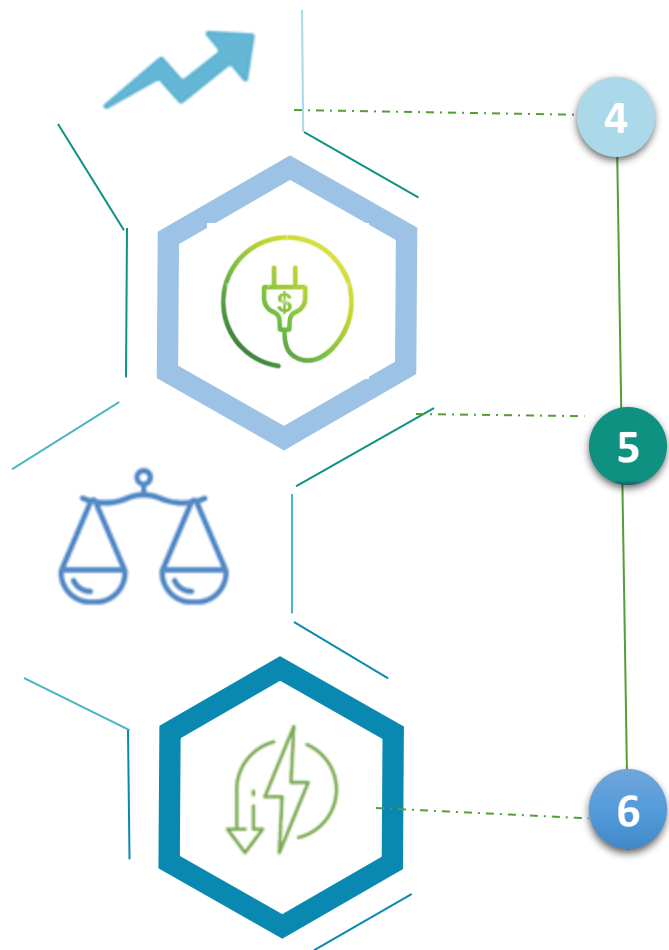
1 El metano, es después del CO<sub>2</sub>, el GEI con mayor contribución al cambio climático:

- 84 veces más potente para atrapar calor que CO<sub>2</sub>- 20 años
- 28 veces más potente para atrapar calor que CO<sub>2</sub>- 100 años
- Contribución al 30% del calentamiento global

2 El 20% de emisiones de CH<sub>4</sub> se originan en el sector de residuos (UNEP), lo cual incluye a la disposición final de residuos sólidos y el tratamiento de aguas residuales

3 Reducción de emisiones CH<sub>4</sub> del sector de APS: acciones de mitigación que persiguen los Acuerdos de París y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC),

# Financiamiento Climático (FC) para mitigación emisiones CH4

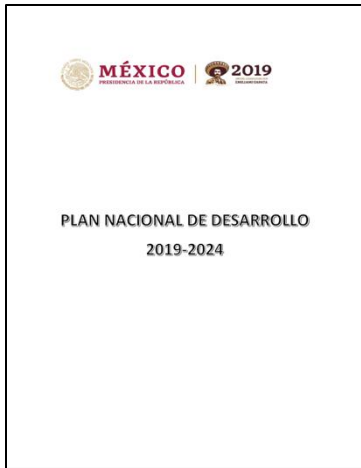


4 Financiamiento en reducción del metano y representa menos del 2% del financiamiento climático mundial (Banco Mundial, 2023)

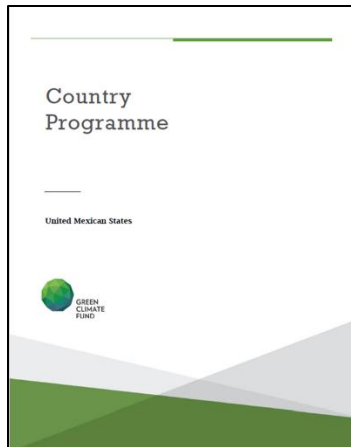
5 Principales fuentes de financiamiento en mitigación - Fondos Multilaterales de la CMNUCC: Fondo Verde del Clima (GCF) y Fondo Mundial Ambiental (GEF), aprox. 78% del total recursos comprometidos 2003-2021 en acciones de mitigación (USD 24.4 billones)

6 Asistencia en evaluación técnica y financiera preliminar de aprovechamiento de CH4 en PTAR menores: soporte preparación de NC y PF en el ciclo de formulación de proyectos ante fondos multilaterales de FC.

