



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



# Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales: opciones y desafíos



4 de agosto del 2023  
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales  
Guatemala

Dr. Juan Manuel Morgan Sagastume  
[jmms@pumas.ii.unam.mx](mailto:jmms@pumas.ii.unam.mx)  
Académico del Instituto de Ingeniería de la UNAM  
México

## 1. Introducción

- Tecnologías para el tratamiento de las Aguas Residuales
- Opciones en el mercado
- Ventajas y desventajas de las tecnologías Anaerobias y aerobias
- Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

## 2. Situación del tratamiento de las aguas residuales

- ¿Qué se usa en Latinoamérica?
- Estado general de la infraestructura
- Causas y efectos
- Políticas respecto al saneamiento

## 3. Propuesta integral para el tratamiento de las aguas residuales

- Compromisos para la reducción de emisiones GEI
- Escenarios tecnológicos para las PTAR
- Ejemplo de estudio para el saneamiento de una cuenca

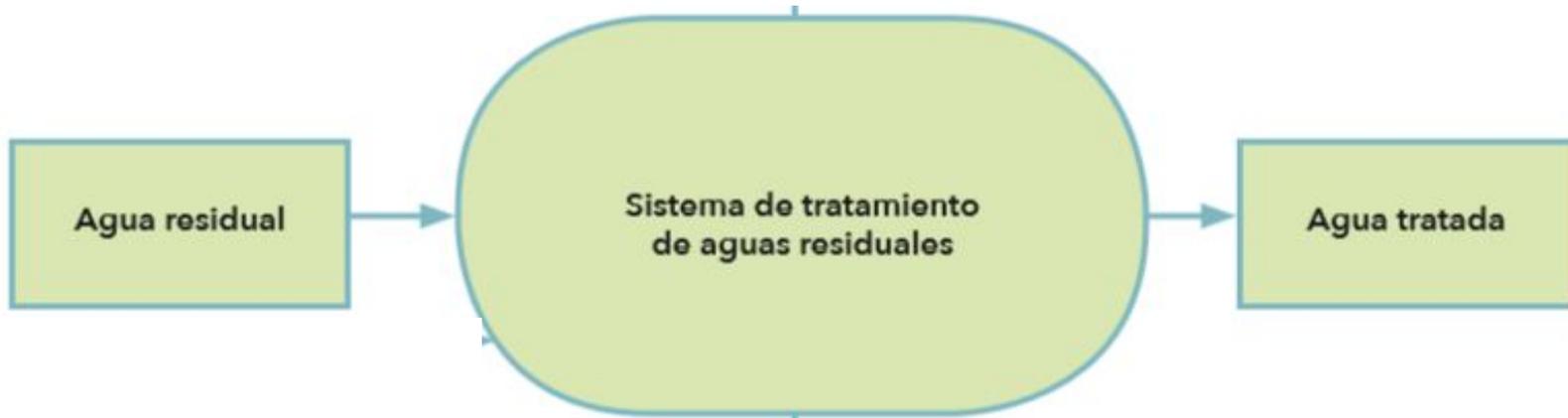
## CICLO URBANO DEL AGUA



- Disponibilidad de agua
- Protección del medio ambiente

¿En que consiste una PTAR?

¿En que consiste una planta de tratamiento de aguas residuales?



Primera ley de la  
termodinámica: siempre  
que saques una cerveza  
del refrigerador, mete  
otra.



....veamos algunas ofertas tecnológicas que podemos encontrar en el MERCADO....

## ZERO-SLUDGE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER BY KEN NORCROSS

September 1, 2005

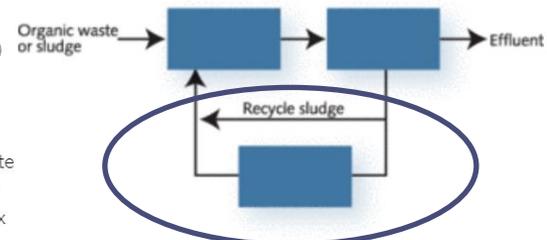
### No-Sludge Solution

The AFC<sup>SM</sup>, available from PMC Bio-Tec, is a catalytically enhanced membrane bioreactor (MBR). Raw influent is fed to a self-heating thermophilic bioreactor for treatment (see Figure 1). Mixed liquor is recirculated through an ultrafiltration (UF) membrane system for solids separation (which eliminates flocculation and settling problems caused by high salt and/or temperature). A small portion of this flow goes through a small chemical treatment reactor. The chemical treatment step partially solubilizes the excess biosolids before they're returned to the bioreactor for ultimate digestion and destruction. Field experience has shown the chemical treatment step also acts to suppress foaming in thermophilic reactors and enhances membrane flux rates.

Characteristics of catalytically enhanced MBR systems include:

- *Little or no waste sludge production* - Most full-scale systems produce zero waste biosolids.
- *Handles hot wastes* - Readily operates from 10-70°C.
- *Very small footprint* - Requires only 20% of the footprint compared to conventional activated sludge systems. High temperature operation speeds up kinetics 100-300% over conventional systems; membrane system keeps solids in - with MLSS levels up to 30,000 mg/L typical (remember, it's hot - so viscosity is low!).
- *Simple Operation* - Operation is simplified since the catalyzed MBR largely frees the operator from worry over mixed liquor flocculation and settling and clarifier solids management, etc. The UF membrane insures effluent with less than 5 mg/L TSS. Finally, there's little or no excess sludge to waste-digest-stabilize-thicken-dewater-store-transport-dispose of (and thus no associated equipment to build and operate).

Figure 1. Schematic of the AFC<sup>SM</sup> Process



Click here to enlarge image

<https://www.waterworld.com/articles/iww/print/volume-5/issue-5/columns/zero-sludge-treatment-of-industrial-wastewater-by-ken-norcross.html>

## ZERO SLUDGE SEWAGE TREATMENT PLANT/STP IN BANGALORE

### Sewage Treatment Plant/STP

Do you know many gallons of wastewater have been generating every day from various sectors like residential, commercial or industrial. In order to avoid this, it is necessary to install/setup wastewater treatment plant. Once the water is treated to standards set, it is released into a local water courses. In order to suits your needs, we at Akruthi Enviro Solutions Pvt. Ltd., in Bangalore are striving to provide solutions to various wastewater issues.

The residue that is collected in sewage treatment plants is called sludge which is a significant hazard to human health and the natural environment. Zero sludge sewage treatment plant removes pollutants or concentration in the most efficient manner so that the water becomes suitable for its discharge or required for other purposes.

In Bangalore, we offer both standard and customized zero sludge sewage treatment plant which typically includes physical, chemical and biological methods to remove harmful contaminants from various establishments like apartments, hospitals, hotels, educational institutions, industries etc., and produce environmentally acceptable treated wastewater without any sludge generation.

Very effective and high performance zero sludge sewage treatment plants which we design and manufacture are capable of preventing accumulation of sludge within the system. Hence, we are noted as one of the leading zero sludge sewage treatment plant manufacturers, suppliers and vendors in Bangalore, India. We at Akruthi Enviro Solutions Pvt. Ltd., in Bangalore keep upgrading our sewage treatment plants as per the new treatment technologies thereby uplifting your business and add high value to the plant lifecycle.



<https://aquacliva.mx/plantas-para-tratamiento-de-aguas-residuales/>

<https://aquacliva.mx/plantas-para-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Traductor de Google

otros sistemas, que al generar mayor cantidad de lodos es necesario un mantenimiento continuo.

#### PRINCIPALES BENEFICIOS DE ESTE SISTEMA.

- No existen malos olores.
- El subsuelo no se contamina.
- Se ahorra dinero en desazolves.
- Esta planta de tratamiento está diseñada para que los lodos generados se reciclen continuamente, por lo cual no es necesario colocar lecho de secados, generando así una degradación de la materia orgánica de manera más eficiente.
- Este sistema acepta detergentes (biodegradables) por lo cual no es necesario separar líneas de aguas negras y jabonosas. Ambas se reciben en una sola entrada a la planta.
- El proceso de tratamiento tiene una duración de 24 hrs. El agua tratada que se obtiene es reutilizable en forma sana y segura, por ejemplo, para el riego de áreas verdes.
- El costo operativo es muy bajo ya que solo implica la aplicación de cloro y el consumo de energía eléctrica.
- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.

El sistema propuesto provoca una oxidación prácticamente completa de toda la materia orgánica y biológica contenida en las aguas servidas, proceso que se ha dado en llamar "Quemado Húmedo". Es por ello que, a diferencia de otros métodos existentes en el mercado, los lodos generados son reintroducidos de manera automática en los compartimentos de aireación, donde son energícamente oxidados por la gran cantidad de aire que burbujea en la solución, así como por la dispersión del aire en millones de micro burbujas (sistema patentado de difusores) que reprocesa los lodos y los recicla hasta su desaparición.

[http://www. \[redacted\] com/productos/fusion\\_clarus/](http://www. [redacted] com/productos/fusion_clarus/)

No seguro | [www. \[redacted\] productos/fusion\\_clarus/](http://www. [redacted] productos/fusion_clarus/)

es Traductor de Google

**TAMBIÉN OFERTAMOS**  
**DESTILADORAS DE AGUA DURASTILL**  
**SEPARADORES DE GRASA Y ACEITE PARA COCINA**  
**BOMBAS**

**¡CONTÁCTANOS!**

Con gusto le atenderemos  
 Tels. (0155) 1742-2480 / 5352-4117



**Capacidad desde 1.7 m<sup>3</sup>/día hasta 15 m<sup>3</sup>/día**

**USOS Y BENEFICIOS**

- Garantiza el cumplimiento de las Normas NOM-001, NOM-002 Y NOM-003 para descarga y uso del agua tratada.
- Puede ser instalado en: viviendas, ranchos, pequeños comercios, escuelas, oficinas, hoteles, centro comerciales, deportivos, universidades...
- El agua tratada puede ser reutilizada en: riego de áreas verdes, lavado de patios, sanitario, fuentes etc.

**VENTAJAS**

- Rápida instalación
- Fácil mantenimiento y Alta Eficiencia
- Diseño innovador; todos los procesos biológicos en un solo tanque
- 100% Pre-ensamblado
- Material del contenedor de Fibra de Vidrio reforzada, Resistente a corrosión y de material durable
- Crecimiento modular según necesidades
- Proceso Anaeróbico y Aeróbico con Bio-portadores
- Equipamiento silencioso.
- No genera olores ni lodos excedentes
- Ahorro inmediato al re-usar agua tratada



PRINCIPAL
NOSOTROS
DESARROLLO SUSTENTABLE
CONCEPTOS
BOLETINES
CONTACTO



Este plugin es vulnerable y debería ser actualizado.  
Ejecutar Adobe Flash  
[Buscar actualizaciones...](#)

**CONCEPTOS**

- ❖ Arquitectura Ambiental
- ❖ Agroecología
- ❖ Ecología del Paisaje
- ❖ Ordenamiento y Normalidad
- ❖ Tratamiento de Aguas Residuales
- ❖ Turismo Sustentable
- ❖ Campos de Golf Ecológicos y Marinas
- ❖ Auditoría y Supervisión Ambiental
- ❖ Restauración Ecológica
- ❖ Impacto Ambiental
- ❖ Factibilidad Ambiental
- ❖ Turismo Sustentable
- ❖ Certificación ambiental

### Tratamiento de Aguas Residuales



**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Hasta hace algunas décadas, los océanos y en general, los recursos naturales de nuestro planeta, eran considerados incommensurables, ante los cuales, las acciones del ser humano eran tan insignificantes, que la calidad y disponibilidad de los recursos permanecería sin consecuencia alguna. Así, se utilizó el océano como basurero universal, vertiendo en él toda clase de residuos, y aunque ha sido realmente notoria la capacidad del océano para absorber todo esto, se está llegando al límite.

Además, los recursos de agua potable del planeta son ya insuficientes, los humanos, cada vez más numerosos, agotamos los depósitos subterráneos, impedimos su recarga, contaminamos y secanos los ríos, lagos y lagunas, y destruimos los bosques y selvas que nos proveen de agua.

Por otra parte, la gran cantidad de agua residual que generan todas las actividades del hombre, esta muy lejos de recibir un tratamiento adecuado, por lo que grandes volúmenes de agua residual, se desechan y contaminan lagos, lagunas y océanos, afectando nuestros ecosistemas y arrecifes a lo largo de todas las costas de nuestro país, sin darnos cuenta de las consecuencias futuras que puede ocasionar esto.

La tecnología comúnmente utilizada en nuestro país, es la de lodos activados, que si bien puede lograr resultados aceptables en cuanto a la calidad del agua tratada, resulta inadecuada desde el punto de vista costo - beneficio, cuando se analizan los aspectos de su enorme gasto energético, costo de operación y mantenimiento y sobre todo el impacto ambiental por la producción de lodos de desecho.

 **Síguenos en Facebook**

 **FOTOGALERIA**

 **VIDEOGALERIA**

 **ARTE ECOLÓGICO  
TIENDA VIRTUAL**

 **Notas de Prensa**

**LO DESTACADO**

 **Síguenos en Facebook**

**Minisitio**  
Mejores Prácticas Ambientales en Campos de Golf



[clic para ver](#)

Mejores Prácticas ambientales

Las mayores ventajas de esta avanzada tecnología de Eco Red, son el bajo costo de operación y mantenimiento y la no producción de lodos, ni ningún producto tóxico de desecho, así como la facilidad de operación y la producción de agua tratada de excelente calidad para reuso, así como de biomasa vegetal, plantas que pueden tener un uso ornamental, forrajero, alimenticio y otros usos.

Artículo visto: 7620 veces

**Artículos relacionados:**

## TÍTULO DE PATENTE



## PROCESO AMIGABLE CON EL AMBIENTE

Nuestro proceso busca la conversión total de la material sin generar desechos o residuos como son los LODOS DE DESECHO, por lo cual la Planta de tratamiento se diseña buscando un equilibrio entre la producción y consumo de biomasa, logrando obtener una MÍNIMA C **ER** NULA PRODUCCIÓN DE LODOS DE DESECHO

Publicidad en aviones.....



**119**  
**ALL NATURAL LIQUID  
OXYGEN™ DROPS**

Gotas de oxígeno líquido que ayudan con el jetlag, la fatiga, fortalecen el sistema inmunológico, alivian el guayabo, hacen lucir la piel más fresca y purifican el agua. Simplemente agregue diez gotas al agua o póngalas directamente bajo la lengua para revitalizarse durante el vuelo. La botella es suficiente para 45 dosis. Saludable para toda la familia, todos los días.

*Drink It Up! Helps with jetlag, fatigue, boosting your immune system, hangovers, fresher looking skin and purifies drinking water. Just add ten drops to water or directly under your tongue, to revitalize while you're flying. Bottle provides 45 servings. Family friendly. Safe and healthy for everyone, every day.*  
[190037]

**\$23** ACUMULA/EARN  
**LM46**

liquid oxygen™ drops

liquid oxygen™ drops



Agréguelas al agua  
o póngalas directamente  
debajo la lengua

Add to water  
or place directly under  
your tongue

DIETAS PARA ADELGAZAR

## Maravillosa Crema para bajar de peso rápido y sin esfuerzo



Google ha cerrado el anuncio

Dejar de ver anuncio

¿Por qué este anuncio? ⓘ

Reducir kilos que tenemos de más es el sueño de más de uno. De hecho incumbe tanto a mujeres como a hombres. No obstante, esto se vuelve una tarea difícil e incluso imposible debido a que encaramos tratamientos costosos que son muy promocionados en el mercado pero que, además de ser muy invasivos, no tienen efectividad a largo plazo.

