



*Tendencias en el tratamiento  
Integral de Aguas Residuales*

# Congreso Internacional Ambiental Manizales

## “Tendencias en el tratamiento integral de aguas residuales”

**Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017**



Centro para la  
**Formación Cafetera**  
SENA Regional Caldas



Instituto de Estudios Ambientales IDEA  
Sede Manizales



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Universidad<sup>®</sup>  
**Católica**  
de Manizales



“Vida Resucitada”



UNIVERSIDAD DE  
**MANIZALES**



UNIVERSIDAD DE CALDAS  
LUMINA SPACIO<sup>®</sup>



**aguas**  
de Manizales

# ***CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES***



**Dr. Juan Manuel Morgan Sagastume**  
Académico Instituto de Ingeniería de  
la Universidad Nacional Autónoma  
de México (UNAM)  
jmms@pumas.ii.unam.mx  
juanmorgan@ibtech.com.mx

Presentado por:  
**Dr. Freddy Leonardo Franco Idarraga**  
Director del IDEA UN Manizales  
Docente Dpto. Ing. Civil  
flfrancoi@unal.edu.co



# El tratamiento de aguas residuales municipales en América Latina y el Caribe (ALC)



**Ponente: Dr. Juan Manuel Morgan Sagastume**  
**Experto: Dr. Carlos Augusto Lemos Chernicharo**  
**Moderador: Dr. Adalberto Noyola**

- Importante rezago en saneamiento en América Latina y el Caribe, con metas nacionales e internacionales incumplidas, más si consideramos la masa poblacional (**625 millones - 8,3% del mundo**).
- 85 % de la población cuenta con suministro de agua
- 78 % de la población cuenta con servicios de saneamiento
- Menos del 20% de las aguas residuales recibe tratamiento
- Lo anterior es un claro indicador de la enorme necesidad de inversión en el sector del tratamiento de aguas residuales municipales.