# Prioridades de México en el sector residuos



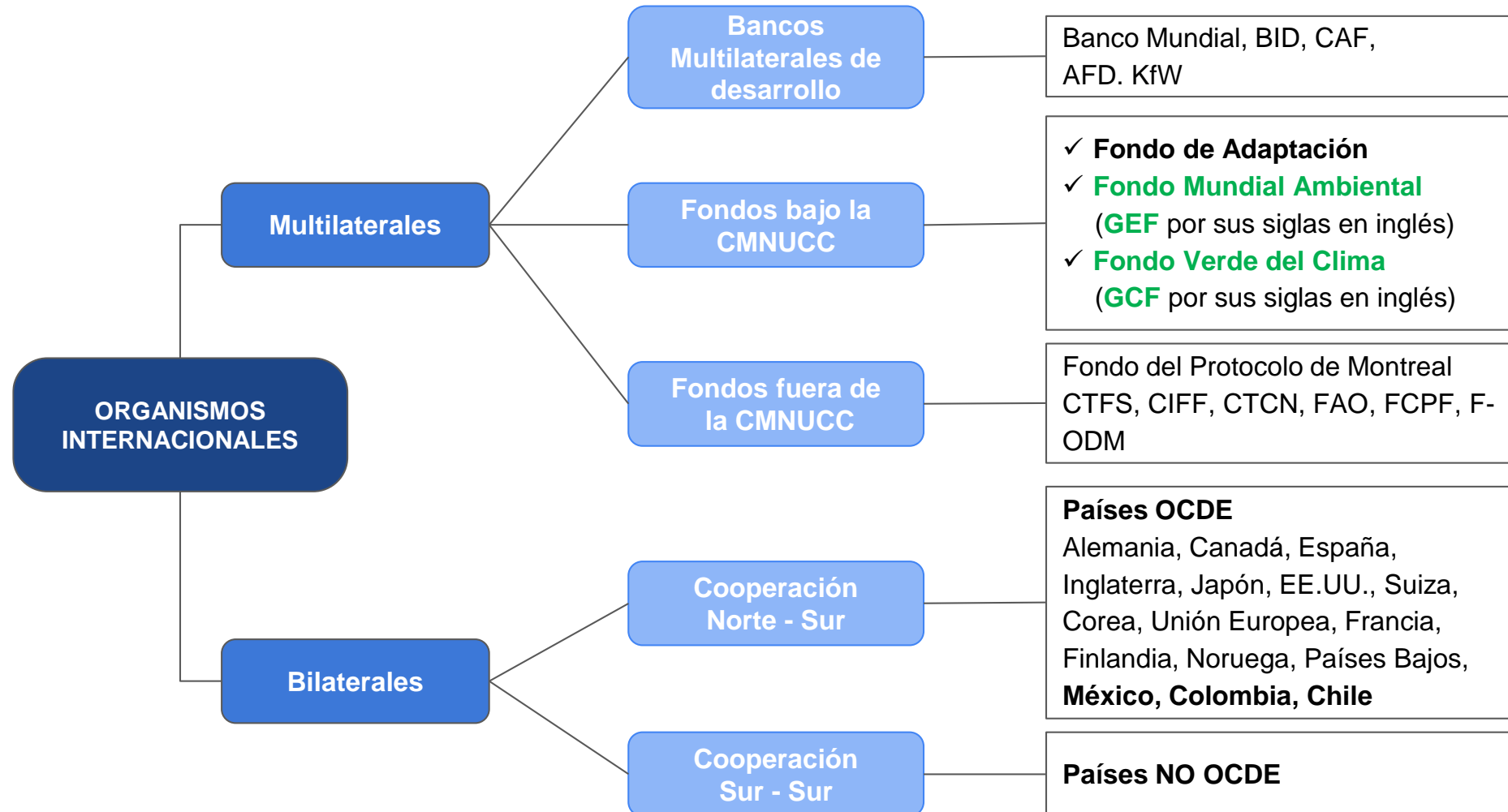
- Programa País GCF alineado con Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024: en 2020 el 7,05% de emisiones CO2 son del sector residuos
- El sector residuos demandará el 7,5% de los fondos requeridos para 37 medidas de mitigación de los NDC de México en 2030.
- Acorde con los NDC, el “manejo sostenible de residuos” es una de las 4 áreas prioritarias para acceder a financiamiento del GCF
- Meta general reducción del 22% en emisiones de CO2 para el 2030