Sin embargo hoy te traemos un invento revolucionario para reducir esa grasa acumulada de manera absolutamente natural y sin gastar de más. Se trata de una crema hecha a base de vick vaporub que te permitirá eliminar contornos de pierna y de cintura fácilmente y sin someterte a



## Sólo 2.5 minutos para convertir agua residual en potable

Creado: Jueves, 16 Abril 2015 13:22 Fecha de publicación Escrito Por (Tomado De ID) Categoría: Ciencia y Tecnología

Imprimir

 View Comments



Un grupo de ingenieros mexicanos del Corporativo Jhostoblak crearon una tecnología capaz de recuperar y potabilizar, indistintamente, agua de mar y residual de origen doméstico, hotelero, hospitalario, comercial e industrial, sin importar el contenido de contaminantes y microorganismos, en tan sólo 2.5 minutos, por increíble que parezca.

Denominada Sistema PQUA, funciona con una mezcla de elementos disociantes, es decir, capaces de separar y eliminar todos los contaminantes, así como las sustancias nocivas orgánicas e inorgánicas. "La metodología tiene como fundamento disociar molecularmente los contaminantes del agua para recuperar las sales minerales necesarias y suficientes para que el cuerpo humano funcione y se nutra apropiadamente al consumirla", explican los técnicos del Corporativo.

Agregan que el agua tiene memoria, por lo que al "darle instrucciones" con tales elementos se logró separar el contaminante a cierta velocidad y en la cantidad necesaria; de esta manera, se obtiene en un sólo paso agua potable.

Cabe destacar que los ingenieros desarrollaron ocho elementos disociantes y, tras realizar numerosas pruebas en

distintos tipos de agua contaminada, implementaron una metodología única que indica cuáles y en qué cantidades deben combinarse.

"Durante el proceso de potabilización no se generan gases, elementos tóxicos ni olores desagradables que dañen o alteren el medio ambiente, la salud ocupacional del ser humano y la calidad de vida del mismo", apunta la firma mexicana.

El Corporativo cuenta con una planta piloto en sus oficinas, con la cual demostraron el proceso de potabilización, el cual usa la velocidad y la gravedad para ahorrar energía. Se observó que el agua residual dentro de un contenedor fue enviada por bombeo a un tanque reactor, donde de forma simultánea recibió la dosificación de los elementos disociantes en las cantidades predeterminadas.

En esta fase se eliminan, por precipitación y efecto de la gravedad, los sólidos, la materia orgánica e inorgánica y los metales pesados; asimismo, se produce un fango que se asienta al fondo del reactor. Este último se extrae y analiza para determinar si es apto para abono o producir materiales de construcción.

Posteriormente, el agua es conducida a un tanque clarificador, encargado de sedimentar los elementos disueltos sobrantes; luego, el líquido llega a un filtrador para quitar la turbiedad y finalmente pasa a un tanque pulidor que elimina olores, colores y sabores. El agua ya potabilizada se descarga en un contenedor donde se le va incorporando ozono para asegurar su grado de pureza y, de esta manera, queda lista para beber. En efecto, el líquido resultante es fresco, sin olores y de sabor neutro.

"Contamos con más de 50 pruebas realizadas en diferentes tipos de agua residual y todas han sido certificadas por laboratorios autorizados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Asimismo, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, el Colegio de México y el Instituto Politécnico Nacional han otorgado su validación de que el agua potabilizada con nuestra tecnología cumple con la norma NOM SSA 127, la cual indica los parámetros y características de calidad del vital líquido que puede ser utilizado para consumo y uso humano", subraya el Corporativo Jhostoblak.

Añaden que en la actualidad trabajan en un proyecto en Xochimilco, aunque todavía tienen barreras económicas y políticas; sin embargo, la gente está ávida por los resultados debido a que las tierras en la zona prácticamente están muertas, ya que no cuentan con agua de calidad para uso agrícola, ganadero y mucho menos para consumo humano.

Por otra parte, informan que el presente desarrollo está protegido bajo secreto industrial en Estados Unidos y, próximamente, obtendrá el mismo tipo de registro en Suiza. Su implementación en el mercado dependerá de la necesidad de los usuarios y de la emisión de las nuevas leyes que están por salir en materia de uso, consumo y descarga de agua.

(Tomado de ID)



# Ciclo sustentable de la planta Papo

De acuerdo con su proyecto de impacto ambiental, la empresa porcícola Granjas Papo reúne las siguientes características ecológicas:

## RESIDUOS SUJETOS DE REUTILIZACIÓN, 100 POR CIENTO



El biogás genera calor con el que se producirá más biogás, para más energía sustentable.

Se extraerán de las excretas y orinas el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno para reducir la contaminación.

El cerdo estará en aislamiento. Sus excretas y orinas serán limpiadas, retiradas y almacenadas.



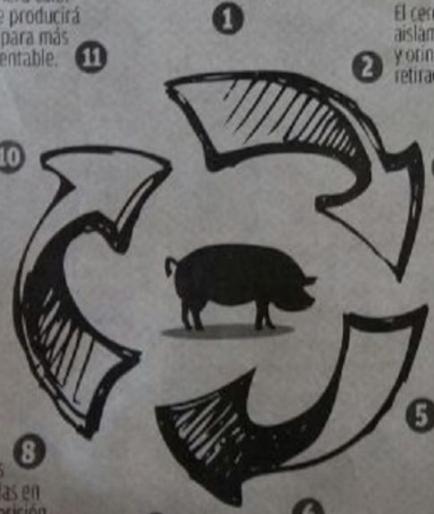
Suministro a través de una planta especial al aprovechamiento para energía eléctrica del metano.

Almacenamiento de los extractos químicos.

Ingreso a maquinarias especializadas en la descomposición química.

Extracción de gases y materia para almacenamiento.

Transportación de todo el material acumulado al exterior de la granja.



## FILTRO DEL AGUA Y AIRE Y LA TIERRA

Mediante tres etapas de tratamiento biológico:

### PRIMERA ETAPA.-

Se filtra el agua mediante un proceso de descomposición con una maquinaria que trabaja a base de lodo.

### SE DIVIDE EL AGUA EN DOS PARTES

Una parte para riego de plantas. Para la reutilización de la propia granja.

### SEGUNDA ETAPA.- REACTOR FACULTATIVO Y REACTOR AEROBIO

ESTOS REACTORES PERMITEN EXTRAER LA ALTA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO QUE DA EL MAL OLORES AL AMBIENTE.



El nitrógeno se utiliza para alimentar el cultivo en derredor de la granja.

El agua es reutilizada para riego principalmente de limoneros y algunos granos.

### TERCERA ETAPA.-

Absorción de fósforo y nitrógeno para alimento de las plantas, cultivo básico de limones y granos, extraídos previamente de los desperdicios.

Fuente: Ingeniera química por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mónica Guagnely Martínez.

**RESULTADO:**  
**CERO**  
**CONTAMINACIÓN**



**CUIDADO!!** con lo que se ofrece en el mercado.....

**Hay muchas tecnologías que no funcionan o que no están adaptadas a las condiciones del país..**

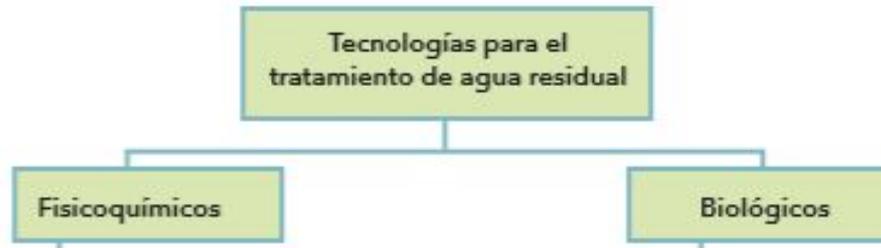
**Lo barato sale caro...!!**

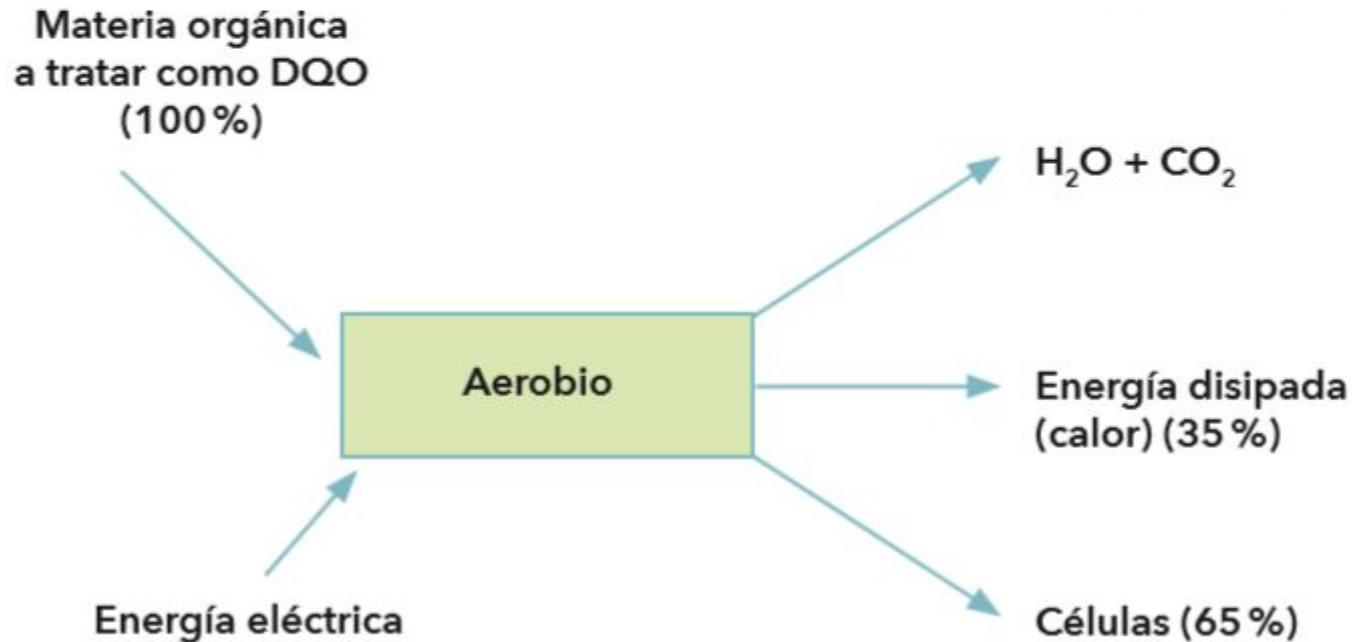
**“SIEMPRE HAY ALGUIEN  
QUE COBRA MÁS BARATO”**





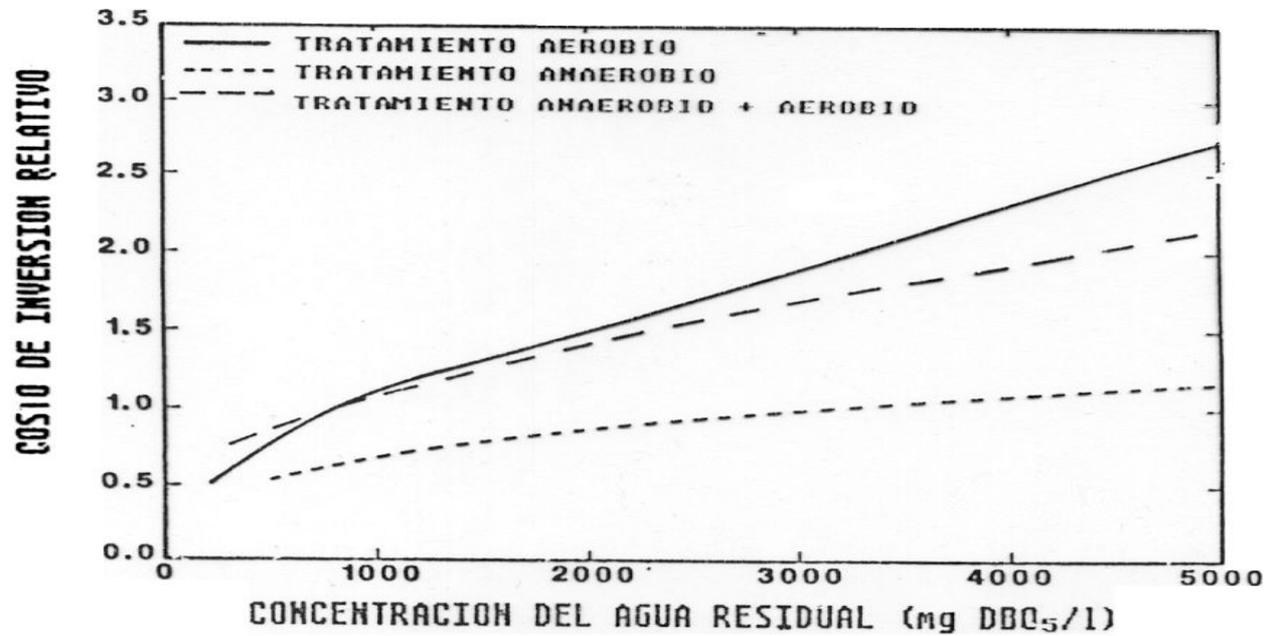
¿Cuales son las tecnologías disponibles para el tratamiento de las aguas residuales?





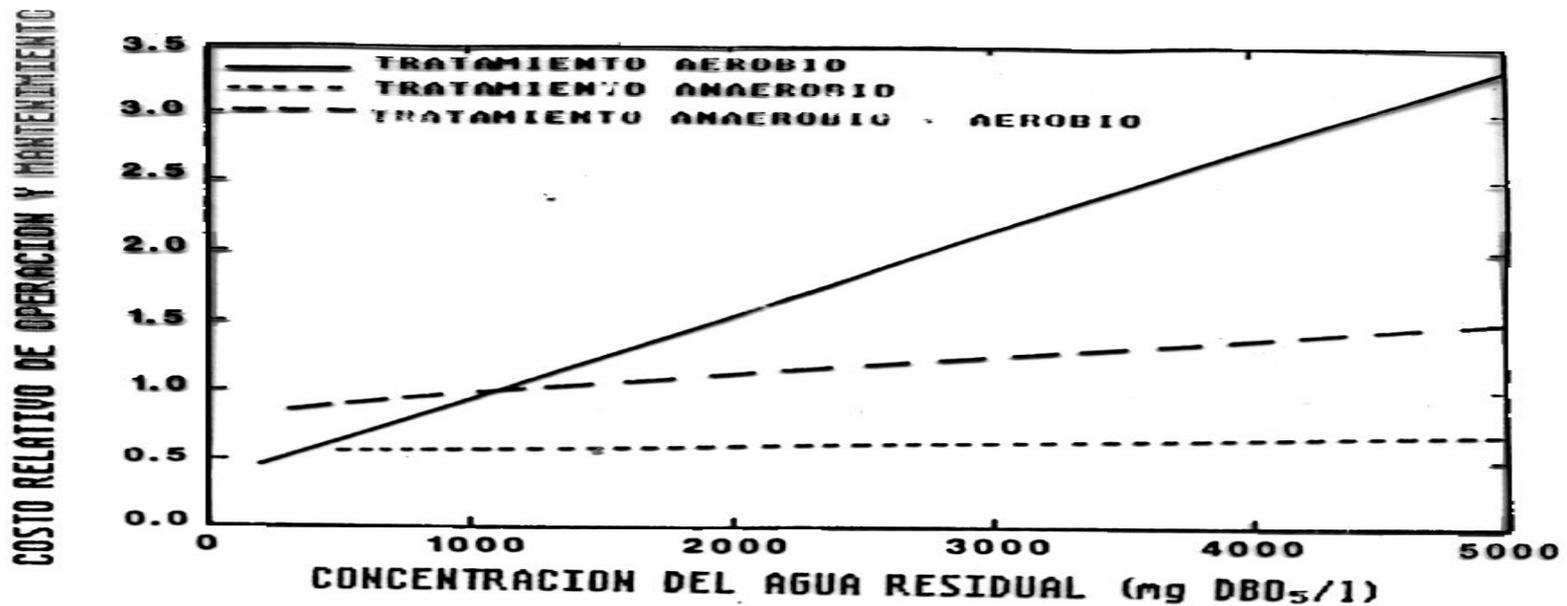
Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento aplicado (caso de sustrato fácilmente biodegradable).

