

# TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y SUS EFICIENCIAS



Oliver Saavedra

Ramiro Escalera

Ivette Echeverria

Gustavo Heredia

Renato Montoya

# INTRODUCCION

Limitada disponibilidad de agua para el consumo



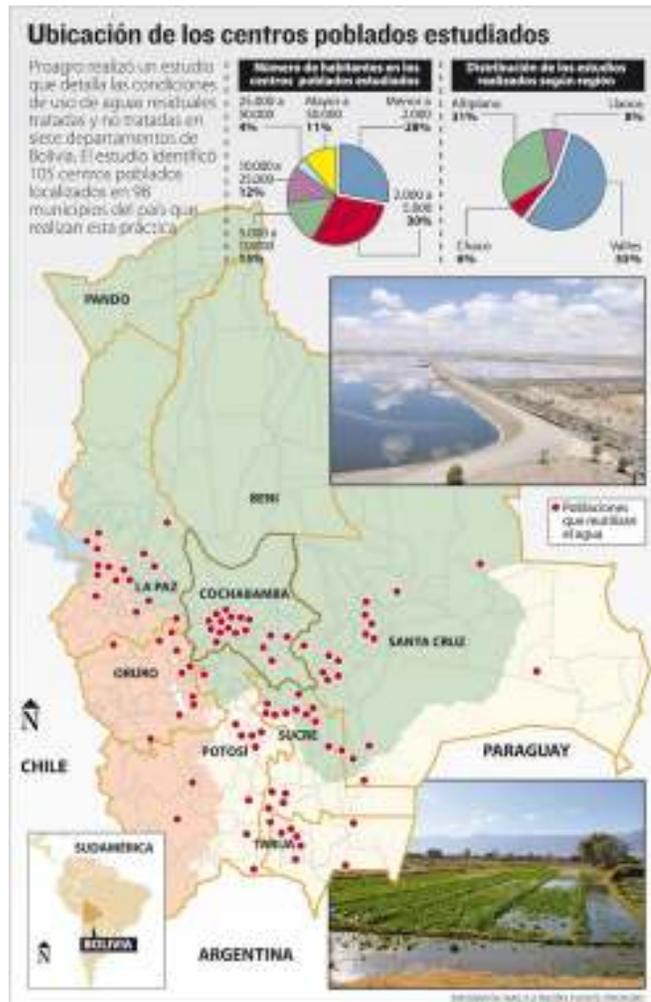
Inundaciones inesperadas



Calentamiento global  
Desertificación



Escasez de agua



# INTRODUCCION

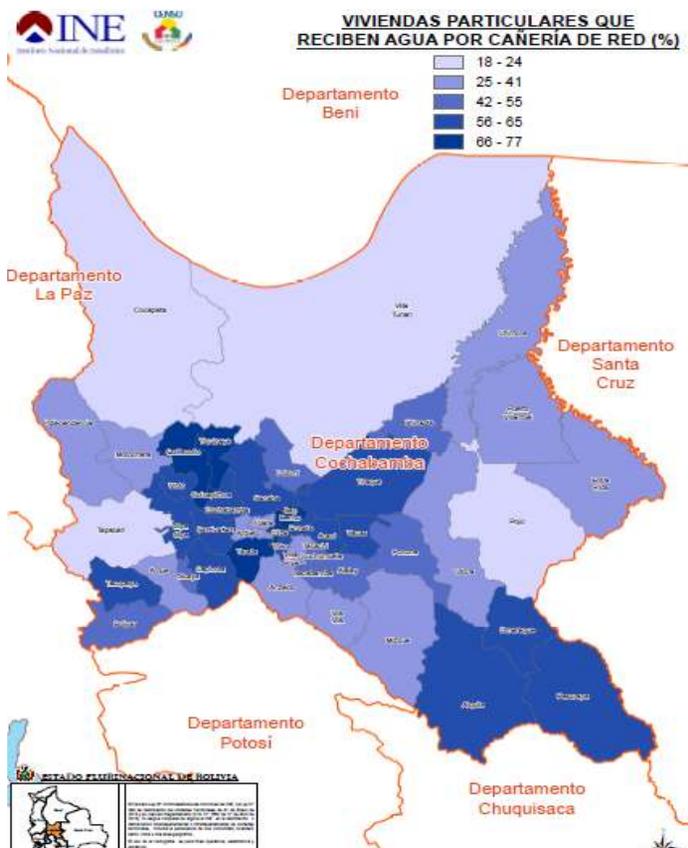
A nivel mundial: 20 millones de Hectáreas irrigadas con aguas residuales crudas, tratadas o mixtas



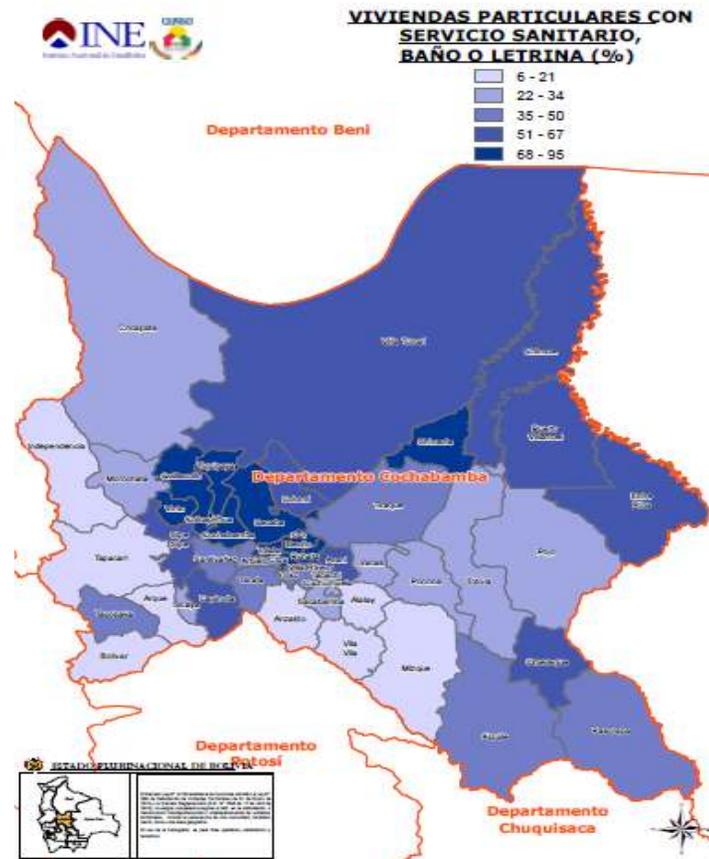
En Bolivia: 105 Centros poblados, de entre 2000-3000 Habitantes



**55% Valles**  
 31% altiplano  
 8% llanos  
 6% Chaco



**70 % Cobertura de agua**



**58 % Cobertura de saneamiento**

## Posibles impactos al medio ambiente



Contaminación de cuerpos de agua  
Eutrofización

## Riesgos asociados a la salud



# JUSTIFICACIÓN

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE  
AGENDA 2030**



Para el 2030 las descargas de aguas residuales sin tratar se reduzcan a la mitad...