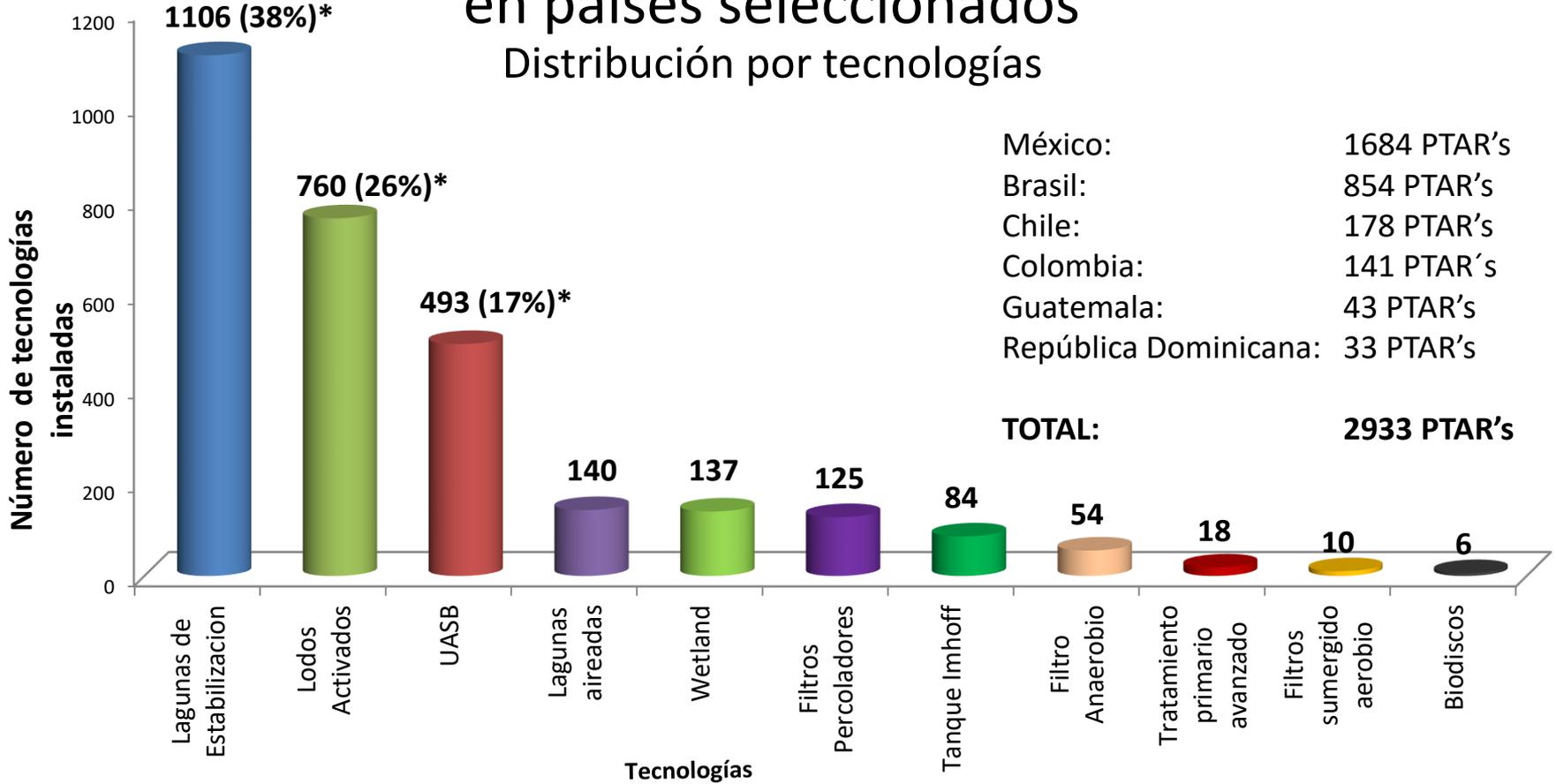




- Seleccionando seis países: Brasil, Chile, Colombia, Guatemala, México y República Dominicana.
- Mediante información documental publicada por dependencias del gobierno, entidades y organismos operadores
- Se estudió la población, la cobertura sanitaria y el PIB
- Se consideraron 2933 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR's).

# Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales

## en países seleccionados Distribución por tecnologías



Noyola et al. (2012)  
Clean – Soil, Air, Water, 40 (9) 926 - 932

- 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.

## LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

1



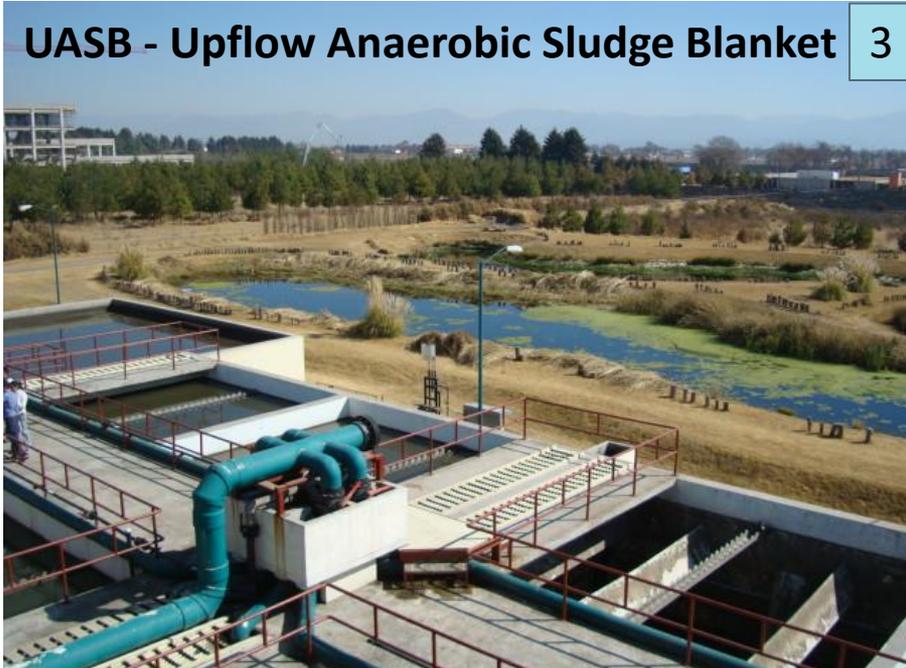
## LODOS O FANGOS ACTIVADOS

2



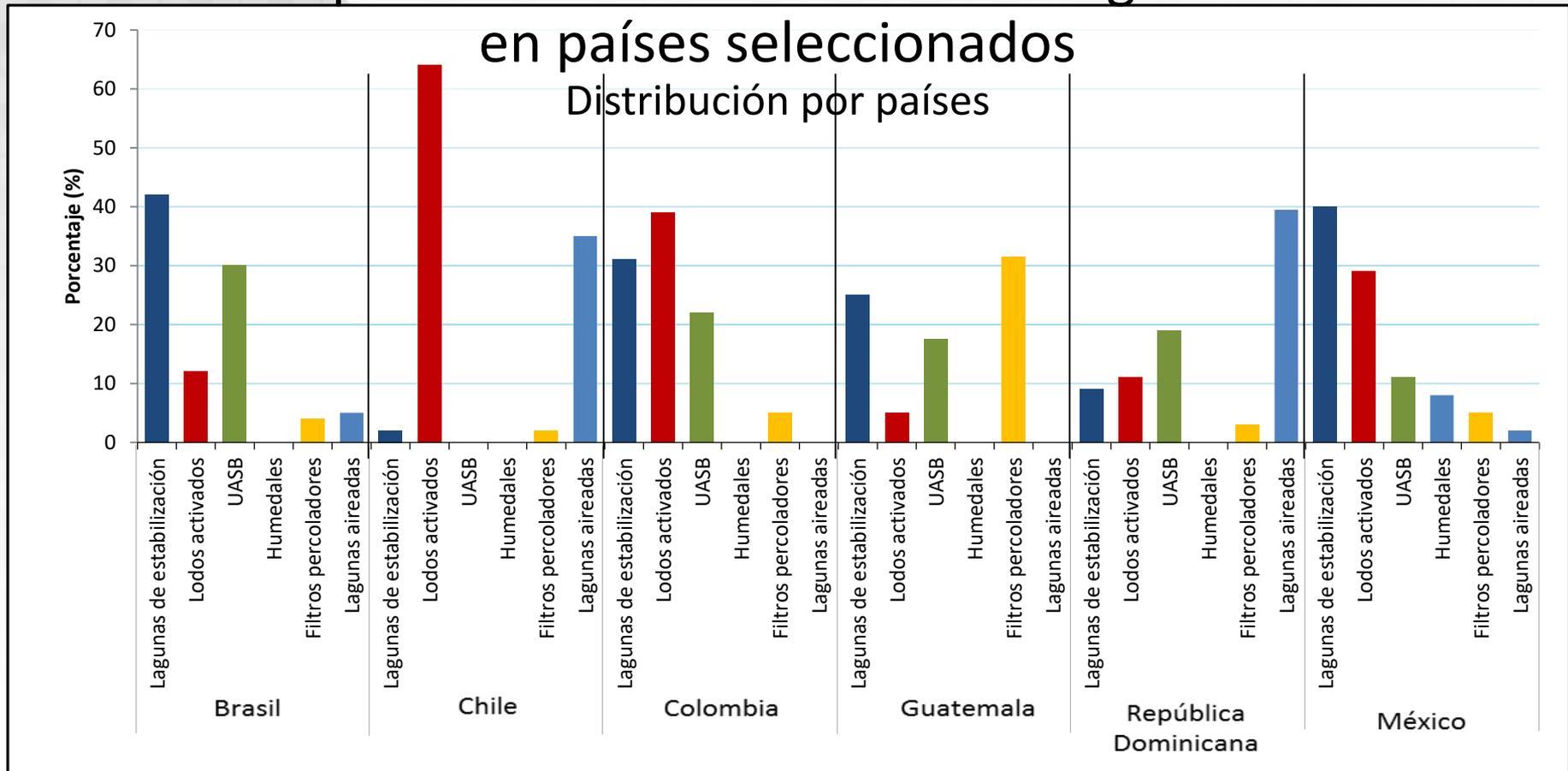
## UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket

3



Las 3 tecnologías más usadas, cubren el 81% de la muestra total de PTARs

# Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales

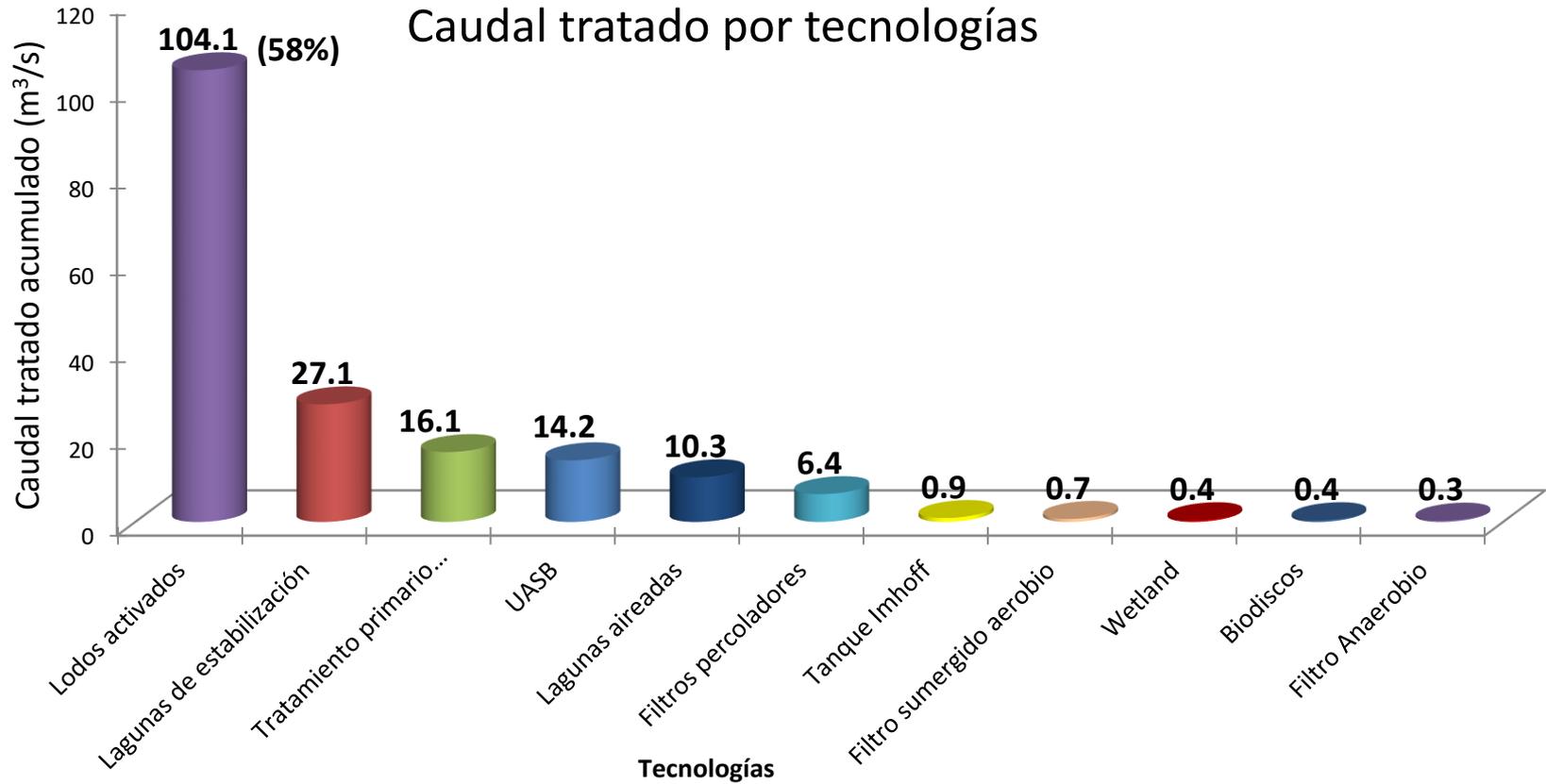




# Procesos aplicados en el tratamiento de aguas residuales

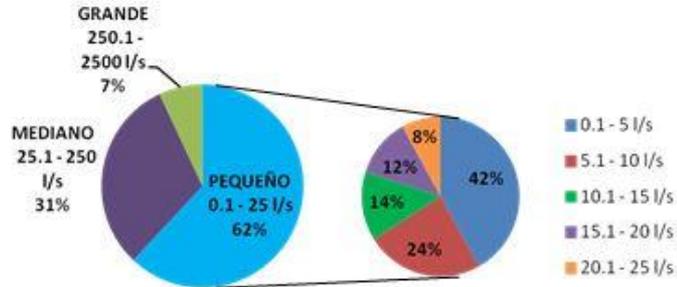
## en países seleccionados

Caudal tratado por tecnologías

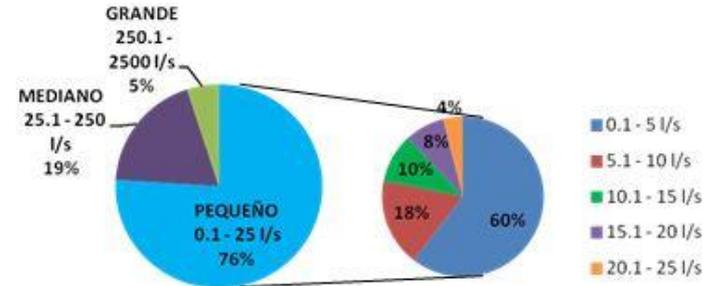




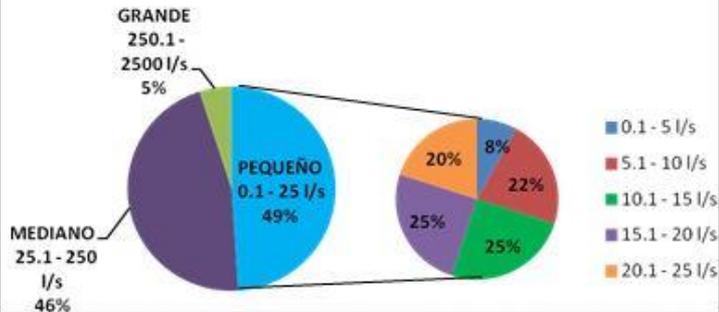
### Caudales predominantes en PTAR en Brasil