## Costo de inversión relativo



ECKENFELDER, W.W.; PATOZKA, J.B.; PULLIAM, G.W. (1988): Anaerobic Versus Aerobic Treatment in the USA. In: Proceedings of the 5th International Symposium of Anaerobic Digestion, 105-114

## Costos de Operación y Mantenimiento



**Fig. 3 Comparación de costos de operación y mantenimiento**

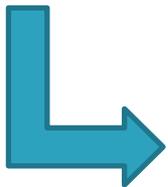
ECKENFELDER, W.W.; PATOZKA, J.B.; PULLIAM, G.W. (1988): Anaerobic Versus Aerobic Treatment in the USA. In: Proceedings of the 5th International Symposium of Anaerobic Digestion, 105-114

Regla general (atender particularidades):

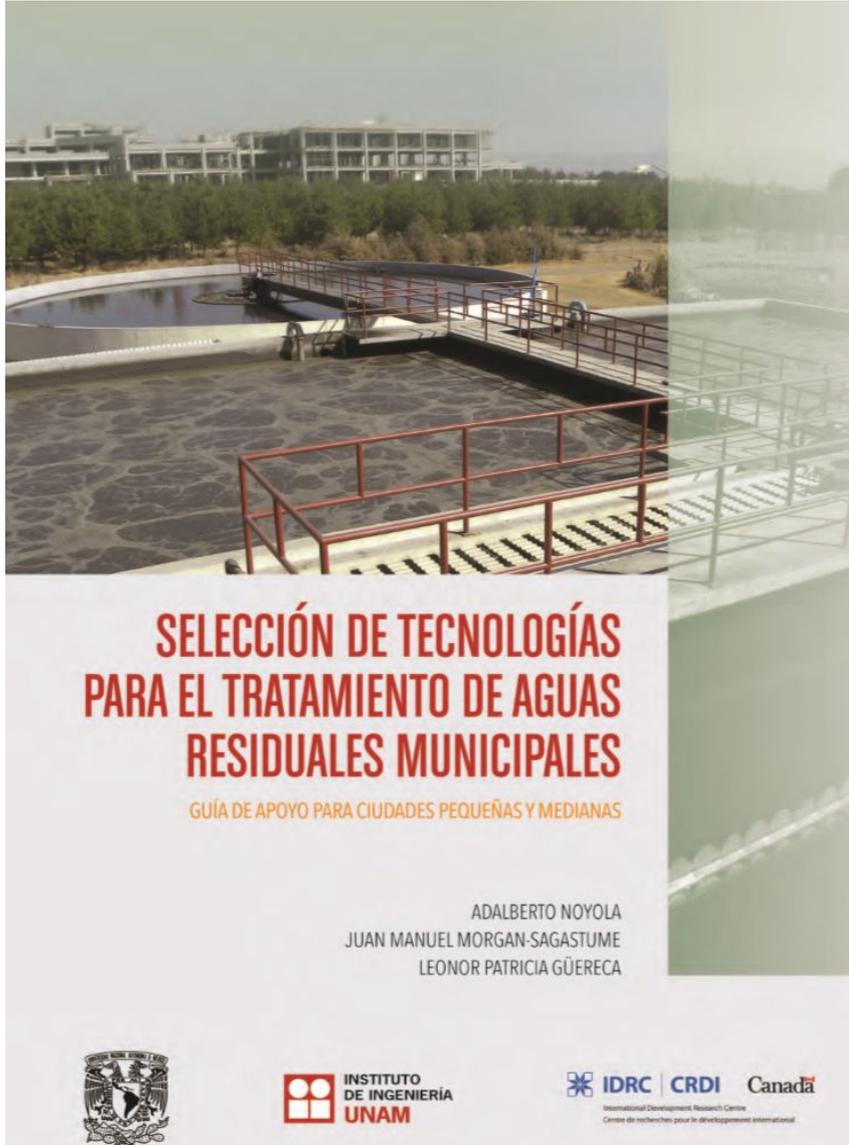
Para tender a la sustentabilidad en la conformación de PTAR:

Favorecer los **sistemas biológicos** sobre los **fisicoquímicos**

Y los **anaerobios** sobre los **aerobios**.



Biogás (energía).



Para descargar gratis en PDF:

<http://bit.ly/1h4DC3q>

o en:

[www.iingen.unam.mx](http://www.iingen.unam.mx)

-Publicaciones

--Libros

# Integración de trenes de tratamiento de aguas residuales

## Tecnologías para el desarrollo de un esquema integral de tratamiento de aguas residuales en la Península de Yucatán

J.M. Morgan-Sagastume\*, Miriam Castro-Martínez\*\* y Adalberto Noyola\*

Marzo, 2022

\*Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

\*\*ELNSYST SA de CV (IBTech)

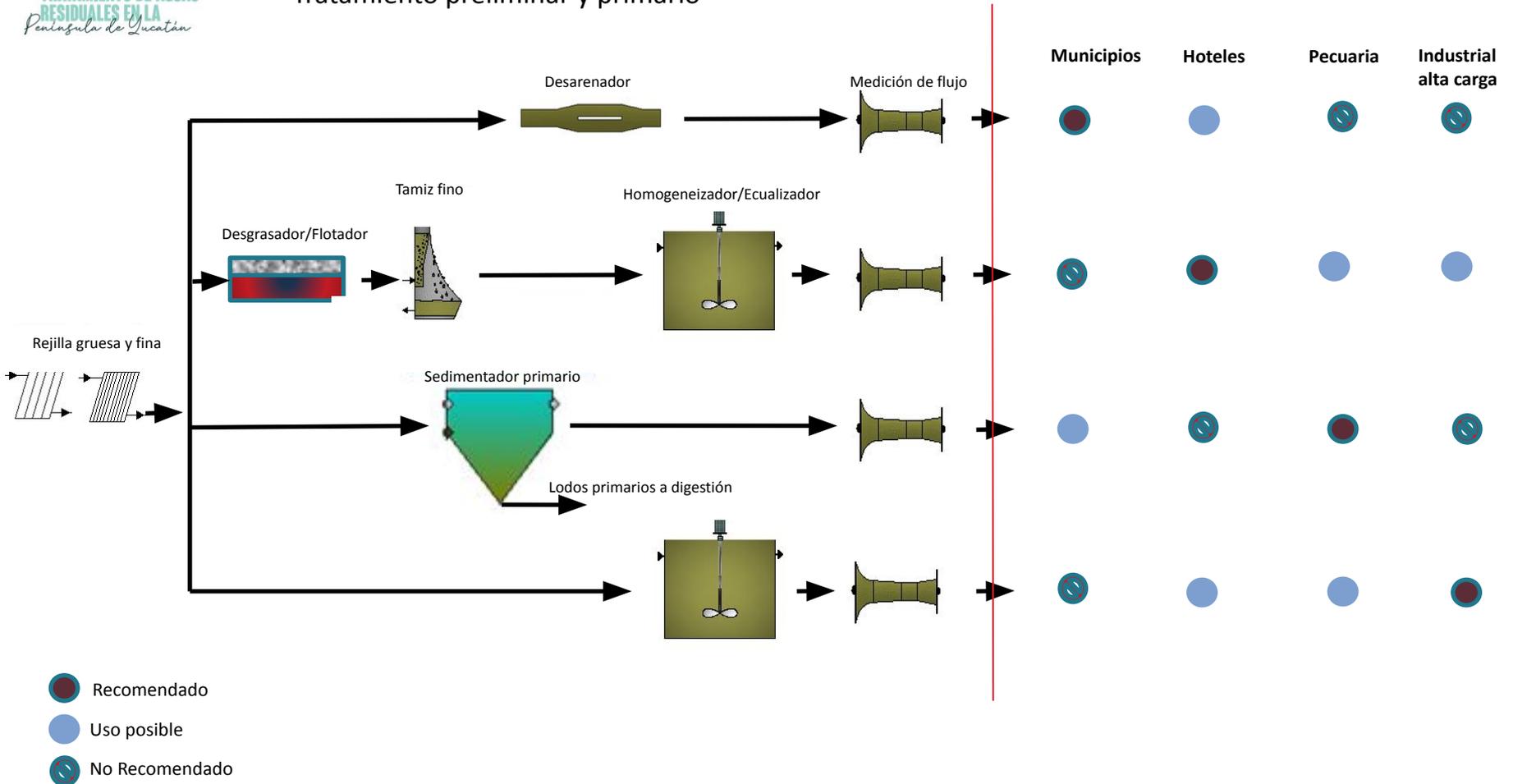
*Tecnologías para el*  
**DESARROLLO DE UN  
ESQUEMA INTEGRAL DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA**  
*Península de Yucatán*



Liga para descarga:

<https://www.amigosdesiankaan.org/guias-y-manuales/>

## Tratamiento preliminar y primario



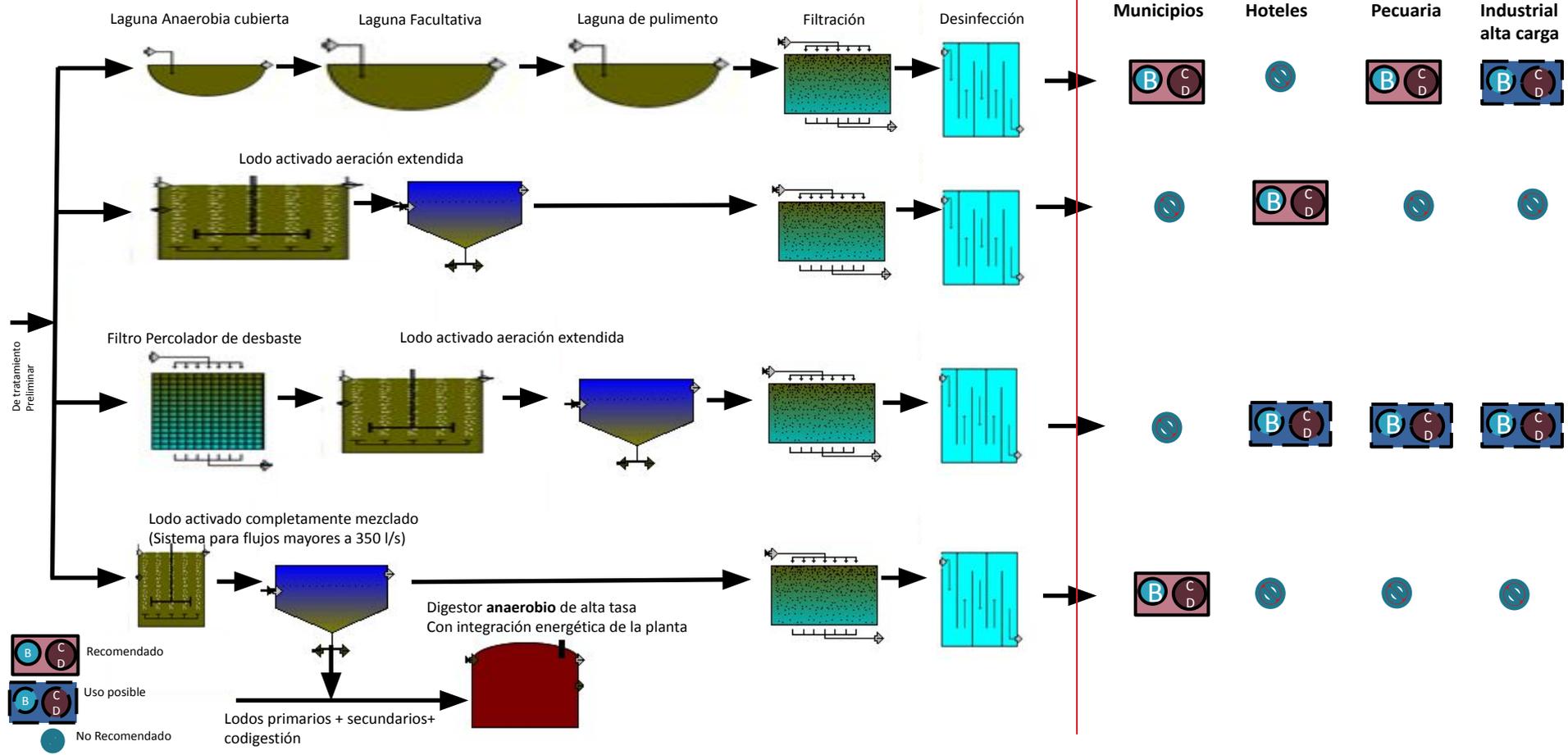
## Tratamiento Secundario con tecnologías recomendadas