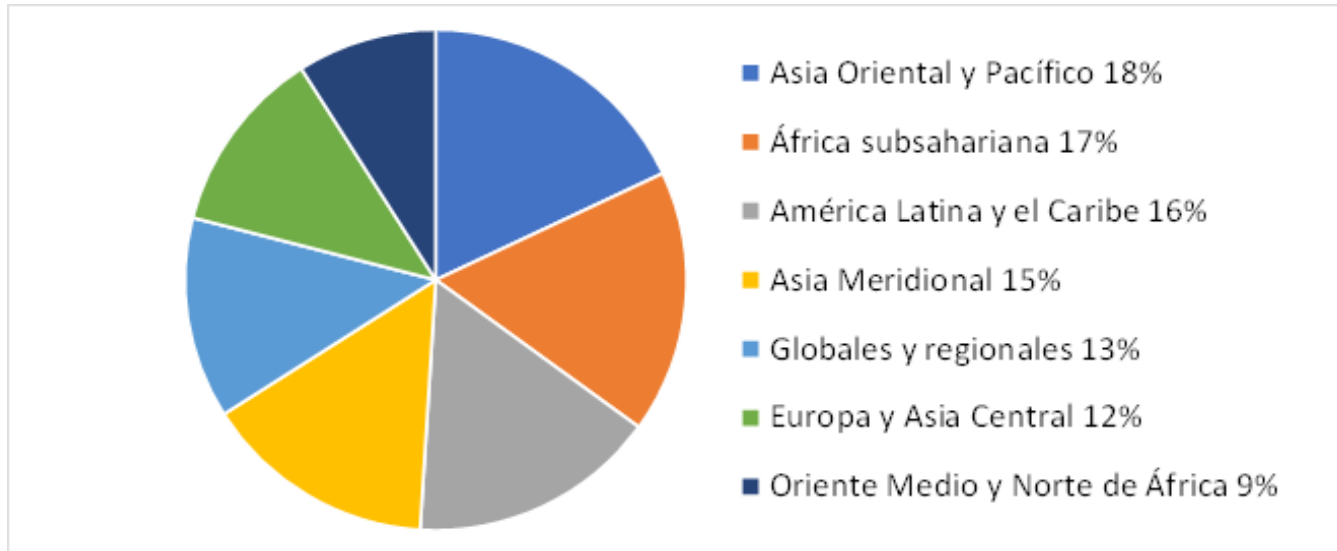
- Acciones estratégicas en el marco de los NDC:
  - ✓ Promover la minimización y reutilización energética de residuos durante todo el ciclo de vida del producto, con un enfoque de economía circular
  - ✓ Desarrollar infraestructura para el tratamiento de ARD para reducir las emisiones de CH4 y promover eficientes de bombeo de agua y PTAR
  - ✓ Impulsar mejoras regulatorias para eliminar barreras en la gestión de biosólidos, generación de biogás y gestión de subproductos