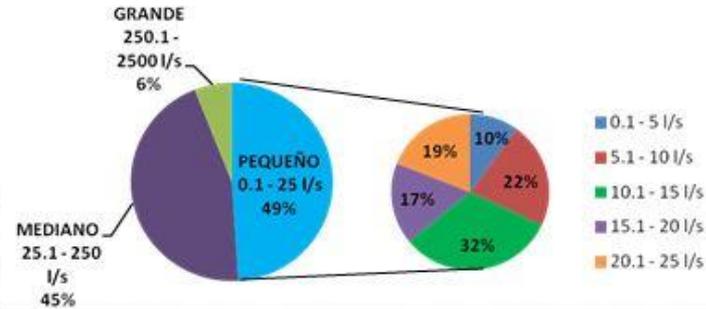
### Caudales predominantes en PTAR en México



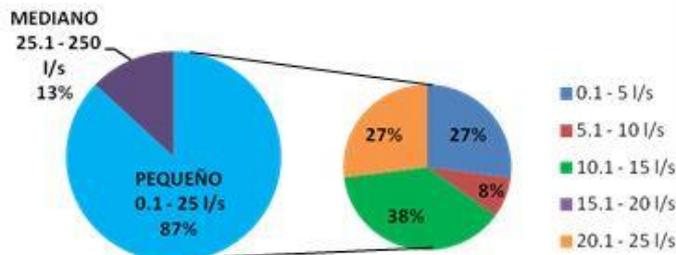
### Caudales predominantes en PTAR en Colombia



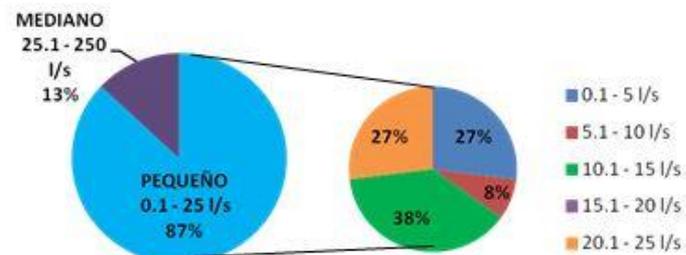
### Caudales predominantes en PTAR en Chile



### Caudales predominantes en PTAR en Guatemala



### Caudales predominantes en PTAR en República Dominicana





- Las tecnologías más representativas de la muestra de PTAR de América Latina y el Caribe son: las lagunas de estabilización, los lodos activados y los reactores tipo UASB; representan el 80% del inventario muestreado de PTAR en ALC.
- Los lodos activados contribuyen con el tratamiento del 58% del caudal tratado en AL y C.
- Hay una tendencia marcada en la región a la construcción de plantas pequeñas.





**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



*Instituto de Estudios Ambientales – IDEA  
Sede Manizales*



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# HAY UNA REALIDAD...





































**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



*Instituto de Estudios Ambientales – IDEA  
Sede Manizales*



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **LA OTRA cruda y lamentable REALIDAD...**















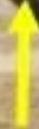




Registro de ingreso  
de agua residual



Salida de agua resi-  
dual a las lagunas



































RD

























09.23.2011 12:50



09.23.2011 14:29



09.23.2011 14:34





PTAR's afectadas por fenómenos amenazantes:

- Muchas depuradoras están construidas en cauces de ríos sometidas a inundaciones o avenidas torrenciales.
- Proyectadas sin criterios de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático.

Depuradoras mal ubicadas y/o sin entrar en funciones:

- Fenómeno NIMBY – Not In My Backyard.
- Sometida a presiones de la comunidad por los impactos de ruido, mosquitos y olores.
- Víctimas del vandalismo y el saqueo de sus instalaciones, por la no aceptación comunitaria o el directo abandono.