Nivel de cumplimiento NOM-001-SEMARNAT-1996

A B

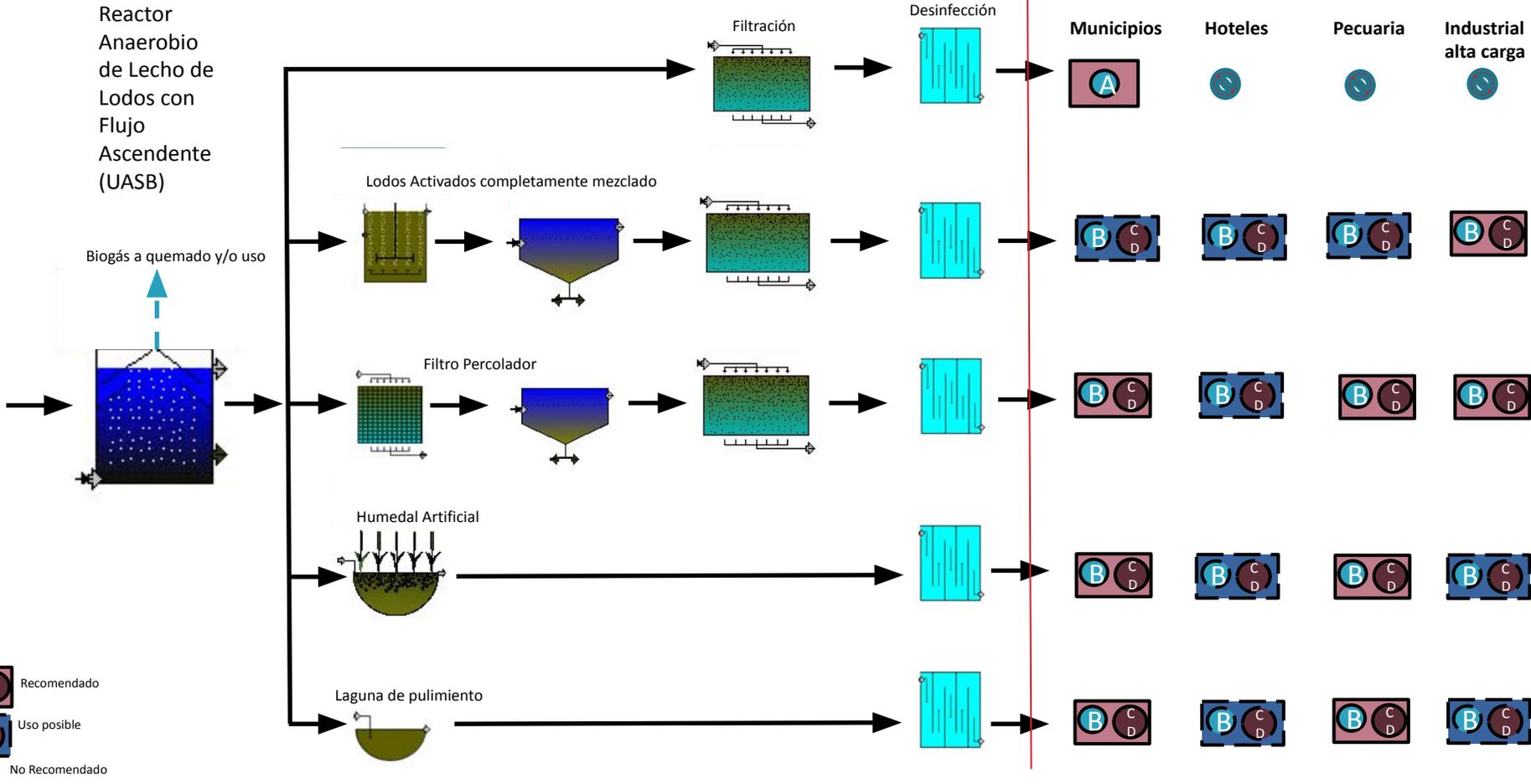
NOM-003\_SEMARNAT-1997

C D Contacto Directo



## Tratamiento Secundario con REACTOR UASB

Tratamiento preliminar y primario



## Estimación de la demanda potencial de agua residual tratada por empleado en la industria manufacturera.¶

(1)ª	(2)ª	(3)ª	(4)ª	(5)ª	(6)ª	(7)ª	(8)ª	(9)ª	(10)ª
Código-SCIANª	Nombre de la industriaª	PIB-Industrial-anual-(2019)-en-USD-en-Méxicoª	No.-Empleados-por-Industria-en-México-2019-(ENOE)ª	Producto-Industrial-por-empleado-al-año¶(USD/año)ª	Empleados-requeridos-por-cada-1000-USD-de-PIB-al-añoª	Consumo-promedio-de-agua-por-industria-en-EEUU¶(m³/1000-USD)ª	Consumo-promedio-de-agua-por-industria-(m³/empleado/año)ª	Potencial-de-agua-de-primer-uso-a-sustituir-(%)ª	Demanda-de-agua-residual-tratada-por-industria-(m³/empleado/año)ª
311ª	Industria-alimentariaª	\$32,535,512,023ª	616,119ª	\$52,807ª	0.0189ª	0.2671ª	14.1048ª	30%ª	4.2314ª
312ª	Industria-de-las-bebidas-y-del-tabacoª	\$8,324,637,954ª	136,566ª	\$60,957ª	0.0164ª	2.4890ª	151.7214ª	30%ª	45.5164ª
313ª	Fabricación-de-insumos-textilesª	\$1,186,933,711ª	61,318ª	\$19,357ª	0.0517ª	0.8663ª	16.7691ª	50%ª	8.3845ª
314ª	Confección-de-productos-textiles,-excepto-prendas-de-vestirª	\$641,726,167ª	26,869ª	\$23,883ª	0.0419ª	0.5770ª	13.7806ª	50%ª	6.8903ª
315ª	Fabricación-de-prendas-de-vestirª	\$2,775,271,711ª	148,673ª	\$18,667ª	0.0536ª	0.1427ª	2.6638ª	50%ª	1.3319ª
316ª	Fabricación-de-productos-de-cuero,-piel-y-materiales-sucedáneos,-excepto-prendas-de-vestirª	\$1,020,831,259ª	75,427ª	\$13,534ª	0.0739ª	0.2570ª	3.4782ª	30%ª	1.0435ª
321ª	Industria-de-la-maderaª	\$1,164,226,638ª	16,691ª	\$69,752ª	0.0143ª	1.4838ª	103.4977ª	30%ª	31.0493ª
322ª	Industria-del-papelª	\$2,542,693,399ª	87,750ª	\$28,977ª	0.0345ª	6.3084ª	182.7959ª	50%ª	91.3980ª
323ª	Impresión-e-industrias-conexasª	\$874,253,371ª	36,068ª	\$24,239ª	0.0413ª	0.0555ª	1.3453ª	30%ª	0.4036ª
324ª	Fabricación-de-productos-derivados-del-petróleo-y-del-carbónª	\$1,859,464,498ª	24,173ª	\$76,922ª	0.0130ª	4.1765ª	321.2642ª	50%ª	160.6321ª
325ª	Industria-químicaª	\$10,827,968,647ª	167,958ª	\$64,468ª	0.0155ª	3.4295ª	221.0946ª	50%ª	110.5473ª
326ª	Industria-del-plástico-y-del-huleª	\$3,996,582,178ª	245,782ª	\$16,261ª	0.0615ª	0.4913ª	7.9889ª	50%ª	3.9944ª
(1)ª	(2)ª	(3)ª	(4)ª	(5)ª	(6)ª	(7)ª	(8)ª	(9)ª	(10)ª

Código-SCIAN <sup>a</sup>	Nombre-de-la-Industria <sup>a</sup>	PIB-Industrial-anual-(2019)-en-USD-en-México <sup>a</sup>	No.-Empleados-por-Industria-en-México-2019-(ENOE) <sup>a</sup>	Producto-Industrial-por-empleado-al-año <sup>b</sup> (USD/año) <sup>a</sup>	Empleados-requeridos-por-cada1000-USD-de-PIB-al-año <sup>a</sup>	Consumo-promedio-de-agua-por-industria-en-EEUU <sup>b</sup> (m <sup>3</sup> /1000-USD) <sup>a</sup>	Consumo-promedio-de-agua-por-industria-(m <sup>3</sup> /empleado/año) <sup>a</sup>	Potencial-de-agua-de-primer-uso-a-sustituir-(%) <sup>a</sup>	Demanda-de-agua-residual-tratada-por-industria-(m <sup>3</sup> /empleado/año) <sup>a</sup>
327 <sup>a</sup>	Fabricación-de-productos-a-base-de-minerales-no-metálicos <sup>a</sup>	\$3,537,472,702 <sup>a</sup>	106,038 <sup>a</sup>	\$33,360 <sup>a</sup>	0.0300 <sup>a</sup>	3.2155 <sup>a</sup>	107.2706 <sup>a</sup>	50% <sup>a</sup>	53.6353 <sup>a</sup>
331 <sup>a</sup>	Industrias-metálicas-básicas <sup>a</sup>	\$8,197,690,146 <sup>a</sup>	98,509 <sup>a</sup>	\$83,218 <sup>a</sup>	0.0120 <sup>a</sup>	13.7275 <sup>a</sup>	1142.3765 <sup>a</sup>	30% <sup>a</sup>	342.7129 <sup>a</sup>
332 <sup>a</sup>	Fabricación-de-productos-metálicos <sup>a</sup>	\$4,500,738,755 <sup>a</sup>	222,770 <sup>a</sup>	\$20,204 <sup>a</sup>	0.0495 <sup>a</sup>	0.0708 <sup>a</sup>	1.4304 <sup>a</sup>	30% <sup>a</sup>	0.4291 <sup>a</sup>
333 <sup>a</sup>	Fabricación-de-maquinaria-y-equipos <sup>a</sup>	\$5,561,033,428 <sup>a</sup>	121,014 <sup>a</sup>	\$45,954 <sup>a</sup>	0.0218 <sup>a</sup>	0.0880 <sup>a</sup>	4.0439 <sup>a</sup>	30% <sup>a</sup>	1.2132 <sup>a</sup>
334 <sup>a</sup>	Fabricación-de-equipos-de-computación,-comunicación,-medición-y-de-otros-equipos,-componentes-y-accesorios-electrónicos <sup>a</sup>	\$11,527,004,243 <sup>a</sup>	344,726 <sup>a</sup>	\$33,438 <sup>a</sup>	0.0299 <sup>a</sup>	0.0971 <sup>a</sup>	3.2468 <sup>a</sup>	30% <sup>a</sup>	0.9741 <sup>a</sup>
335 <sup>a</sup>	Fabricación-de-equipos-de-generación-eléctrica-y-aparatos-y-accesorios-eléctricos <sup>a</sup>	\$4,168,254,550 <sup>a</sup>	202,912 <sup>a</sup>	\$20,542 <sup>a</sup>	0.0487 <sup>a</sup>	0.0527 <sup>a</sup>	1.0826 <sup>a</sup>	50% <sup>a</sup>	0.5413 <sup>a</sup>
336 <sup>a</sup>	Fabricación-de-equipos-de-transporte <sup>a</sup>	\$28,790,933,616 <sup>a</sup>	1,051,155 <sup>a</sup>	\$27,390 <sup>a</sup>	0.0365 <sup>a</sup>	0.3410 <sup>a</sup>	9.3399 <sup>a</sup>	50% <sup>a</sup>	4.6700 <sup>a</sup>
337 <sup>a</sup>	Fabricación-de-muebles,-colchones-y-persianas <sup>a</sup>	\$1,446,750,825 <sup>a</sup>	60,159 <sup>a</sup>	\$24,049 <sup>a</sup>	0.0416 <sup>a</sup>	0.1580 <sup>a</sup>	3.7997 <sup>a</sup>	50% <sup>a</sup>	1.8999 <sup>a</sup>
339 <sup>a</sup>	Otras-industrias-manufactureras <sup>a</sup>	\$3,179,446,157 <sup>a</sup>	194,477 <sup>a</sup>	\$16,349 <sup>a</sup>	0.0612 <sup>a</sup>	0.2539 <sup>a</sup>	4.1509 <sup>a</sup>	30% <sup>a</sup>	1.2453 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) ([http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas\\_atencion/areas\\_atencion/web/eim\\_scian.htm](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas_atencion/areas_atencion/web/eim_scian.htm) - <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/#Tabulados>) así como la huella hídrica para las industrias en EEUU (Marston, Konar, Mekonnen y Hoekstra, 2018). El tipo de cambio empleado para el PIB anual en USD en México fue el promedio anual 2019-2021 (BANXICO)†





Sistema Lagunar con descargas de CH<sub>4</sub> a la atmósfera



Digestores anaerobios de lodos de alta tasa (viejos y nuevos). PTAR Hyperion, L.A., EEUU



Reactor UASB para aguas residuales municipales. Tecnología Mexicana. San Juan del Sur Nicaragua, 2010

¿Cuales tecnologías se usan en América Latina?

**Adalberto Noyola  
Alejandro Padilla-Rivera  
Juan Manuel Morgan-Sagastume  
Leonor Patricia Güereca  
Flor Hernández-Padilla**

Instituto de Ingeniería, Universidad  
Nacional Autónoma de México,  
Coyoacán, Mexico City, Mexico

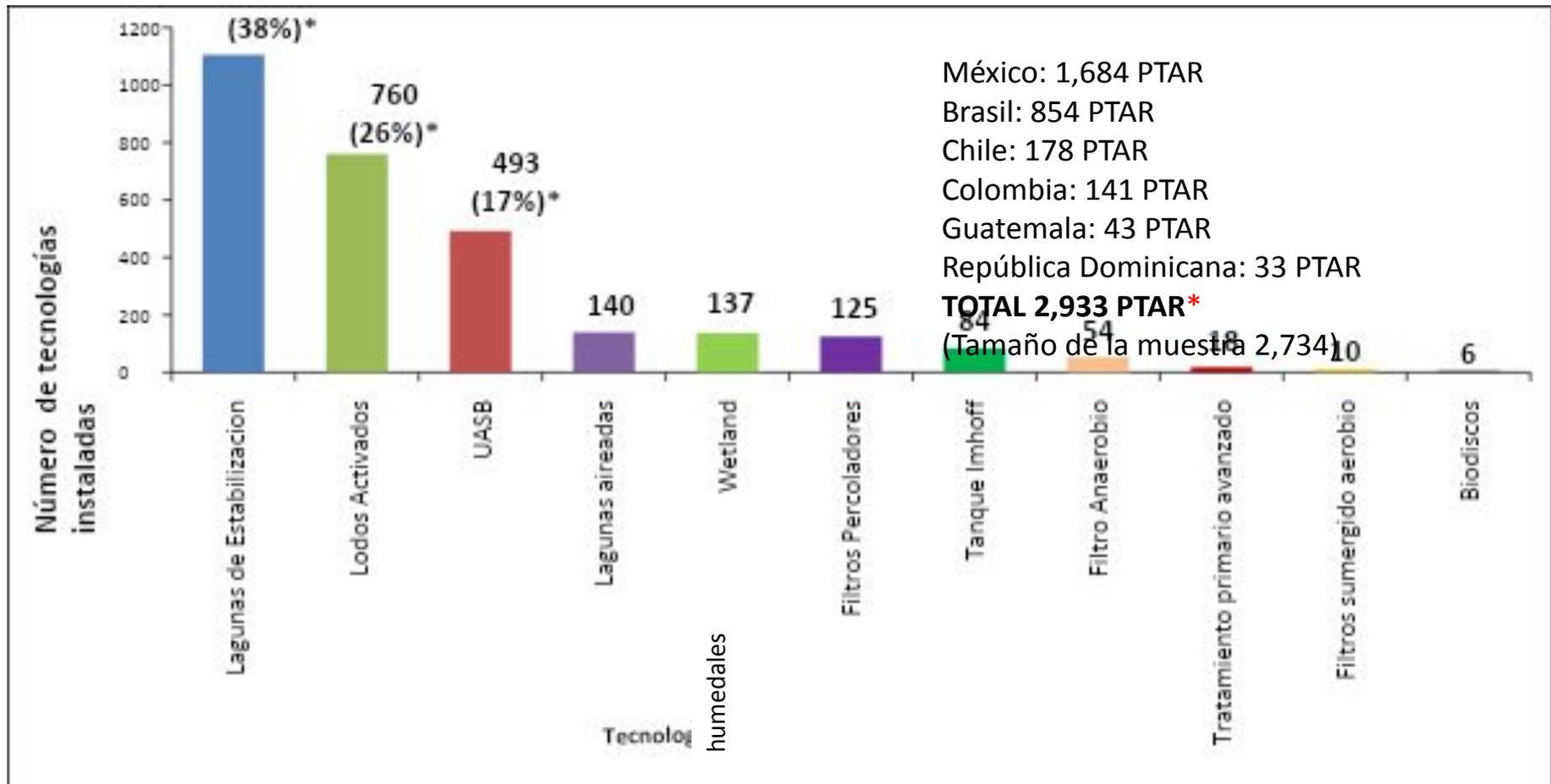
## Research Article

# Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America

This paper presents an analysis of the wastewater treatment plants in six Latin American and Caribbean countries. Based on a sample of 2734 municipal treatment facilities, the applied processes are classified by sizes (influent flow) and type of

## Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales en países seleccionados

Distribución por tecnologías



Las 3 tecnologías más usadas, cubren el **80% de la muestra total de PTAR**

- El proceso de fosa séptica no se consideró como tecnología de tratamiento
- Las 199 PTAR que reportaron procesos combinados (dos tecnologías) se contaron de manera independiente.