NDC: Contribución Determinada Nacional

# Principales fuentes internacionales de financiamiento climático para ALC



# Distribución regional de fondos aprobados en FC para mitigación



ALC: participación del 16% en el total de recursos aprobados en el periodo 2013-2021 (cerca de USD 2.067 millones)

10 países periodo 2003-2021 recibieron 48% del total del FC en mitigación



5 primeros países receptores FC, USD 3.487 millones (27% de los fondos)

- India USD 1.300 millones
- Indonesia USD 635 millones
- Sudáfrica USD 619 millones
- Turquía USD 498 millones
- México USD 435 millones

# Principales fondos que financian acciones de mitigación (2003-2021, millones de USD)

FONDO	Comprometido	Depositado	Aprobado	Proyectos aprobados	Valor promedio comprometido/proyecto	% Comp.
Clean Technology Fund (CTF, Fondo de Tecnología Limpia)	5.783,2	5.783,2	5.657,5	166	34,1	18,4%
Fondo Verde del Clima (GCF) (GCF-MIR, GCF-1)	20.321,3	12.921,1	3.944,5	49	80,5	64,8%
Fondo Mundial Ambiental - GEF (GEF-4, 5, 6 y 7)	4.080,9	4.068,7	2.336,1	542	4,3	13,0%
Scaling Up Renewable Energy Program in Low Income Countries (SREP, Programa para el aumento del aprovechamiento de fuentes renovables de energía en países de bajos ingresos)	778,6	778,6	674,2	83	8,1	2,5%
Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund (GEEREF, Fondo mundial para la eficiencia energética y las energías renovables)	281,5	275,5	223,6	19	11,8	0,9%
Partnership for Market Readiness (PMR, Asociación para la preparación de mercados)	131,5	129,8	82,4	42	2,0	0,4%
<b>Total Fondos</b>	<b>31.377,0</b>	<b>23.956,9</b>	<b>12.918,3</b>	<b>901</b>		

Fuente: OECD (2023)

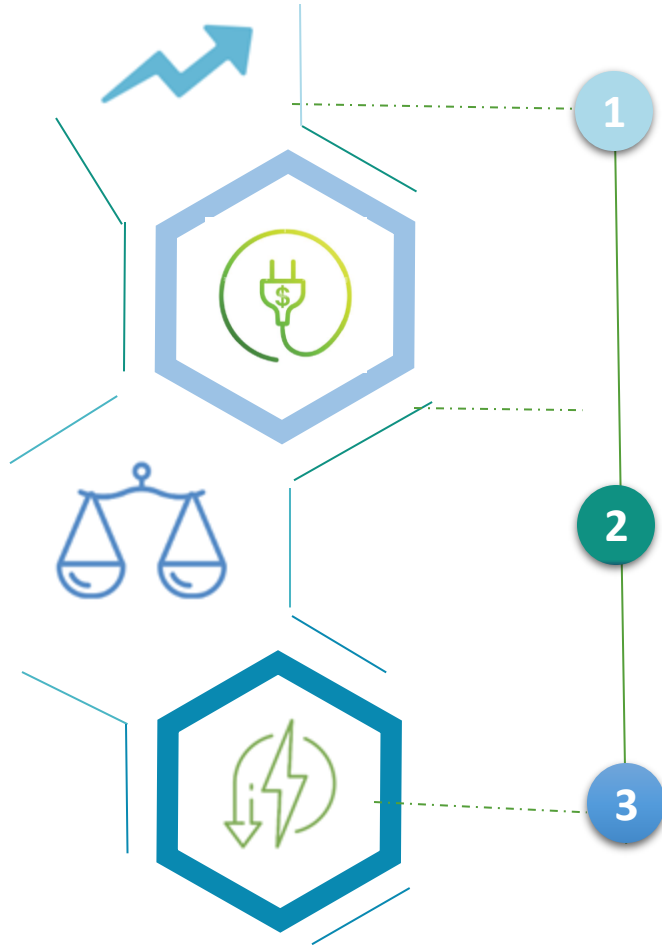
# Participación de categorías de financiamiento climático para países en desarrollo 2013-2021 - USD Billones