## Infraestructura infra o sobrediseñada y subutilizada:

- Proyectada según el crecimiento poblacional pero sin tener en consideración el drenaje, su tipología y crecimiento.
- Con mal funcionamiento debido a aguas mal caracterizadas, diluidas o con descargas industriales clandestinas.

## Mala concepción, mal diseño y mala construcción:

- Con desvíos legales de agua residual (aliviaderos de excesos) y vertidos clandestinos, alterando con ello el cuerpo hídrico que buscan recuperar.
- Dimensionamiento deficiente ( $Q_m$  -  $Q_{m\acute{a}x}$  -  $Q_{torm}$ ) y mal diseño hidráulico.
- Espesores insuficientes en paredes de tanques y/o con fisuras en el concreto.
- Hundimientos, asentamientos diferenciales y desnivelaciones.

- Equipos electromecánicos de baja calidad y equipos “delicados” instrumentos de medida (sensores de OD, pH, ultrasónicos), circuitos electrónicos, bombas dosificadoras, equipo de ozono y UV, etc. sistemáticamente descompuestos y sin garantías.
- Autoridades que no saben que tienen planta de tratamiento, no tienen información sobre el diseño, las condiciones de operación y mantenimiento y no quieren hacerse responsables de ello.
- Plantas nuevas, sin conexión al alcantarillado por el costo que ello implica, abandonadas porque el municipio no las quiere recibir al no haber recursos para su operación (reactivos, insumos, energía eléctrica), mantenimiento y reparación.

- Depuradoras sin planes e infraestructura para el reúso o entrega del agua al medio natural, llevando a que el agua tratada deba ser descargada nuevamente al alcantarillado.
- Rotación excesiva de personal operador de la PTAR, personal mal formado, sin capacitación específica, operando empíricamente y sin soporte de control analítico.

**PÉSIMO USO DEL DINERO PÚBLICO**

# CONSIDERACIONES GENERALES

Agua residual tratada



**Generación de  
residuos**

Gases con malos olores

Lodos



**Generación de  
subproductos**

Biogás

Mejoradores de suelos

# **CONSIDERACIONES GENERALES**

## **Condiciones ambientales**

- Temperatura, radiación solar, pluviosidad, velocidad y dirección del viento
- Niveles de emisión de ruido y planes de mitigación de la contaminación olfativa, visual y por vectores sanitarios
- Aceptación de la comunidad servida y aledaña

## **Requerimientos y disponibilidad de áreas adecuadas y seguras**

## **Necesidades de personal**

- Calificación del personal (laboratorios, operarios, etc.)
- Número de operadores por turno

# CONSIDERACIONES GENERALES

## **Equipos electromecánicos y de laboratorio**

- Disponibilidad y tiempos de entrega de equipos y eventuales repuestos
- Asesoría para su operación, mantenimiento y reparación
- Centros de servicio y garantías

## **Requerimientos energéticos y de insumos**

- Energía eléctrica
- Gas natural, propano, biogás
- Diésel o gasolina
- Combustión de residuos orgánicos
- Reactivos químicos, enzimas, microorganismos

# CONSIDERACIONES GENERALES

## **Costos de inversión, operación, mantenimiento y reparación**

- Continuidad a largo plazo
- Planes de contingencia
- Capacitación continua a operarios
- Atención de visitantes

## **Compatibilidad con el desarrollo técnico económico y favorabilidad a las tecnologías nacionales y locales**

- Reducción de costos
- Tecnologías adaptadas a las condiciones del país y región
- Recursos humanos y materiales disponibles
- Incentivo para la investigación, innovación y desarrollo de tecnologías

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

## Tipo ambiental

- ¿Puede operar la planta dentro las fluctuaciones de temperatura, radiación, pluviosidad del medio ambiente presentes en la región?
- ¿La dirección del viento predominante es favorable para la ubicación de la PTAR en cuanto a transporte de aerosoles o posibles malos olores y vectores sanitarios?
- ¿Se tiene una estimación de la emisión de GEI por parte del proceso de tratamiento (agua y lodos) para su compensación?
- ¿Se cuenta con un estudio de impacto ambiental, incluso preliminar, que valore los impactos de operación de la PTAR?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

## Tipo técnico

- ¿Se ha identificado, dentro de lo posible, alguna tecnología aplicable al caso y que haya sido desarrollada o adaptada en la región o el país?
- ¿Se puede considerar que el agua residual a tratar es del tipo netamente doméstica ( $\text{DBO}_5$  total por debajo de los 350 mg/l)?
- ¿Se está seguro que no hay descargas industriales de relevancia o de cualquier otro tipo, que alteren el carácter doméstico del agua residual?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