STABILIZATION POND



ACTIVATED SLUDGE



WETLAND



3

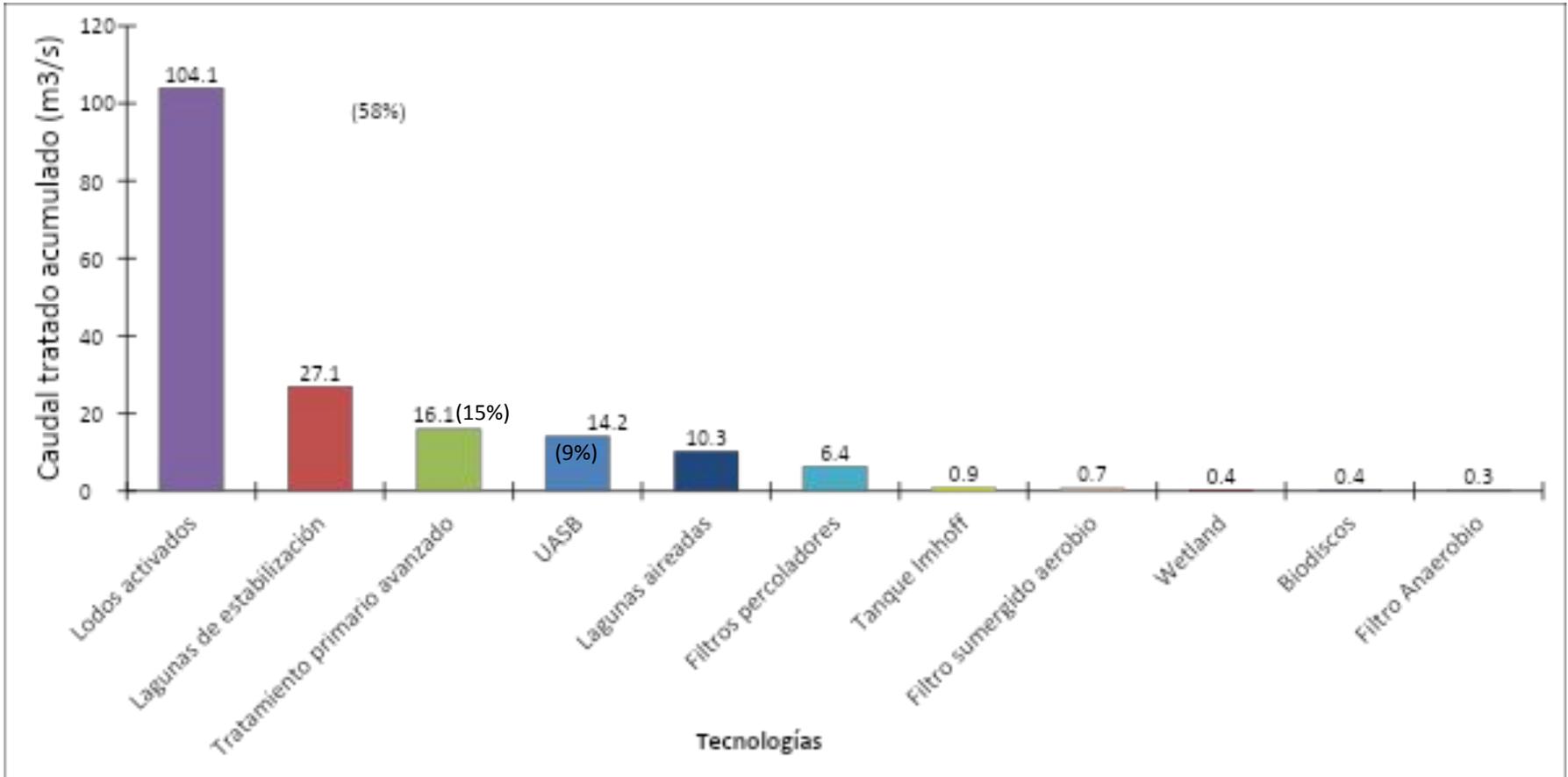


4



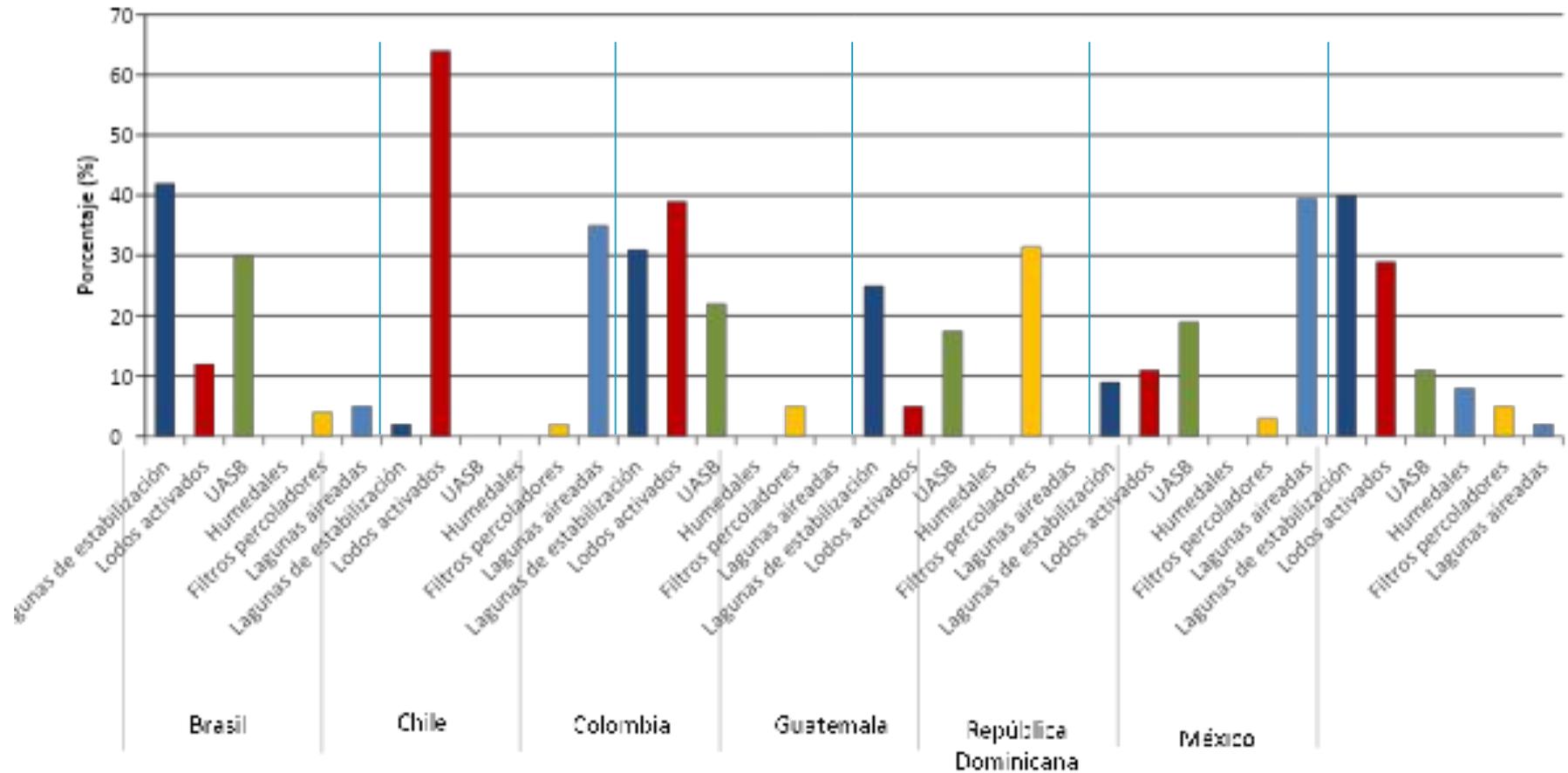
## Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales en países seleccionados

Caudal tratado por tecnología



# Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales en países seleccionados

Distribución por países



Si visitamos una muestra aleatoria de PTAR municipales en México, nos vamos a encontrar con lo siguiente.....





















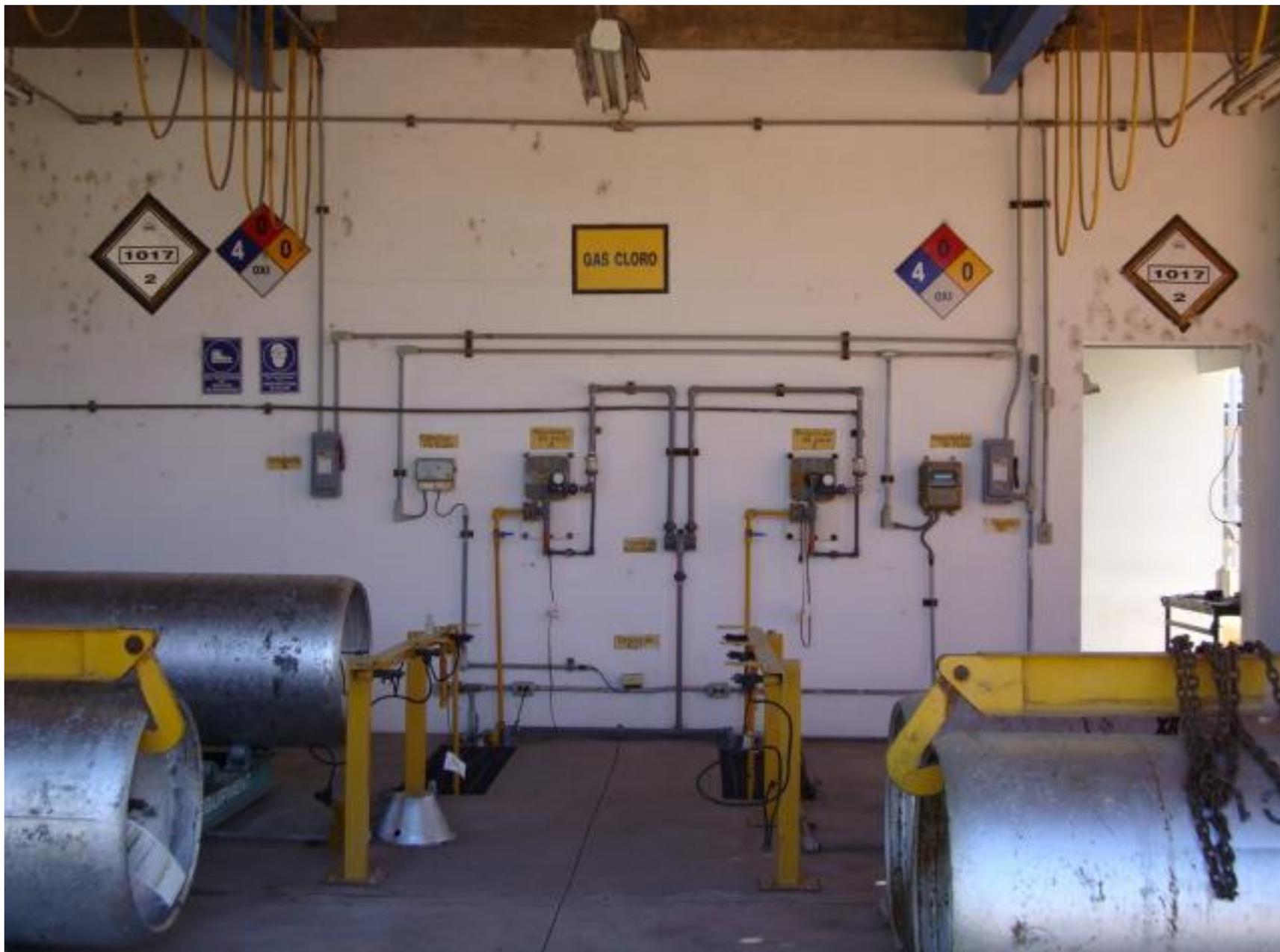














**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**Hay otra  
realidad.....**





























































Se estima que el 50% de las PTAR pequeñas (menores a 100 l/s) no funcionan, mientras que las grandes (mayores a 100 l/s) no lo hacen en un 20%.

Lo anterior implica, que se trata, con efectividad, alrededor del 28-30% de las aguas residuales municipales en el país.

¿Que factores intervienen para generar este estado de las PTAR...?

¿Es esta situación extrapolable a algunos países Latinoamericanos?

## Causas del mal funcionamiento de las PTAR

Infraestructura sobrada-sobre diseñada-subutilizada

Ejercicio de gasto público en el último momento

Proyecto por crecimiento de la población pero sin drenaje

Desvíos clandestinos de agua

No conexión al drenaje por el costo que ello implica

Mal diseño de la PTAR

Mal dimensionamiento

Mal diseño hidráulico

Equipos de baja calidad

Mal construida

Fisuras en concreto

Hundimientos

Tanques desnivelados

En general, en los sistemas anaerobios **no hay quemado del biogás.**

Las lagunas no captan las emisiones a la atmósfera.

Ubicación inadecuada y paro por presiones de la comunidad por impactos negativos

Olores

Ruido

### **Alto costo de la energía eléctrica.**

No hay recursos para la operación y el mantenimiento de la PTAR.

Plantas nuevas abandonadas debido a que el municipio no las quiere recibir. Algunas autoridades ni siquiera saben que tienen planta de tratamiento.

Rotación excesiva de personal operador de la PTAR

Mal funcionamiento por sobrecargas debido a descargas industriales clandestinas (y no clandestinas...)

En general no hay infraestructura para la reutilización del agua tratada; ello deriva en que el agua tratada se descargue al drenaje.

Afectaciones por huracanes, aguaceros, avenidas de agua. Hay que construir con criterios para la adaptación al cambio climático. Algunas plantas están construidas en cauces de ríos.

Equipos “delicados” como instrumentos (sensores OD, pH, ultrasónicos), circuitos electrónicos en general, bombas dosificadoras, equipo de ozonación y UV, membranas sistemáticamente están descompuestos por falta de mantenimiento y refacciones.

Falta de capacitación del personal operador

Operación empírica

No hay control analítico

Operadores con muy baja instrucción

Vandalismo y saqueo de las instalaciones.

En general, no hay información sobre diseño ni condiciones de operación de las PTAR.

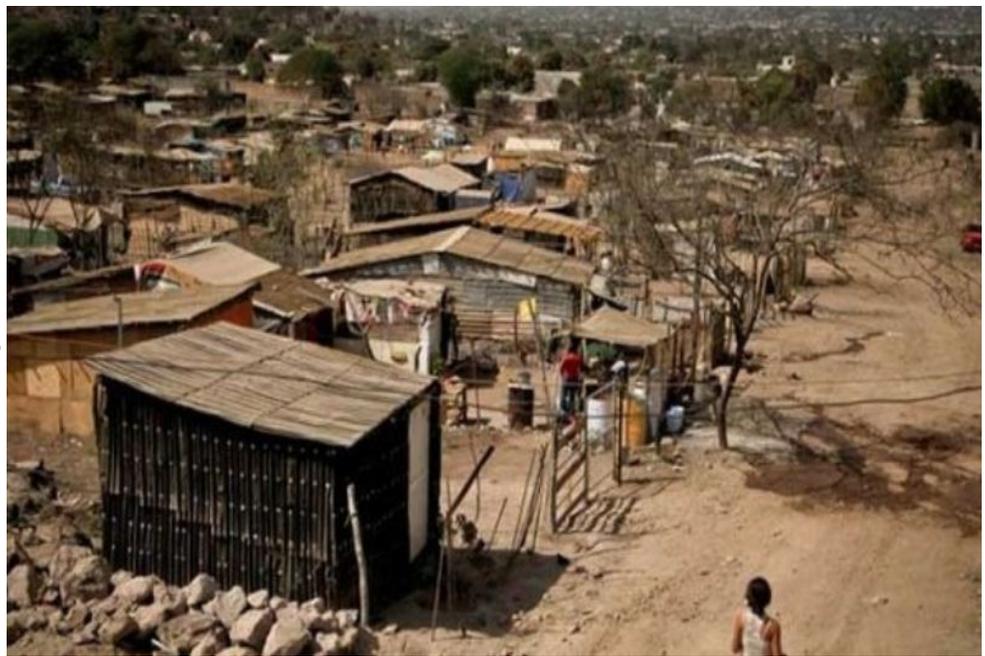
Falta de información por cambios políticos en los municipios y OO

(Reporte Índigo, 04 de septiembre del 2012, <http://www.reporteindigo.com/indigonomics/mexico-un-desastre-en-el-agua>): “En México, el 2 por ciento de la carga de enfermedad nacional - alrededor de 5 mil muertes al año - puede ser atribuido al consumo de agua contaminada o insalubre, afectando principalmente a la población infantil.