**SISTEMAS  
DESCENTRALIZADOS**

EFICIENTES

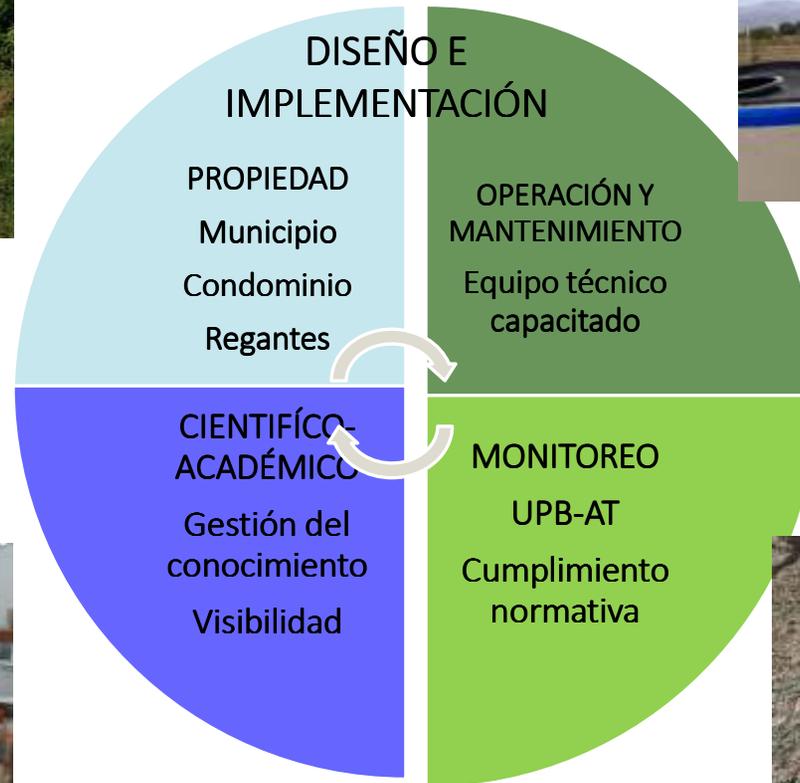


ECONÓMICAS



POTENCIAL  
PARA REUSO

# MODELO DE GESTIÓN



- Determinar el potencial de reúso que tienen los efluentes tratados con sistemas anaeróbicos combinados con biofiltros en el Valle Alto de Cochabamba.
- Evaluar el desempeño de los sistemas de tratamiento en función de las condiciones climáticas

## OBJETIVOS

## TRATAMIENTO ANAERÓBICO

- + Capacidad para alta carga orgánica (10-35 kg DQO/m<sup>3</sup>/d)
- + Producción de Biogás
- + Baja producción de lodos
- + Compactos

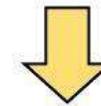
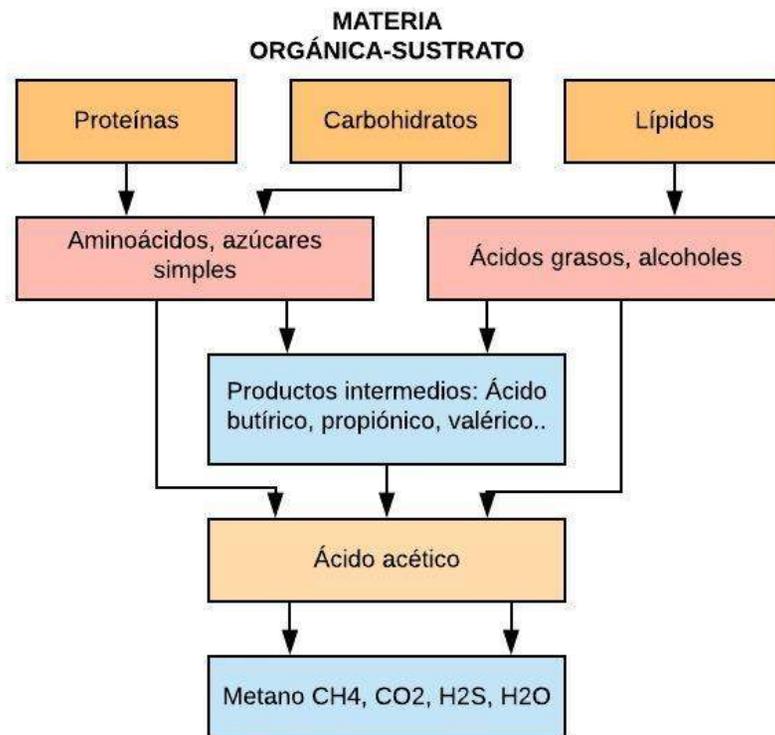
- Cinética lenta a bajas temperaturas
  - Tiempo largo de arranque
- Necesidad de un post-tratamiento
- No remueven nutrientes

## BIOFILTROS

- + Bajo requerimiento de energía
- + Altos niveles de tratamiento con poco mantenimiento