- ¿En la tecnología propuesta se favorece el tratamiento biológico sobre los tratamientos fisicoquímicos?
- ¿Se ha considerado dentro del tren de tratamiento de aguas, al menos para efectos de comparación y evaluación, un sistema anaerobio?
- ¿Hay dependencia de productos (reactivos químicos, enzimas, bacterias o microorganismos de cualquier tipo) que deban agregarse a la planta frecuentemente y generen dependencia económica?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

- ¿Se reconoce que la planta genera lodos? ¿su cantidad y calidad están determinadas? ¿se ha considerado su manejo?
- ¿La PTAR, preferentemente, integra o contempla el tratamiento de lodos por vía biológica?
- ¿En PTAR pequeñas se ha considerado dentro del tren de manejo de lodos, al menos para efectos de comparación y evaluación, los lechos de secado?
- ¿Se tiene contemplado como disponer adecuadamente los lodos generados?
- ¿La PTAR genera lodos susceptibles de ser usados como mejoradores de suelos o en la agricultura

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

- ¿La PTAR contempla o integra el control de olores?
- ¿El control de olores hace uso de biotecnología o sistemas biológicos como biofiltros de compost?
- ¿La PTAR contempla o integra la mitigación de ruido, contaminación visual o posible generación de aerosoles o vectores sanitarios?
- ¿Se tiene contemplado qué hacer con el agua residual tratada o parcialmente tratada durante el arranque, tormentas extremas o falla de la PTAR, sin que afecte ostensiblemente al medio ambiente?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

- ¿La PTAR usa equipos e instrumentos de fácil reparación y reposición?
- ¿Se considera que la tecnología usada en la PTAR favorece una fácil operación, mantenimiento y reparación de la misma?
- ¿Se considera que la PTAR no requiere de personal altamente capacitado, es decir puede ser operada por personal profesional y técnico con la capacitación necesaria, disponible en el área?
- ¿El consultor que propone la tecnología puede demostrar experiencia en su diseño y operación?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

## Tipo económico

- ¿La tecnología utilizada en la PTAR puede contribuir de alguna forma con las actividades económicas de la región?
- ¿En cuanto al mantenimiento/reparación de los equipos de la PTAR es posible apoyarse con prestadores de servicios en la región?
- ¿Se desglosa a detalle los costos de inversión, operación, mantenimiento y reparación de la PTAR?
- ¿Estos costos son sostenibles considerando las finanzas del municipio u organismo responsable de su operación?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

## Tipo social

- ¿Ha sido consultada la población directamente relacionada o posiblemente afectada sobre la construcción de la PTAR?
- ¿Se ha hecho conciencia en la población sobre la necesidad y ventajas de contar con una PTAR?
- ¿Se ha definido el esquema de participación ciudadana durante el proceso de toma de decisiones, así como para la adjudicación, construcción y operación?
- ¿Se considera contratar personal de la comunidad?

# CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

- ¿Se cuenta con un plan de apoyo para la educación de la comunidad (visitas guiadas, museo, servicio social, entre otras acciones)?
- ¿Se cuenta con un plan de capacitación para los empleados?
- ¿Se cuenta con un plan de respuesta a emergencias y brigadas de protección civil dentro y fuera de la PTAR?