Tan solo en materia de salud, la OCDE apunta que una inversión global en México de **24.6 mil millones de dólares** diseñada para tratar un mínimo de agua para uso de toda la población, junto con una mejora en servicios de distribución de agua y salubridad, resultaría en una **reducción** en gastos médicos de **77.3 mil millones de dólares**, y un beneficio total de 306.5 mil millones de dólares”

## Participación de la IP, ¿hasta que punto?

La IP busca lucrar con los servicios relacionados con el agua y saneamiento. En las regiones donde no lo pueda hacer, no invertirá.



La participación de la iniciativa privada no es capaz de resolver por sí sola la problemática del tratamiento de las aguas residuales en el país; el **Estado debe intervenir decididamente en ello para dirigir, guiar, fiscalizar y ordenar la intervención de la IP.** Se debe considerar la intervención de la iniciativa privada solo como un aliado para ciertas condiciones.

Hay buenos ejemplos de ello en México, tanto públicos (León, Monterrey, Mexicali, y Tijuana), como privados (Cancún, Aguascalientes, y Saltillo).

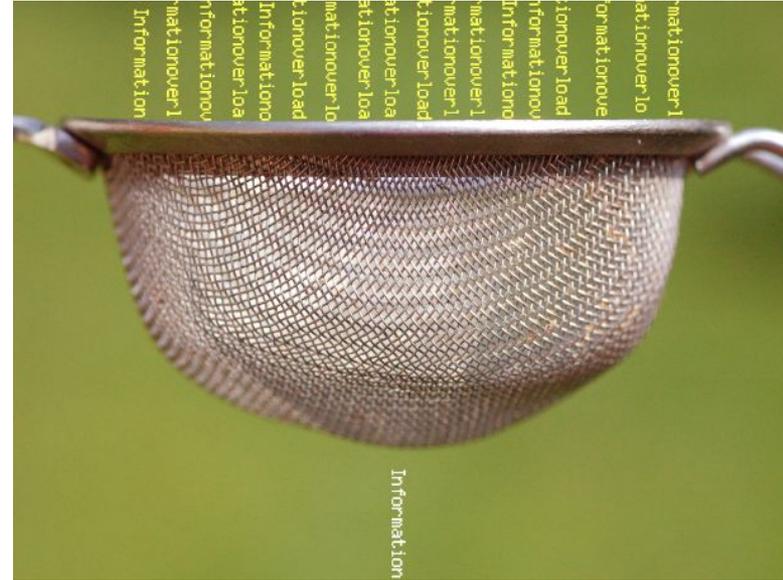


Definir el problema de saneamiento en el país como un tema estratégico, clave para **el combate a la pobreza** y de **emergencia nacional**.

Una vez hecho esto, especificar el cuando, como, donde, quién y cuanto para solucionarlo en lo inmediato.

## Manejo y transparencia de la información financiera y técnica.

- Creación de un banco nacional de información técnica de obras hidráulicas y de saneamiento.
- Por ley, centralizar la información y que los municipios estén obligados a enviar copias del proyecto ejecutivo al banco.



## Selección de tecnología para el tratamiento de las aguas residuales....

Este asunto **NO** lo debe decidir el “libre” mercado....

Lo debe regular, coordinar y fiscalizar el estado.

Crear un **ENTE** técnico “centralizador” para el apoyo en materia de tratamiento de aguas residuales



Este **ENTE técnico** tendría, entre otras posibles, las siguientes atribuciones:

- Ser un instrumento responsable de promover y **garantizar técnicamente el cumplimiento de las normas vigentes**, con objeto de mejorar la prestación de los servicios y proteger los intereses de todos los actores involucrados.
- Propiciar **una mayor eficiencia, claridad y transparencia** de las operaciones del sistema de agua y en lo particular a lo que concierne al tratamiento de las aguas residuales.
- Tener a su cargo la **supervisión y apoyo técnico de los organismos operadores** municipales en materia de tratamiento de aguas residuales, constituidos por las posibles empresas paramunicipales, tripartitas o mixtas que se constituyan, o bien por concesionarios encargados de la prestación de los servicios, incluyendo a los comités, consejos o juntas de agua, con el único fin de propiciar la mejora de sus eficiencias comerciales y operativas.
- **Recomendar las tecnologías** a aplicar en materia de tratamiento de aguas residuales adaptadas a las condiciones de la región.
- Constituirse en el reservorio de la información relativa al proceso de licitación, diseño del proceso de tratamiento y las bitácoras operativas de las PTAR en la región.
- Tener a su cargo mediante contrato con los municipios interesados, la **operación y mantenimiento de sus PTAR**. Esto último implicaría un costo que deberá ser cubierto con recursos presupuestales municipales, complementados por programas federales que incentiven la aplicación de planes de mejora y cumplimiento de las instalaciones de tratamiento.
- Ofrecer asesoría técnica especializada para **coadyuvar a resolver posibles conflictos de carácter técnico** que pudieran surgir frente a un operador que tiene mucha más información y recursos que el ciudadano común.
- Promover la **profesionalización de la estructura institucional** de los sistemas municipales de agua potable, alcantarillado y saneamiento y con ello evitar criterios políticos y de coyuntura en el nombramiento de cuadros técnicos y directivos.
- Desarrollar un **sistema permanente de capacitación y certificación del personal operativo** de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

¿Qué hacer para recomendar tecnologías en el ámbito nacional?

¿Que es lo adecuado y que no?

Adalberto Noyola  
María Guadalupe Paredes  
Juan Manuel Morgan-Sagastume  
Leonor Patricia Güereca

Instituto de Ingeniería, Universidad  
Nacional Autónoma de México,  
Coyoacán, México City, México

## Research Article

# Reduction of Greenhouse Gas Emissions From Municipal Wastewater Treatment in Mexico Based on Technology Selection

As do many developing countries and emerging economies, Mexico needs to invest in wastewater treatment facilities, which has been neglected in the past. Currently, 45% of municipal sewage enters a treatment plant, so a significant fraction of untreated or partially treated water is discharged or used for crop irrigation. This has significant impacts on public health and the environment. In this context, the proper selection of treatment technologies may be an important opportunity for contributing to the ambitious national greenhouse gas (GHG) emission reduction goals in Mexico. Based on actual infrastructure data, the scenarios analyzed in this work show that emission reductions from sewage treatment plants in Mexico could be as high as 34% when compared to the baseline scenario, depending on the treatment technologies. The results show that the anaerobic + aerobic scenario is a better option than the full aerobic scenario, as it would achieve a 4% GHG emission reduction by the year 2030. Moreover, if methane is used for in situ electricity cogeneration in larger facilities, the reduction reaches 27% versus the full aerobic scenario. The results may be helpful to policy and decision makers to evaluate the cost effectiveness and feasibility of possible GHG mitigation strategies for wastewater treatment facilities, mainly for new infrastructures in developing countries.

**Keywords:** Biogas; Climate change; Carbon footprint; Methane; Mitigation strategies

*Received:* February 7, 2015; *revised:* January 24, 2016; *accepted:* June 14, 2016

**DOI:** 10.1002/den.201500084

Premisa del estudio:

Mitigar impactos por Gases de Efecto Invernadero (GEI) implica menor consumo de energía.

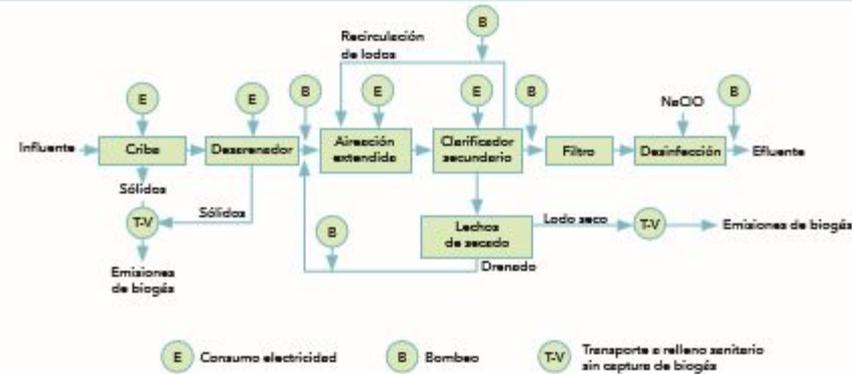
Para ello

se deben evitar las emisiones de metano (Biogás) a la atmósfera.



- La Agenda del Agua 2030 establece que para el 2030:
  - Las PTAR existentes y las que se construyan en un futuro deberán alcanzar una cobertura del 100% del agua residual colectada.
  - Se deberá garantizar que las aguas residuales descargadas a los cuerpos receptores cumplan con los niveles de calidad definidos en el marco jurídico aplicable.

- Se determinó el escenario base de emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) considerando la tendencia actual.
- Se propusieron cuatro escenarios que permitieran la reducción de emisiones GEI.



**DESCRIPCIÓN DE ESCENARIO**

Este escenario, con un caudal de 70 l/s, es un sistema de lodos activados de aireación extendida. Al ser un proceso mecanizado, requiere de un consumo de energía eléctrica importante. Los lodos generados son secados por evaporación en lechos de secado y dispuestos en relleno sanitario sin captura de biogás.

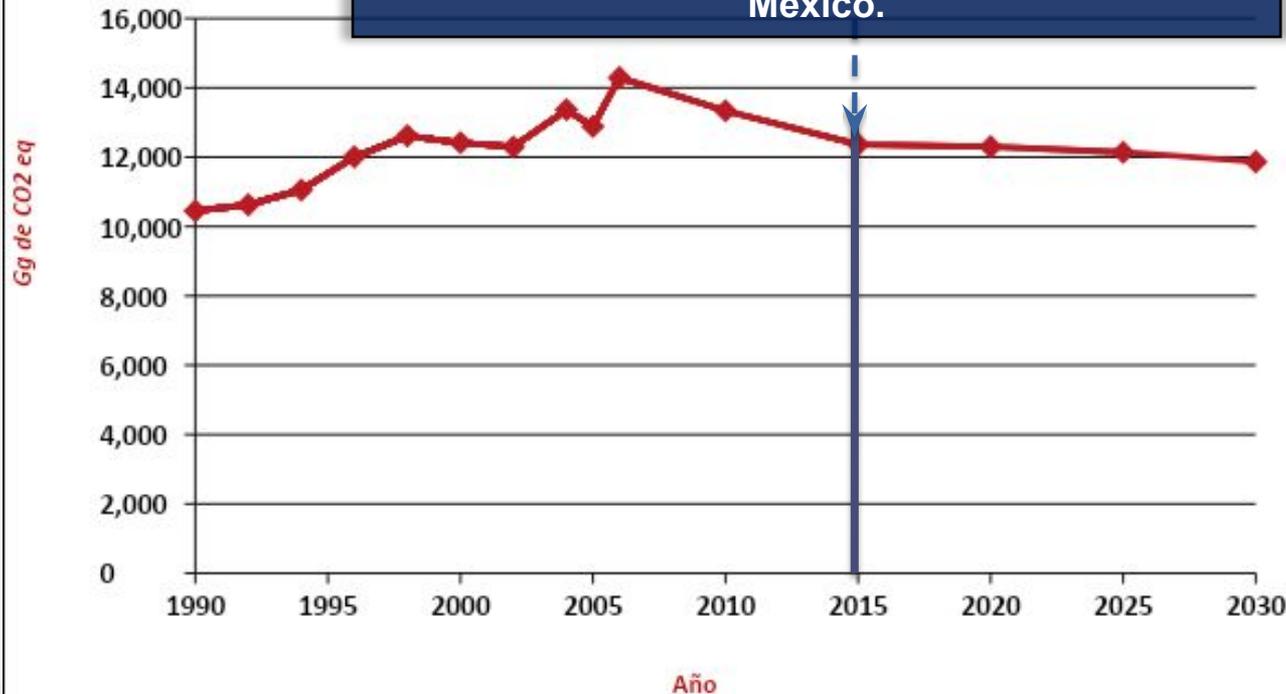
IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE 1M <sup>3</sup> DE AGUA TRATADA			CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR 1M <sup>3</sup> DE AGUA TRATADA		
CATEGORÍA	IMPACTO	UNIDADES	ESCUENARIO	EMISIONES (eCO <sub>2</sub> e)	
ACIDIFICACIÓN	0.000615	kg SO <sub>2</sub> e	MEJOR PROPUESTA: NINGUNA		
CAMBIO CLIMÁTICO	0.58057264	kg CO <sub>2</sub> e			
TOXICIDAD TERRESTRE	0.030158	kg 1,4-DB e			
EUTROFIZACIÓN	0.015057	kg PO <sub>4</sub> e			
FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS	0.0000855	kg 1,4-DB e			
DISMINUCIÓN DE OZONO ESTRATOSFÉRICO	4.28E-08	kg CFC-11 e			
DISMINUCIÓN DE RECURSOS ABIÓTICOS	0.002260607	kg Sb e			
Impactos calculados mediante el método CML 2000, con enfoque de análisis de ciclo de vida.					ESCUENARIO
			EMISIONES LÍNEA BASE	1,731	
			EMISIONES PROYECTO MEJORADO	No aplica	
			EMISIONES REDUCIDAS TOTALES	0	
			Las emisiones fueron calculadas mediante IPCC (2006), para un año de funcionamiento de la planta de tratamiento. Las emisiones del proyecto representan el cálculo de GEI considerando mejoras en el tren de tratamiento.		
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA		PROCESO	PRODUCCIÓN	CONSUMO	SOBRANTE
		KWH/ARO	0	1,519,495	0

Fuentes de Información

Inventario Nacional de Infraestructura para el saneamiento

# Escenario Base de emisiones de GEI por las PTAR municipales en México.

Puesta en marcha de la PTAR Atotonilco, la cual permitirá sanear aproximadamente el 60% de las aguas residuales que se generan en el Valle de México.



- Reducción de emisiones de GEI debido al incremento de caudal tratado anualmente.