- Requieren áreas considerables
- Operación cuidadosa en un principio

## Digestión Anaerobia



HIDRÓLISIS

ACIDOGÉNESIS

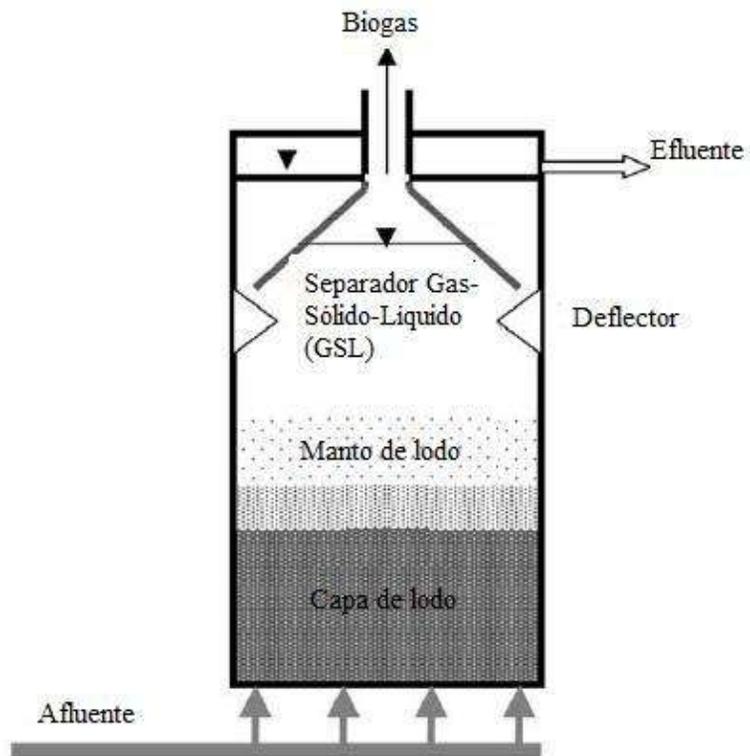
ACETOGENESIS

METANOGENESIS

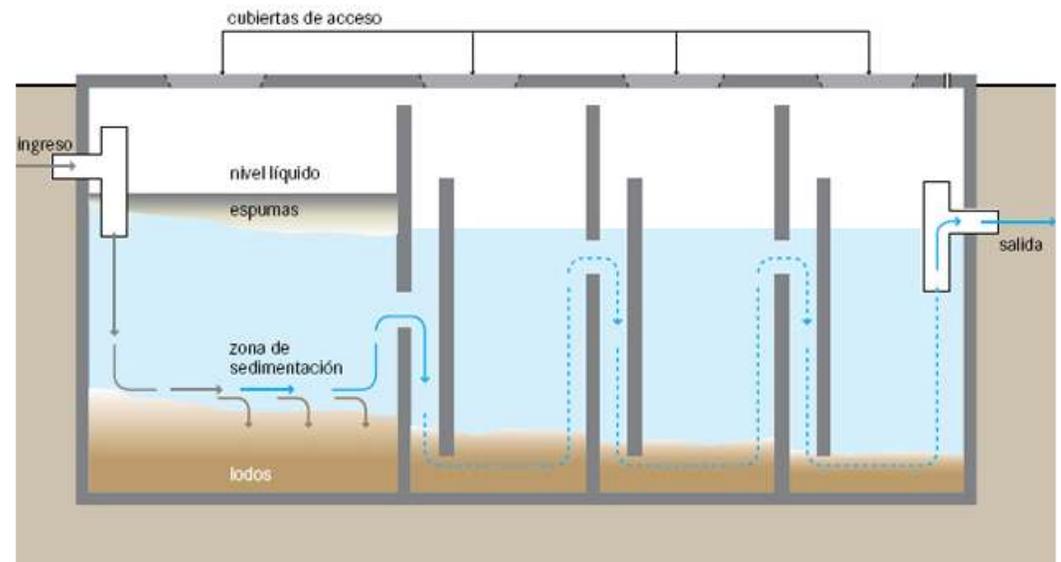
pH  
Alcalinidad  
Temperatura  
Nutrientes  
Tóxicos  
inhibidores