Fuente. OECD (2023)



# Oportunidad en Financiamiento de programas nacionales en mitigación de CH4



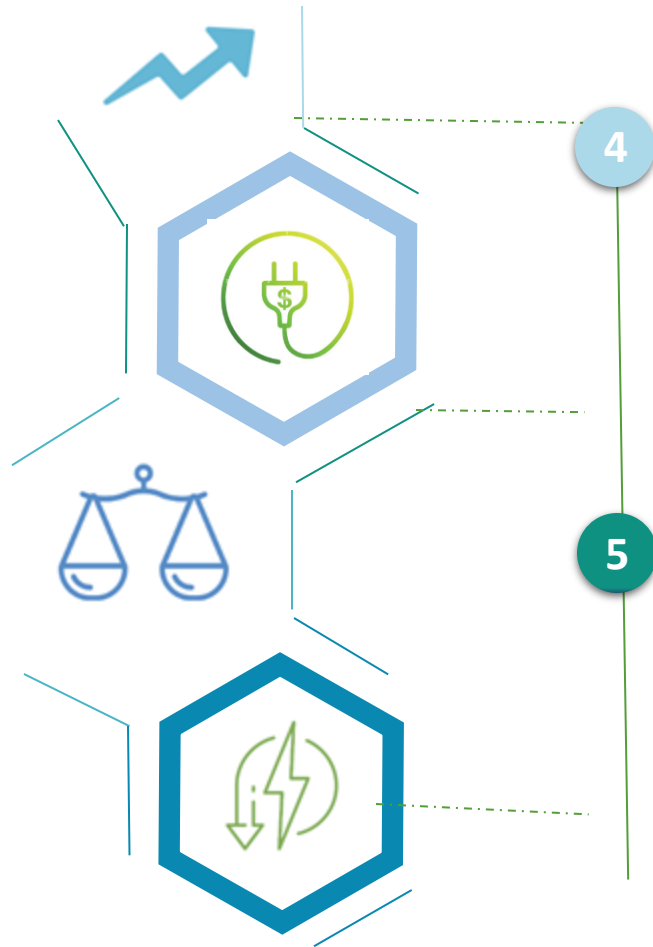
Para enfrentar desafíos climáticos y de desarrollo de emisiones de CH4 en línea con Acuerdo de París, **el sector residuos tiene un rol clave:**

- *Meta mundial de reducir en 2030 al menos 35 % emisiones CH4 por debajo niveles de 2020 y en 55% para 2050*
- *Meta México: reducción del 22% en emisiones de CO2 para el 2030*

**Abatimiento del CH4 es la estrategia más rápida y rentable** para mantener objetivo de limitar el calentamiento global a 1,5°C y al mismo tiempo apoyar los medios de vida de miles de millones de personas (Banco Mundial, 2023) .

**Oportunidad de establecer Programa Nacional de Recuperación de CH4 asociadas a PTAR,** con FC internacionales (v.g. GCF), cofinanciación nacional

# Oportunidad en FC de programas nacionales: aprovechamiento de CH4 en PTAR



4 Asistencia en evaluación técnica y financiera preliminar de aprovechamiento de CH4 en PTAR menores: soporte preparación de NC y PF en etapas del ciclo de formulación de proyectos ante fondos multilaterales de FC

5 Asistencia en acceso a fondos de FC, procesos de formulación: (NC, PF)

- *Identificación del potencial de aprovechamiento CH4 en PTAR para contribuir a los objetivos globales y nacionales de mitigación*
- *Alineación con las prioridades y políticas nacionales*
- *Análisis de solidez económica y financiera de subproyectos*
- *Apoyo en evaluación de rentabilidad y apalancamiento con cofinanciación local*

**Mesa redonda:  
Actividad interactiva y  
espacio para preguntas**



NACIONES UNIDAS

CEPAL



**Encuesta de salida**



**NACIONES UNIDAS**

**CEPAL**



# ROSA

*¡Muchas Gracias!*



NACIONES UNIDAS

CEPAL