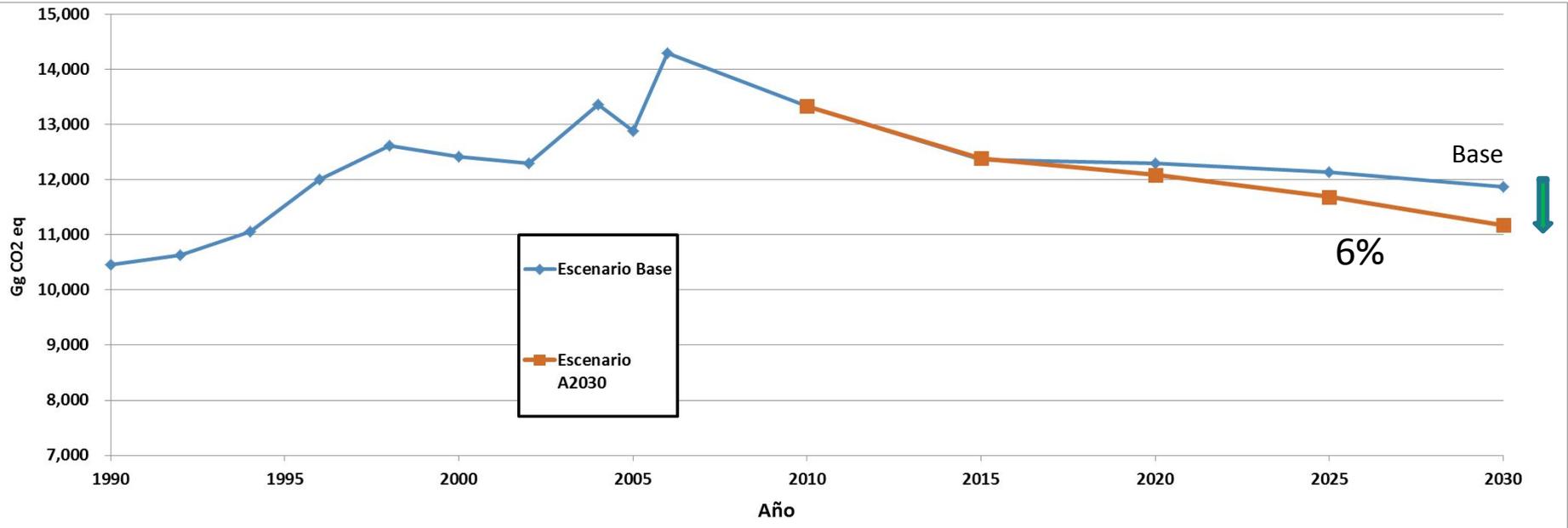
Nota: Los valores correspondientes a los años 1990-2006 fueron tomados de documento "Actualización Nacional de GEI 1990-2006 en la categoría de desechos .



# Escenarios de Mejora (EM) para la reducción de emisiones de GEI en las PTAR



**EM "Agenda del Agua  
2030"**



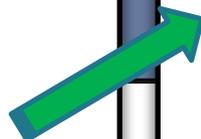
# Escenarios de Mejora (EM) para la reducción de emisiones de GEI en las PTAR



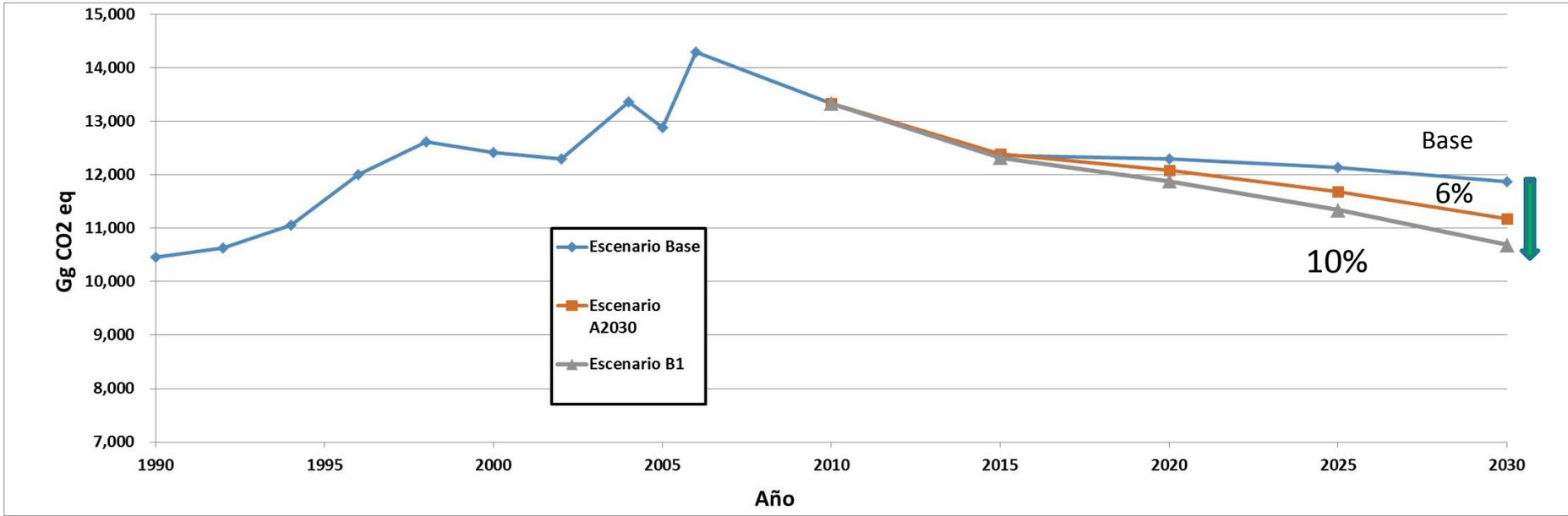
EM "Agenda del Agua 2030"



EM "B1"



aerobio tipo



# Escenarios de Mejora (EM) para la reducción de emisiones de GEI en las PTAR



EM "Agenda del Agua 2030"



EM "B1"

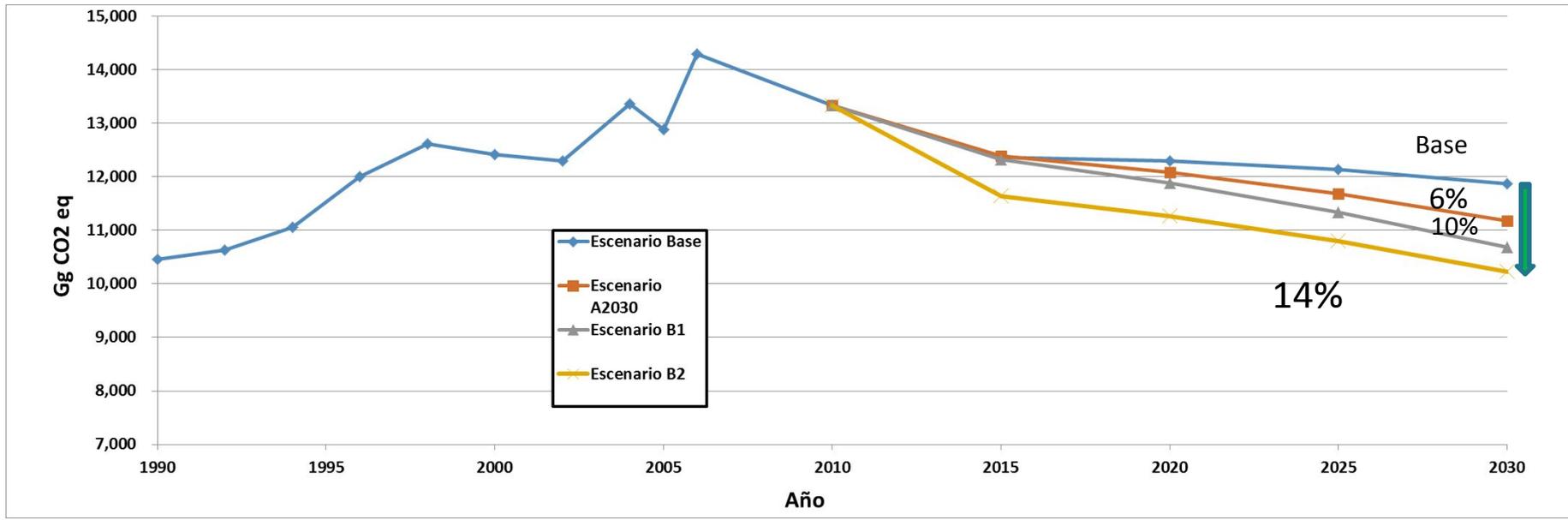


EM "B2"

**aerobio** **tipo**

**tratamiento**  
**combinados**

UASB (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente)	Discos Biológicos
	Filtros Biológicos
	Lagunas Aireadas
	Lodos Activados
	Zanjas de Oxidación



# Escenarios de Mejora (EM) para la reducción de emisiones de GEI en las PTAR



EM "Agenda del Agua 2030"



EM "B1"

aerobio tipo



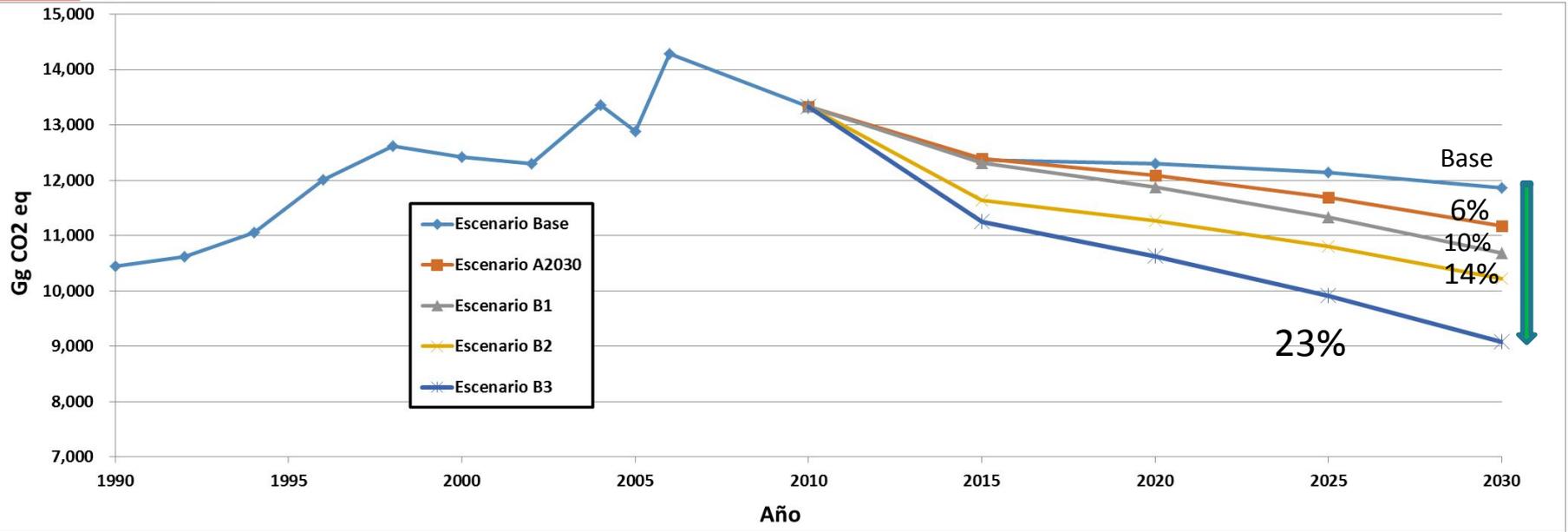
EM "B2"

tratamiento combinados

UASB (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente)	Discos Biológicos
	Filtros Biológicos
	Lagunas Aireadas
	Lodos Activados
	Zanjas de Oxidación



EM "B3"



# Escenarios de Mejora (EM) para la reducción de emisiones de GEI en las PTAR



EM "Agenda del Agua 2030"



EM "B1"

aerobio tipo



EM "B2"

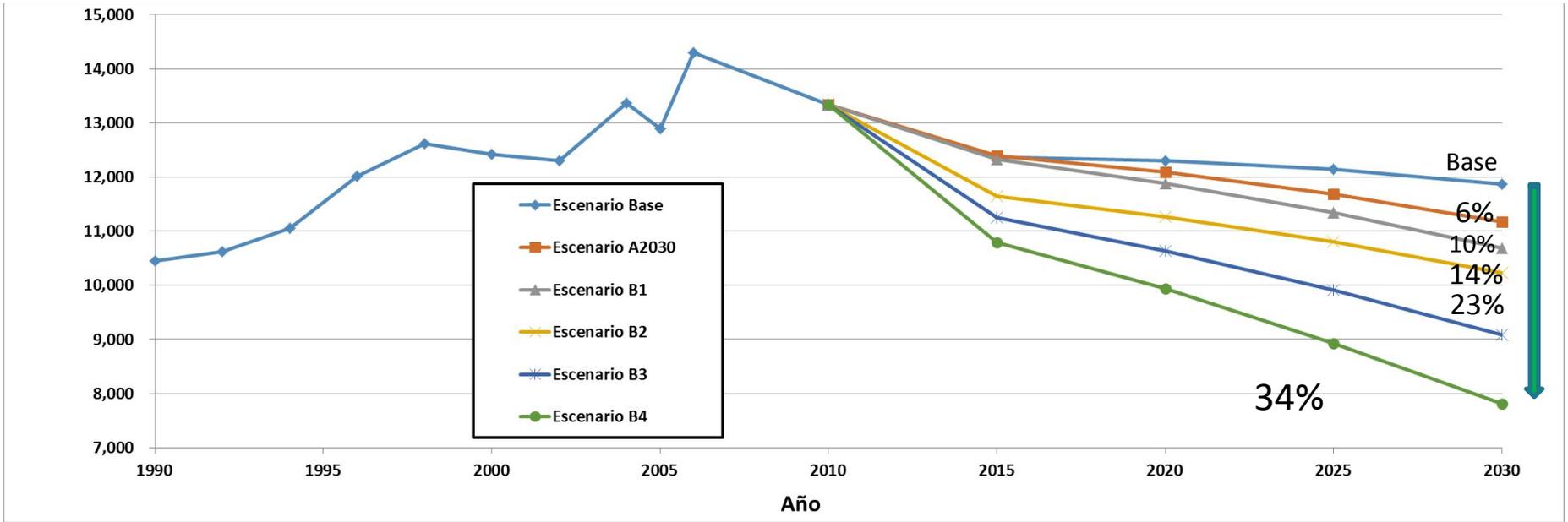
tratamiento combinados

UASB (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente)	Discos Biológicos
	Filtros Biológicos
	Lagunas Aireadas
	Lodos Activados
	Zanjas de Oxidación



EM "B3"

EM "B4"





**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

Recomendaciones oficiales en materia de  
tratamiento de aguas residuales informa, orienta,  
asesora, regula el mercado....

# Esquemas integrales de saneamiento

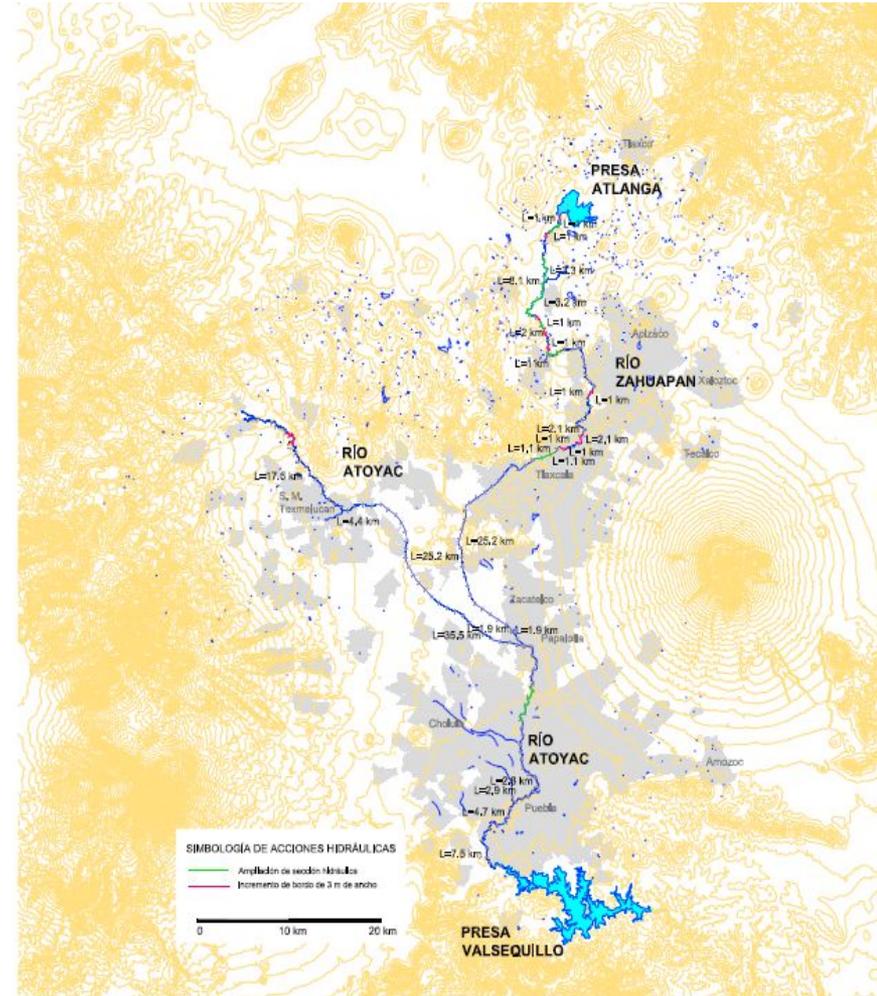
- <http://www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencas-hidrograficas.shtml>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrogr%C3%A1fica](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica)

## LA CUENCA



Son áreas territoriales por las cuales discurren corrientes de agua que durante su trayecto forman un río principal. La interacción de agua y suelo en un espacio determinado define las características del relieve, la flora y la fauna de las cuencas.