# TECNOLOGÍAS

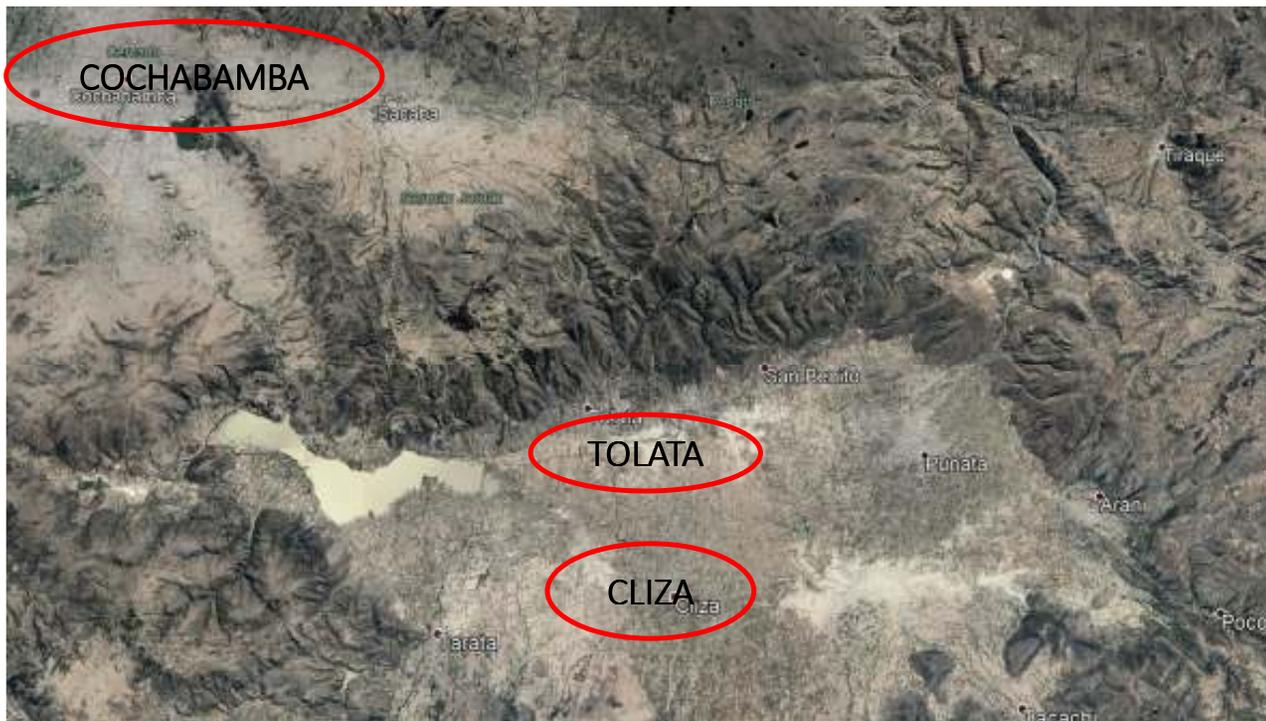
Reactor RAFA o UASB



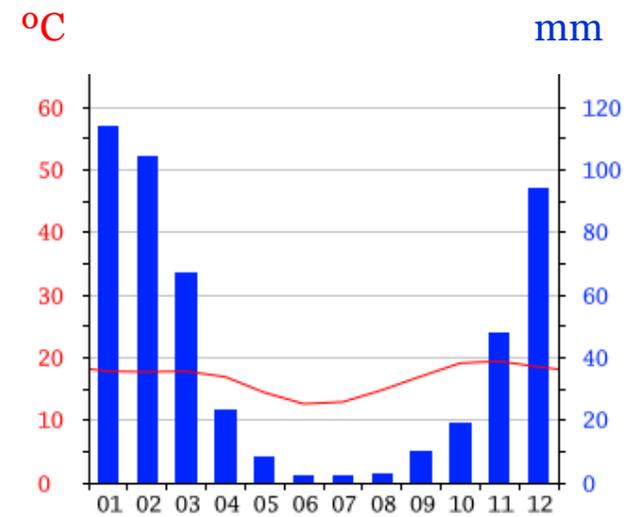
Reactor RAC o ABR

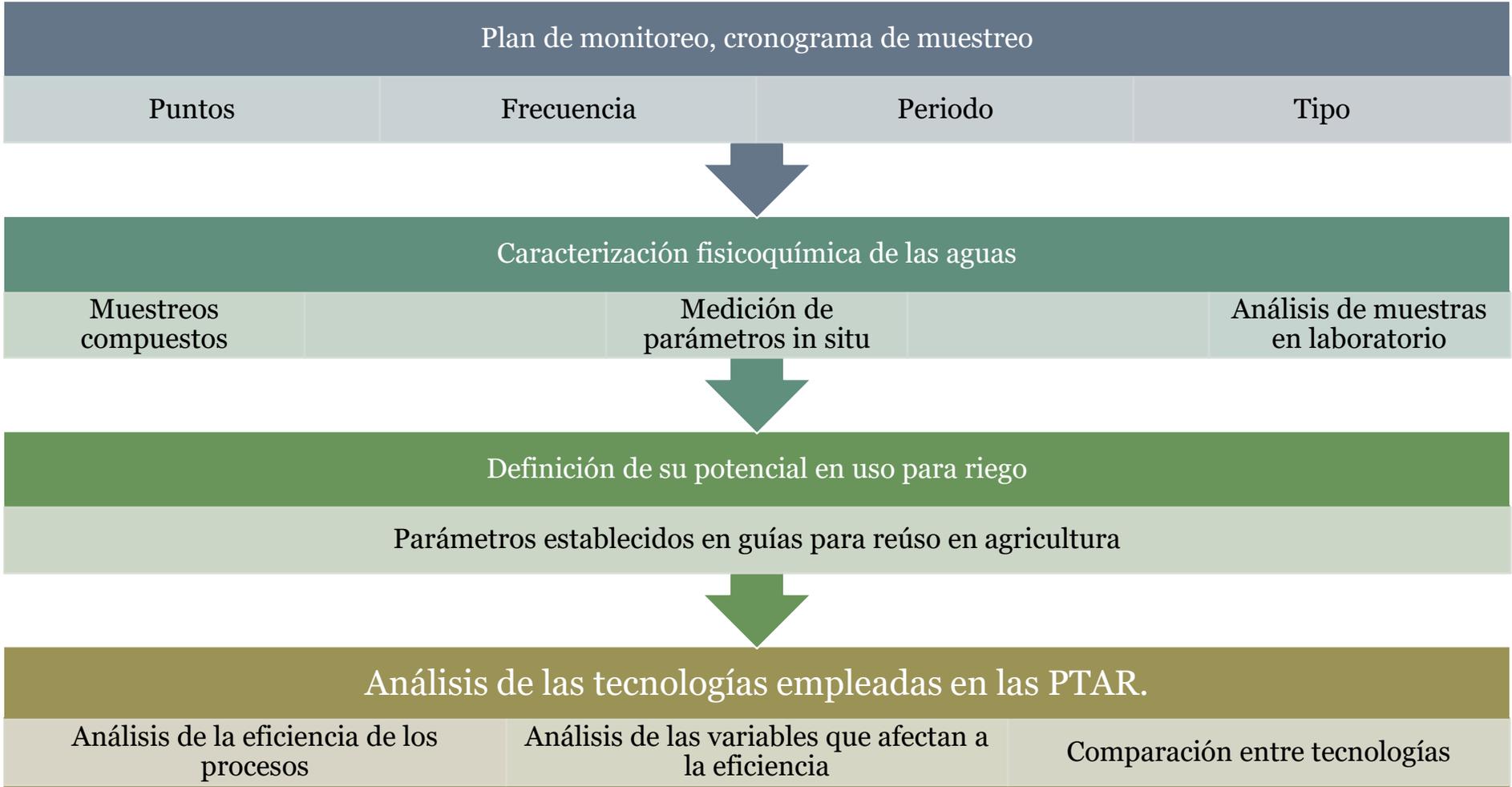


# ÁREA DE ESTUDIO



T mean: 17 °C P mean 494 mm





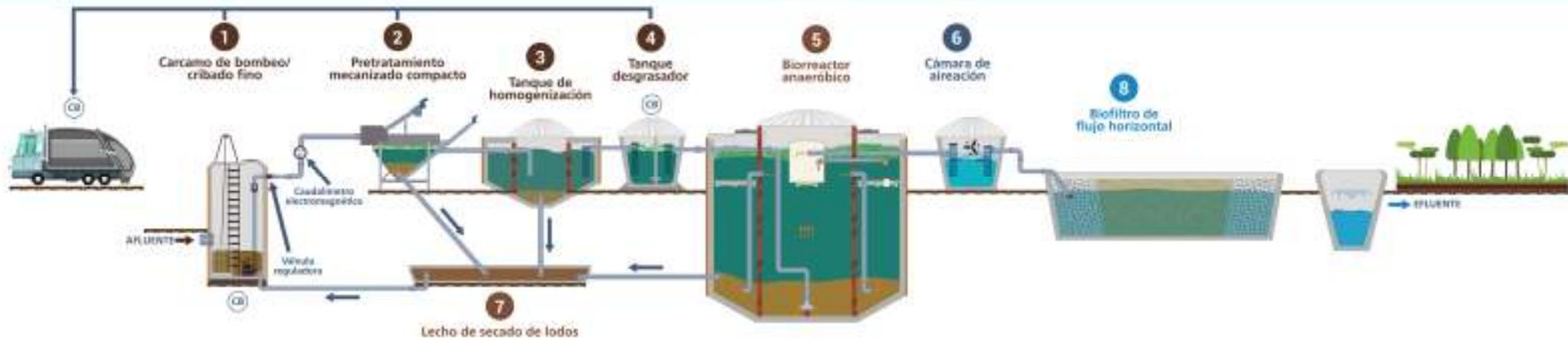


# PTAR DE CLIZA

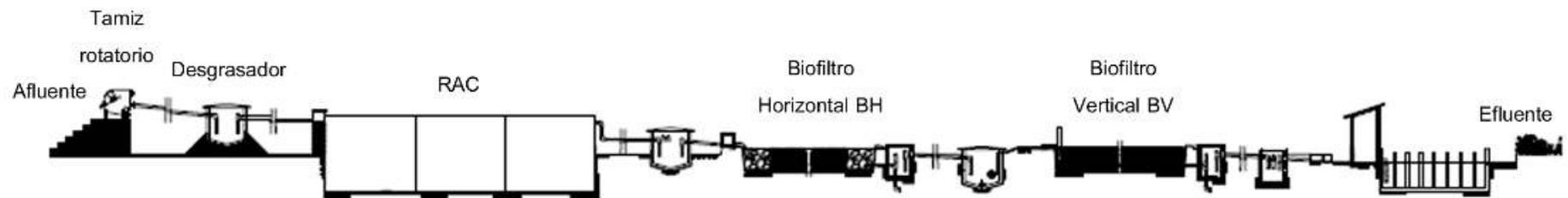


Población servida: 9635 Habitantes (1900 conexiones)

# PTAR Villa El Carmen, Cliza - Cochabamba

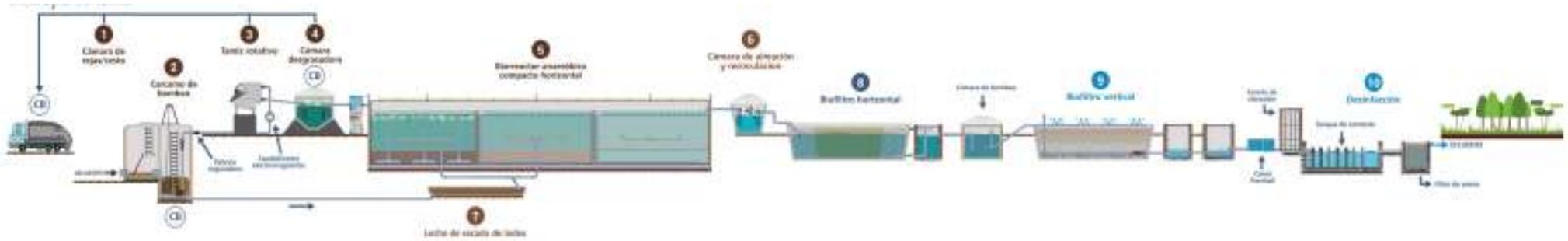


# PTAR DE TOLATA



Población servida: 2705 Habitantes (541 conexiones)