### 3.4 MATRIZ DE DECISIÓN

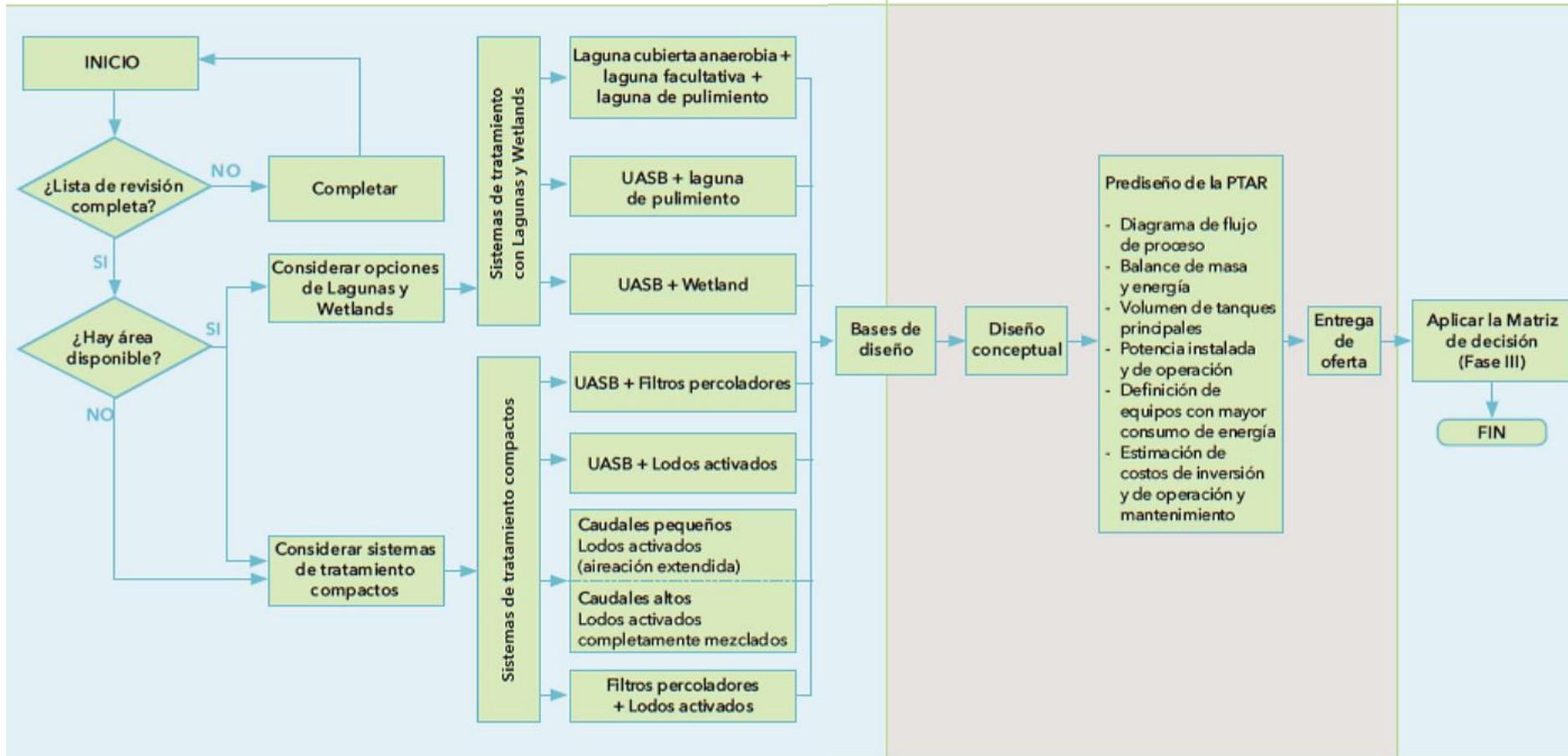
#	%	A	B	C	D	E
			PROCESO EVALUADO: _____ RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	C/S (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1			APLICABILIDAD DEL PROCESO			
2			GENERACIÓN DE RESIDUOS			
3			ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD			
4			GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO			
5			VIDA ÚTIL			
6			REQUERIMIENTO DE ÁREA			
7			COSTO			
7.1			Inversión			
7.2			Operación y mantenimiento			
7.3			Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D			
8			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1			Criterios de diseño			
8.2			Experiencia del contratista			
8.3			Tecnología ampliamente probada			
8.4			Complejidad en la construcción y equipamiento			
8.5			Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D			
9			OPERACIÓN			
9.1			Flexibilidad de operación			
9.2			Confiabilidad del proceso			
9.3			Complejidad de operación del proceso			
9.4			Requerimiento de personal			
9.5			Disponibilidad de repuestos y centros de servicio			
9.6			Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D			
10			ENTORNO			
10.1			Influencia de la temperatura			
10.2			Producción de ruido			
10.3			Contaminación visual			
10.4			Producción de malos olores			
10.5			Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)			
10.6			Condiciones para la reproducción de animales dañinos			
10.7			Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D			
11	100		SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			



Dueño o usuario

Consultor o proveedor

Dueño o usuario



## Aclaración...

Así mismo, este documento no pretende afectar intereses comerciales legítimos de ninguna entidad u organismo público o privado; por el contrario, busca incrementar el rigor técnico de las ofertas para que éstas realmente atiendan la problemática de cada potencial cliente y puedan así ser sujeto de una evaluación adecuada. Para los no especialistas, la guía presenta un análisis objetivo de lo existente en materia tecnológica para el tratamiento de las aguas residuales municipales, y bajo criterios eminentemente técnicos, hace una propuesta de metodología para una toma de decisiones más objetiva y transparente, con las recomendaciones que se consideran pertinentes, en un marco de sustentabilidad para el subsector en la región Latinoamericana y del Caribe. 💧