## Ejemplo: Cuenca del río Atoyac, Puebla



## LA UBICACIÓN

► El río Atoyac recorre 31 municipios de Puebla y Tlaxcala, además forma parte de la cuenca del Balsas.



# Problemática



Río Atoyac, 2015

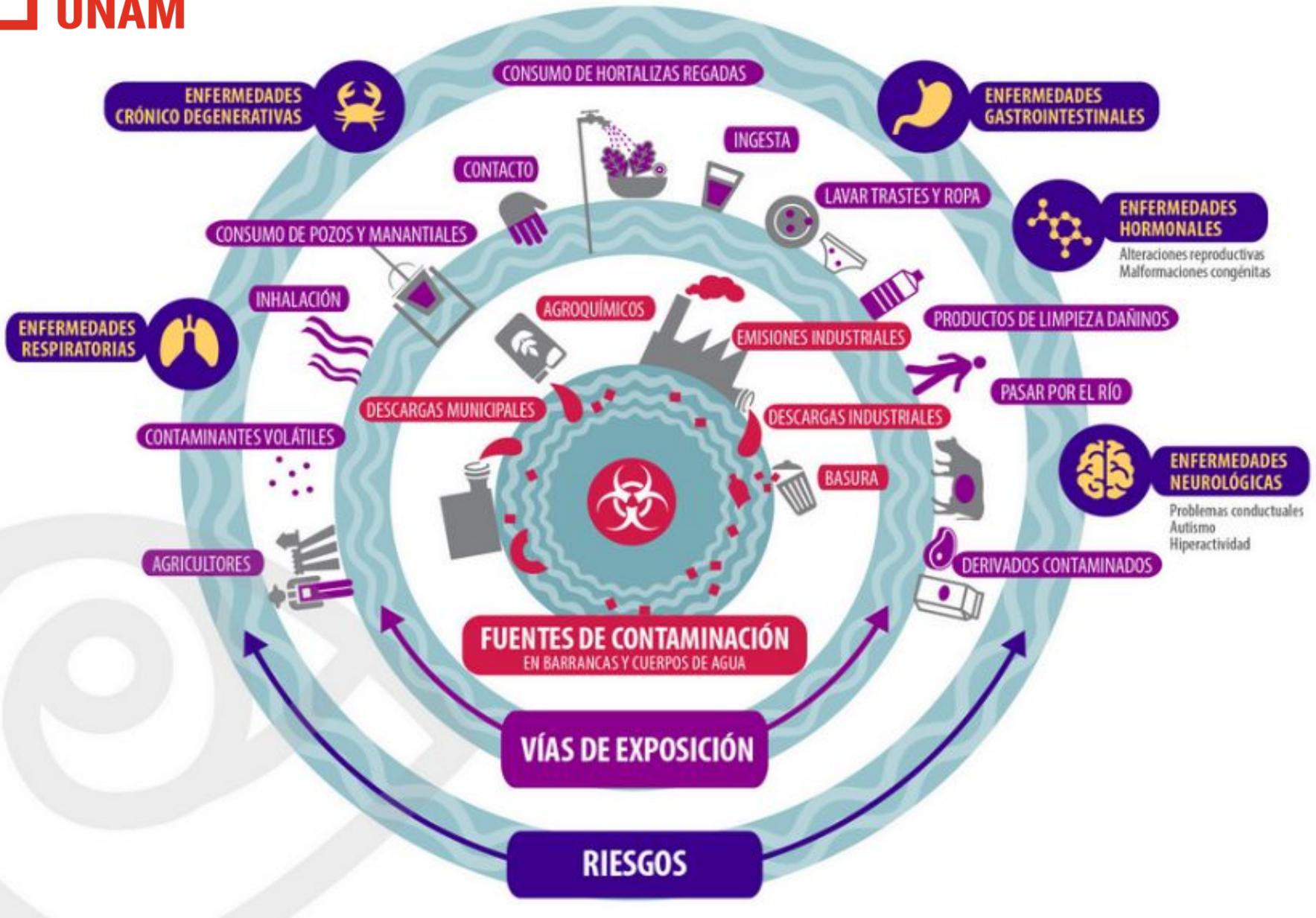


Presa Valsequillo, 2015

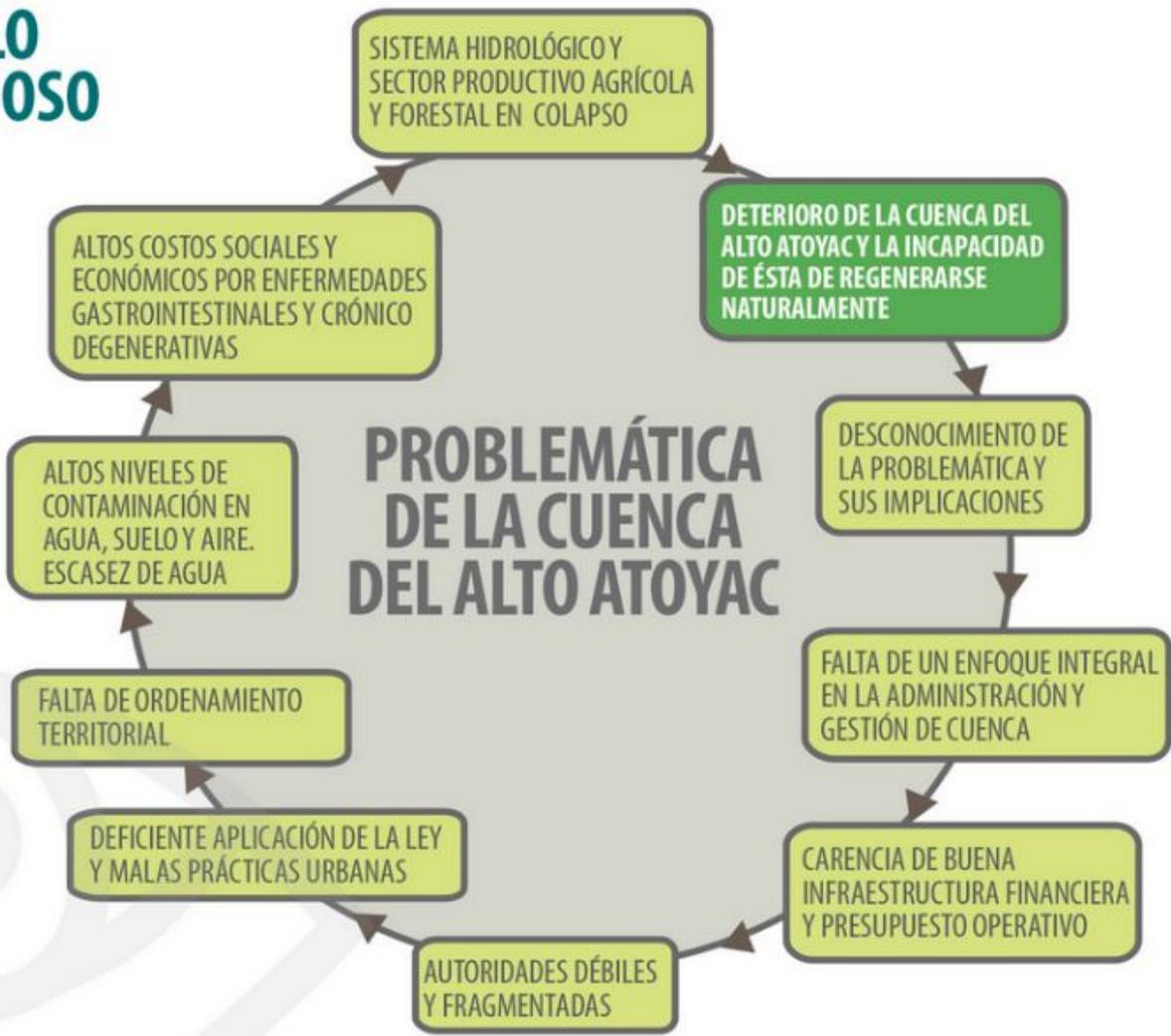








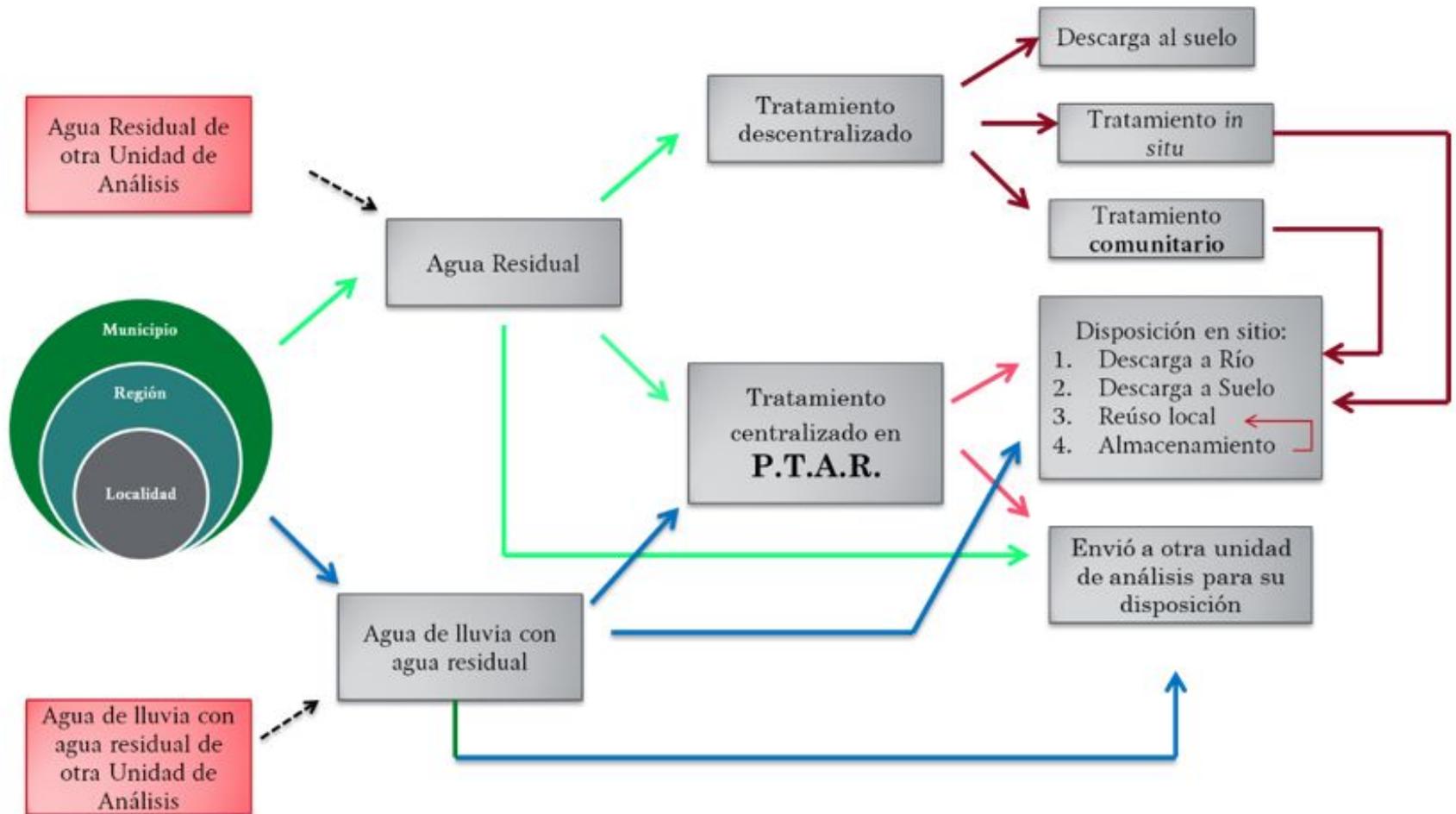
# PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC



SIMBOLOGÍA		
ESTADO ACTUAL	CAUSA DIRECTA	CICLO RETROALIMENTACIÓN



## Procedimiento de diagnóstico de la Unidad de Análisis



El uso de agua tratada (reúso) en municipios e industrias es la clave para evitar cumplir con una normatividad estricta, evitar PTAR complejas, conservar y sanear cuerpos de agua y coadyuvar a la conservación de agua de primer uso.

## Tecnologías para el desarrollo de un esquema integral de tratamiento de aguas residuales en la Península de Yucatán

J.M. Morgan-Sagastume\*, Miriam Castro-Martínez\*\* y Adalberto Noyola\*

Marzo, 2022

\*Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

\*\*ELNSYST SA de CV (IBTech)

Consultar el algoritmo para la toma de decisiones....

*Tecnologías para el*  
**DESARROLLO DE UN  
ESQUEMA INTEGRAL DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA**  
*Península de Yucatán*





Río Atoyac, Puebla

Objetivos nacionales en materia de Tratamiento de aguas residuales

- PNH

Ejecución, monitoreo, evaluación y retroalimentación por el ENTE Nacional.

- Actuación con transparencia
- Manejo adecuado de la información técnica-administrativa

Acciones para la implementación:

- Programa nacional de capacitación
- Desarrollo tecnológico
- Investigación en el tema
- Establecer relaciones intersectoriales

Plan de implementación de un plan de acción bajo la visión de una Gestión Integral de los Recursos Hídricos

Análisis del estado de la infraestructura.

- Inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Análisis de cuencas con enfoque de reúso del agua.

Políticas públicas y estrategias generales de acción.

- Políticas públicas en cuanto a las tecnologías utilizar
- Creación de un ENTE nacional
- Tema del agua como factor estratégico del desarrollo del país

## GESTIÓN INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

## CONCLUSIONES

El gran desafío es la definición de una **política pública concertada e integral** acorde con los intereses nacionales para tratar el agua residual con tecnologías adecuadas, controlar así las emisiones de GEI y la contaminación del agua y potenciar el uso del biogás como fuente alterna de energía.

Gracias por su atención

**Dr. Juan Manuel Morgan Sagastume**

**[jmms@pumas.ii.unam.mx](mailto:jmms@pumas.ii.unam.mx)**

**Académico del Instituto de Ingeniería de la  
UNAM**