# PTAR Villa Lourdes, Tolata - Cochabamba

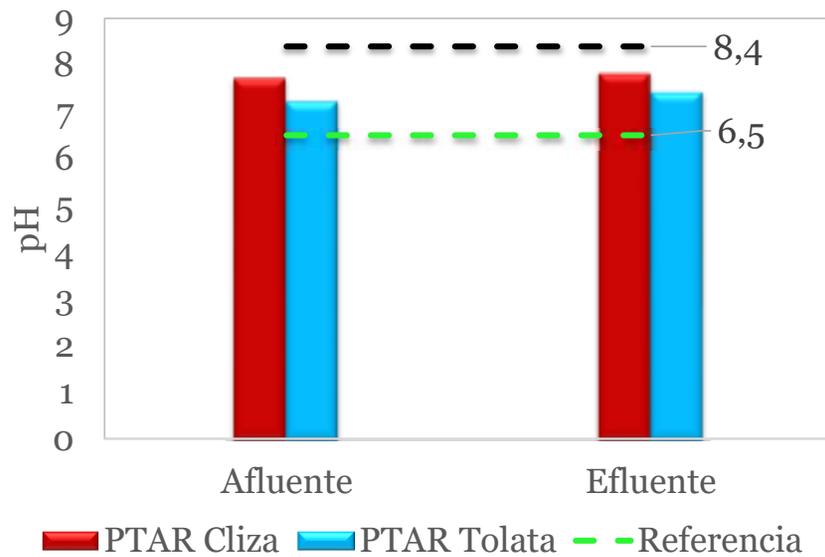


## RESULTADOS

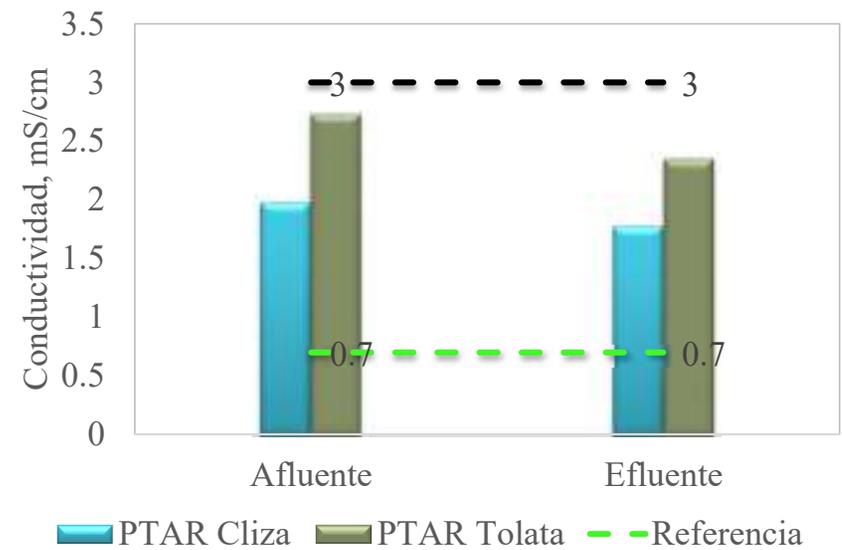
Parámetro	Unidades	PTAR Cliza n=7		PTAR Tolata n=6		Parámetros para el reúso en riego	Referencias
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente		
<b>DQO</b>	(mg/l)	1266±473	249±158	795±473	95±158	<100	Jeong et al., 2016
<b>SST</b>	(mg/l)	1010±1267	460±382	361±113	18±10	<50	Rhoades and Merril, 1976
<b>pH</b>	-	7,7±0.6	7,2±0.1	7,8±0.2	7,4±0.2	6,5-8,4	Jeong et al., 2016
<b>CE</b>	mS/cm	1,98±0.76	1,78±0.07	2,73±0.13	2,35±0.75	0,7-3,0	Ayers and Westcot, 1987
<b>Temperatura</b>	°C	24,01±3.37	22,0±0.85	21.09±2.1	20,58±2.05	-	
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	(mg/l)	93±46	79±50	66±38.9	41,7±26.5	<30 como NT	MMyA, 2013
<b>P</b>	(mg/l)	28±27	16±10	11,8±2.2	8,3±2.2	-	

Fuente: Echeverria et al. 2019

## pH

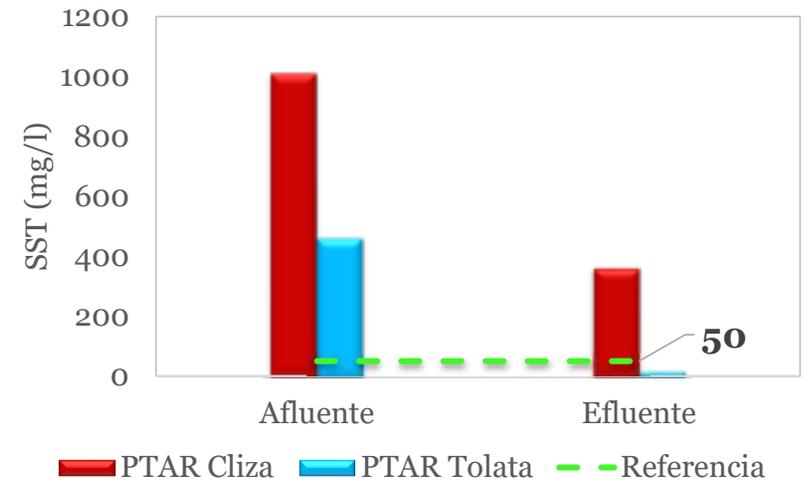


## Conductividad



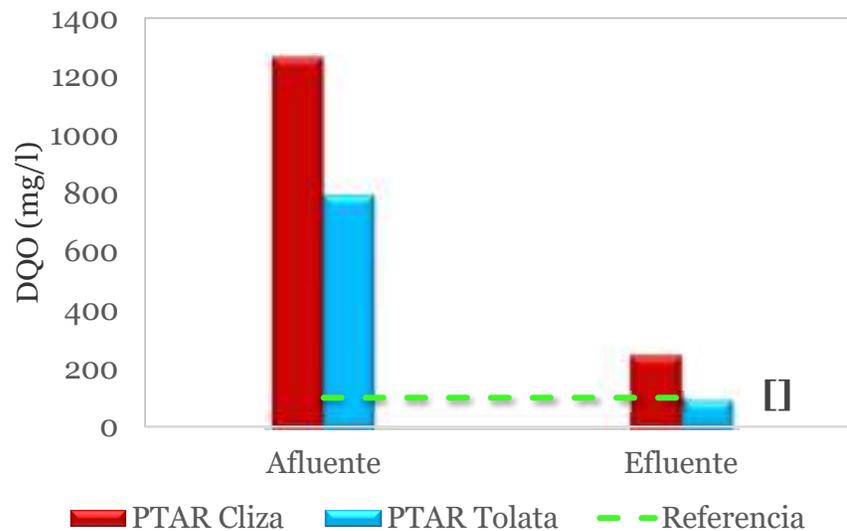
# MATERIA ORGÁNICA

## SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



- FAO: SST < 50 mg/l (sin restricción)
- US EPA: SST < 30 mg/l (cultivos de alimentos que van a ser procesados)

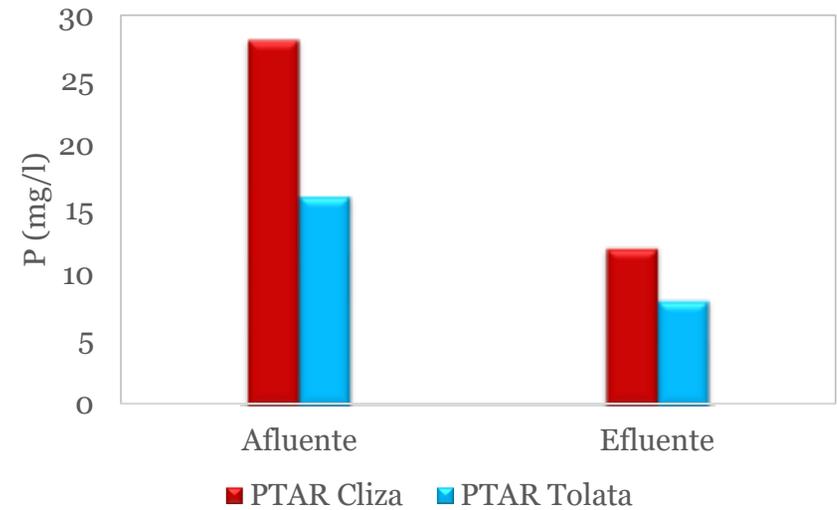
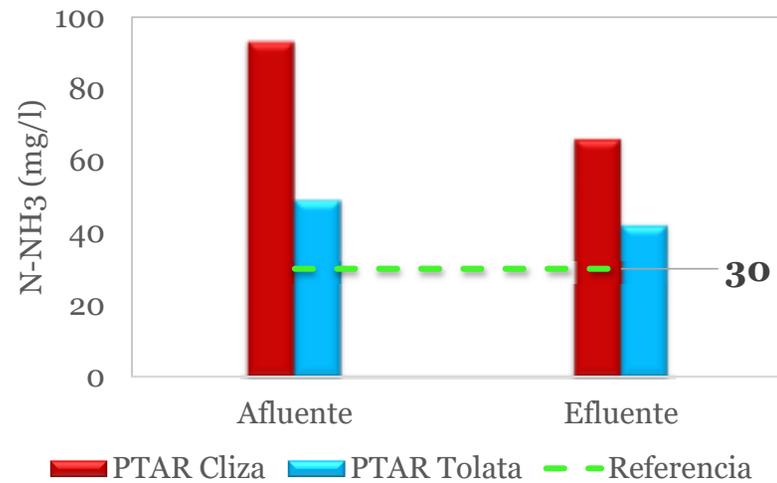
## DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO



- Italia : DQO < 100 mg O<sub>2</sub>/l
- Israel: DQO < 100 mg O<sub>2</sub>/l
- Francia: DQO < 60 mg O<sub>2</sub>/l (sin restricción)

## NUTRIENTES FÓSFORO

### NITRÓGENO AMONIAICAL

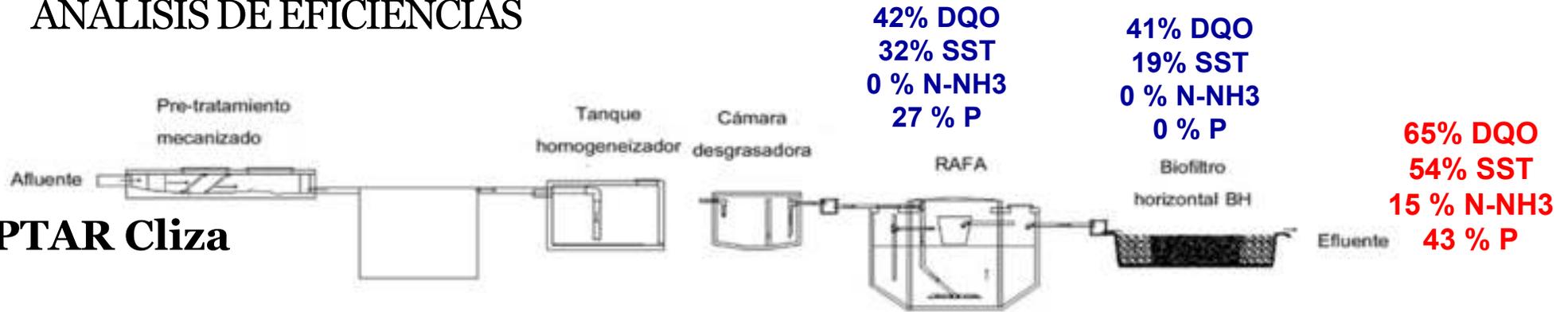


- <30 mg/l NT, Severas restricciones en el riego (MMyA, 2013)

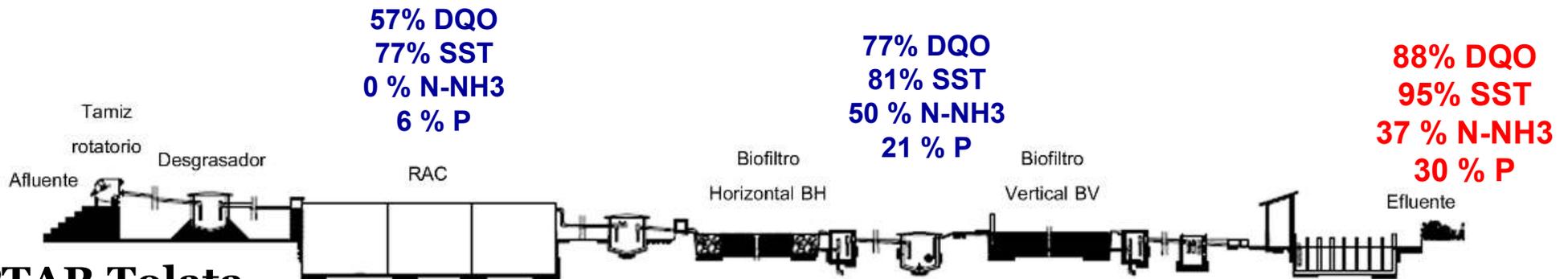
- No existen parámetros de referencia para el reúso en riego

# ANÁLISIS DE EFICIENCIAS

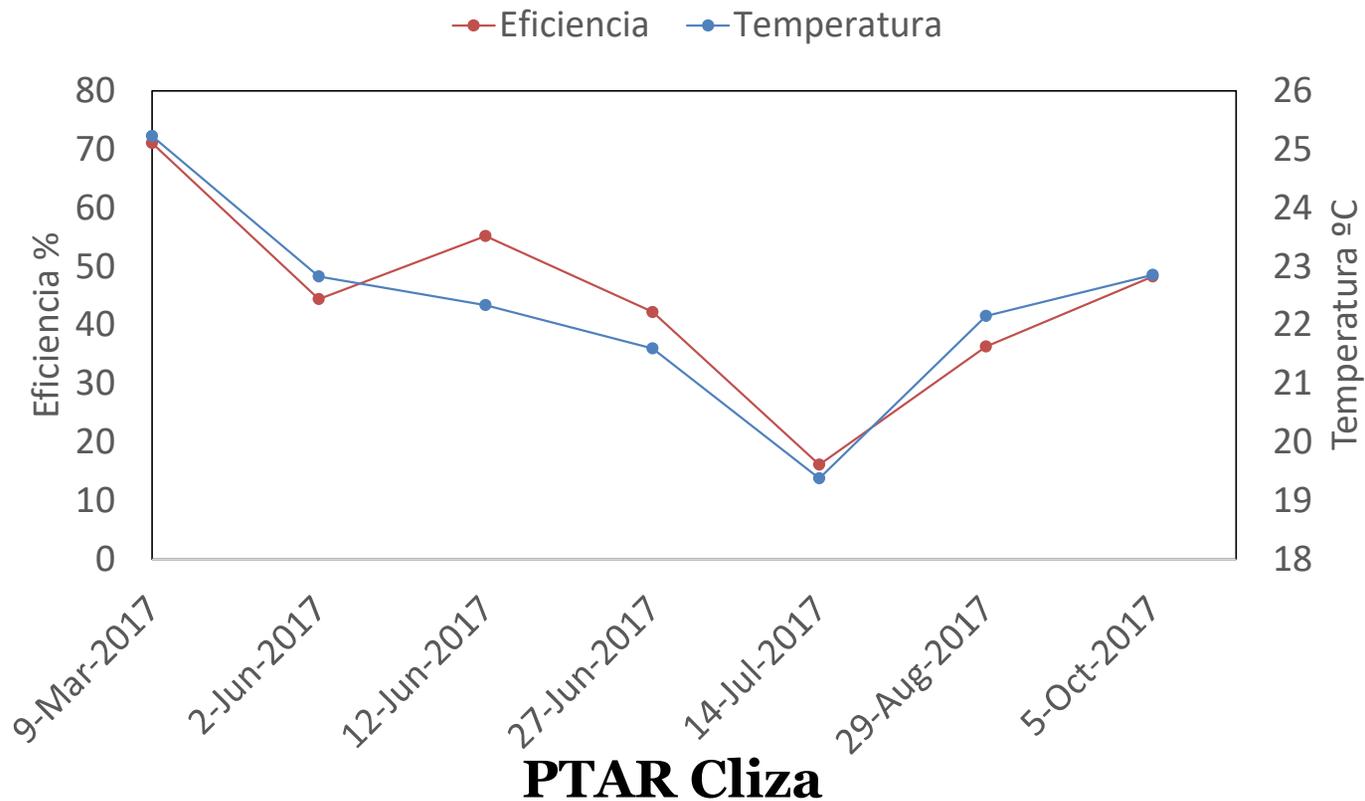
## PTAR Cliza



## PTAR Tolata

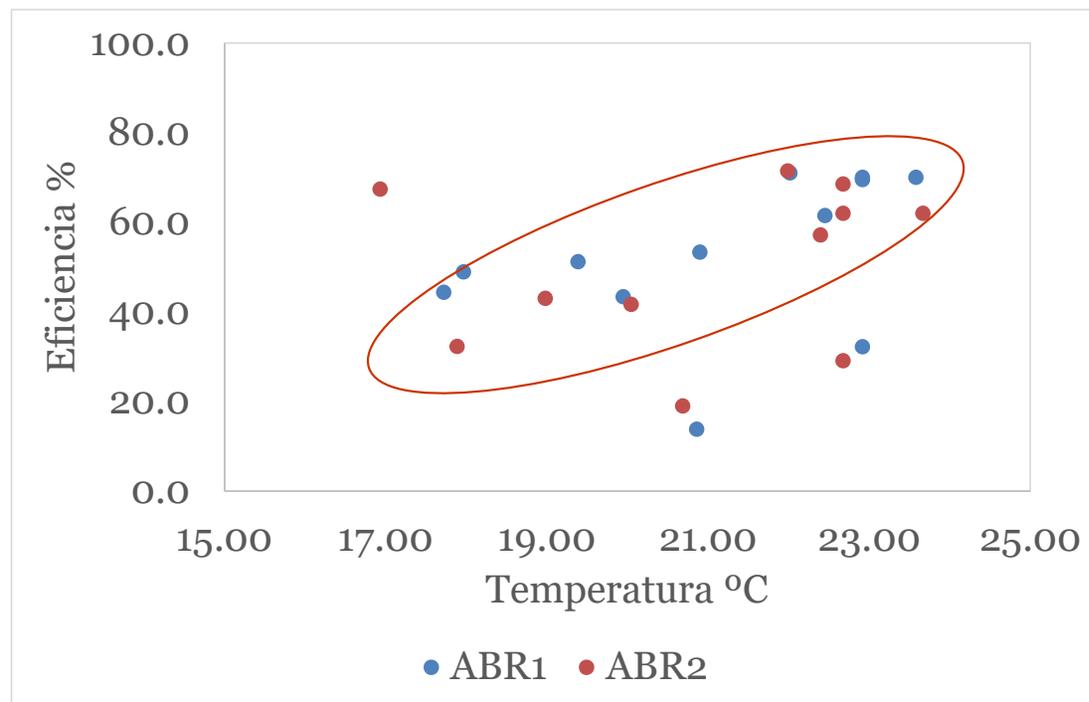


# Variación de la eficiencia en función de la temperatura



Fuente: Saavedra et al. 2019

# Variación de la eficiencia en función de la temperatura



## PTAR Tolata

Fuente: Echeverria et al. 2019

# Contactador Biológico Rotatorio



## CONCLUSIONES

- ✓ Las eficiencias alcanzadas en las PTAR de Cliza y Tolata fueron: 65% y 88% de DQO total; 54% y 95 % de SST respectivamente. PTAR Tolata mostro ser mas eficiente.
- ✓ Los biofiltros de flujo vertical en PTAR Tolata favorecen a la remoción parcial de solidos suspendidos.
- ✓ Se ha encontrado que la **eficiencia** de los reactores **anaeróbicos** está relacionada con los incrementos estacionales de **temperatura** . Con 17 C se han encontrado eficiencias atractivas.
- ✓ El análisis de **eficiencia** de las **PTAR** de Cliza y Tolata muestra que bajo las condiciones del estudio en contextos similares, los **RAC** resultan **más eficientes** que los reactores **RAFA**.

## CONCLUSIONES

- ✓ Los valores de pH, conductividad, DQO, SST, N-NH<sub>3</sub> encontrados en los efluentes de las PTAR de Cliza y Tolata indican que el agua tratada tiene el potencial de **ser utilizada en riego** con algunas restricciones en la **elección de cultivos**, favoreciendo aquellos que tienen una **tolerancia moderada a la salinidad** y no se consumen sin procesar.
- ✓ El **modelo de gestión de las PTARs Cliza y Tolata** garantizan el funcionamiento apropiado de los sistemas de tratamiento .

## RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un plan o **estrategia de riego** que, disminuya el riesgo asociado a la **calidad microbiológica** de las aguas, y la afectación a los suelos y al cultivo.
- ✓ Es necesario establecer **estándares de calidad** del agua para la práctica segura y sostenible de la reutilización de aguas residuales en la agricultura y descargas al **medio ambiente**.



**POTENCIAL DE REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS MEDIANTE SISTEMAS ANAEROBIOS COMBINADOS CON BIOFILTROS EN EL VALLE ALTO DE COCHABAMBA (2019)**

Ivette Echeverría, Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Gustavo Heredia, Renato Montoya, *Revista del MMAyA: Bolivia, agua y medio ambiente - Volumen 4*, pag. 19-22. Agosto 2019.

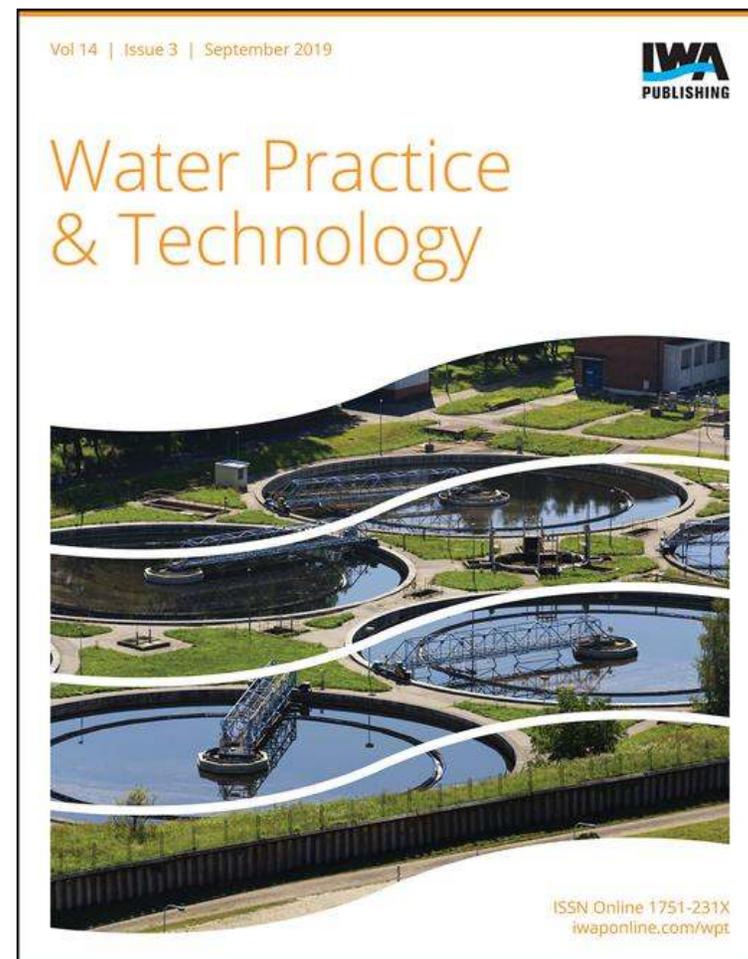
**EVALUATION OF A DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT AT AN INTERMEDIATE CITY IN COCHABAMBA, BOLIVIA (2019)**

Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Gustavo Heredia, Renato Montoya, Ivette Echeverría, Adriana Villarroel & Leo Lorenz Brito, *Water Practice and Technology*, Vol. 14 (4), pp. 908-920, <https://doi.org/10.2166/wpt.2019.071>

**DOMESTIC WASTEWATER TREATED WITH AN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR FOLLOWED BY GRAVEL FILTERS AS A POTENTIAL TO BE USED IN AGRICULTURE AREA IN TOLATA, BOLIVIA (2019)**

Ivette Echeverría, Laura Machicado, Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Gustavo Heredia, Renato Montoya, *Investigación & Desarrollo*, Vol. 19, No. 1: 63 – 72, DOI: 10.23881/idupbo.019.1-4i <http://www.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/view/189/480>

## Publicaciones



## Publicaciones

### *EVALUACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN UNA CIUDAD INTERMEDIA DE BOLIVIA (2018)*

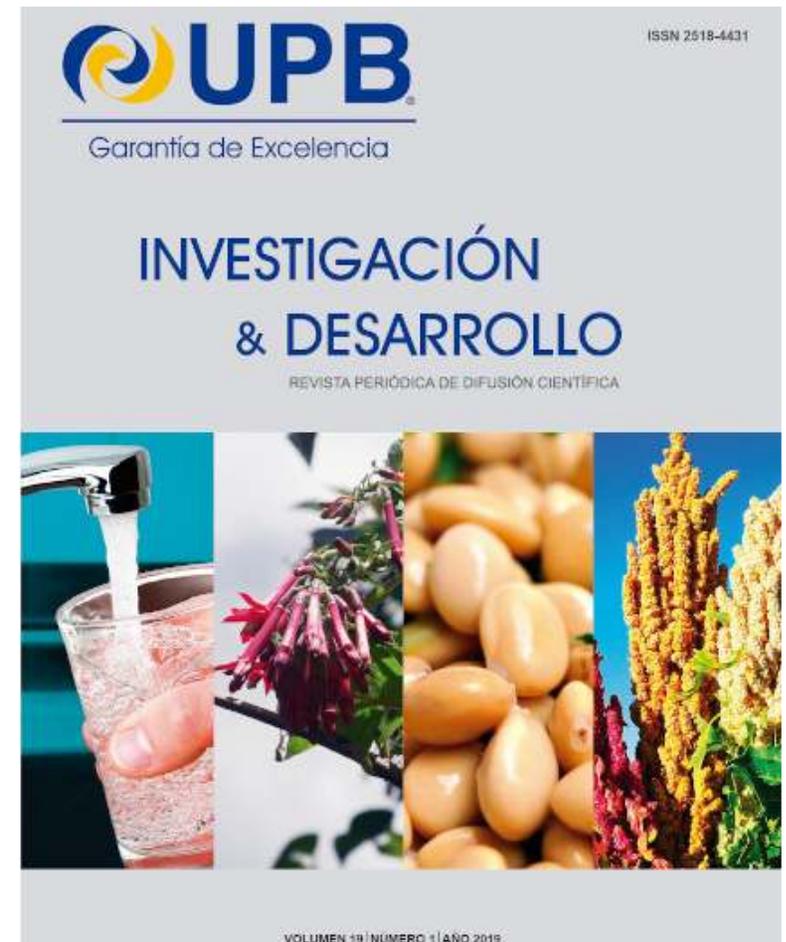
Saavedra Oliver, Escalera Ramiro, Villarroel Adriana, Heredia Gustavo y Montoya Renato Gandarillas Vanessa, Brito Leo Lorenz, Memorias del XXXVI *Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Guayaquil, Ecuador, 28-31 octubre, pag. 611-614

### **REVISIÓN DE LAS EXPERIENCIAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE REACTORES UASB EN COCHABAMBA-BOLIVIA COMPARADAS CON LAS DE LATINOAMÉRICA, INDIA Y EUROPA (2017)**

*EXPERIENCES REVIEW IN DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT THROUGH UASB REACTORS IN COCHABAMBA-BOLIVIA COMPARED TO LATIN AMERICA, INDIA AND EUROPE*

Vanessa Gandarillas R., Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Renato Montoya

*Investigación & Desarrollo*, No. 17, Vol. 1, pág. 83 – 98, 2017



# ¡MUCHAS GRACIAS!

