

# EFICIENCIA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DESCENTRALIZADOS EN EL VALLE ALTO DE COCHABAMBA



Ivette Echeverria Rojas

Oliver Saavedra Valeriano

Ramiro Escalera Vásquez

Gustavo Heredia Deiters

Renato Montoya Prada

Universidad Privada Boliviana

Fundación AGUATUYA



# INTRODUCCION

Limitada disponibilidad para el consumo



Inundaciones inesperadas



Calentamiento global  
Desertificación

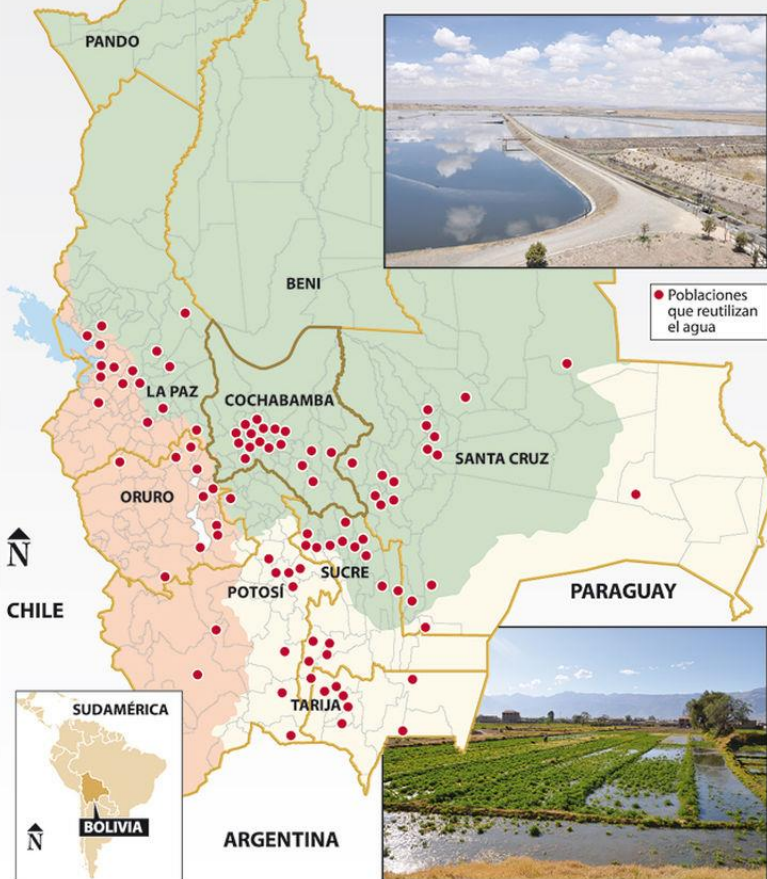
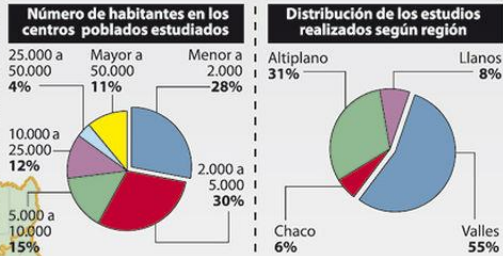


Escasez de agua



## Ubicación de los centros poblados estudiados

Proagro realizó un estudio que detalla las condiciones de uso de aguas residuales tratadas y no tratadas en siete departamentos de Bolivia. El estudio identificó 105 centros poblados localizados en 98 municipios del país que realizan esta práctica.



INFOGRAFÍA: FMG/LA RAZÓN. FUENTE: PROAGRO

# INTRODUCCION

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

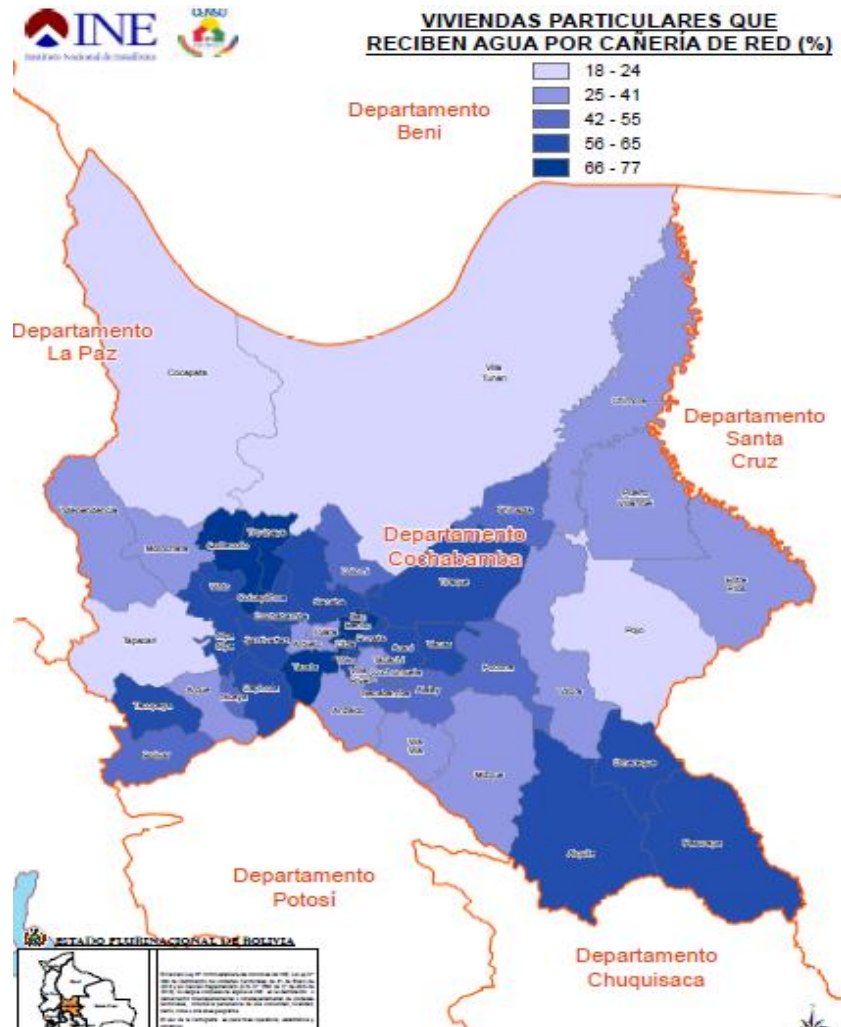


En Bolivia: 105 Centros poblados, de entre 2000-3000 Habitantes

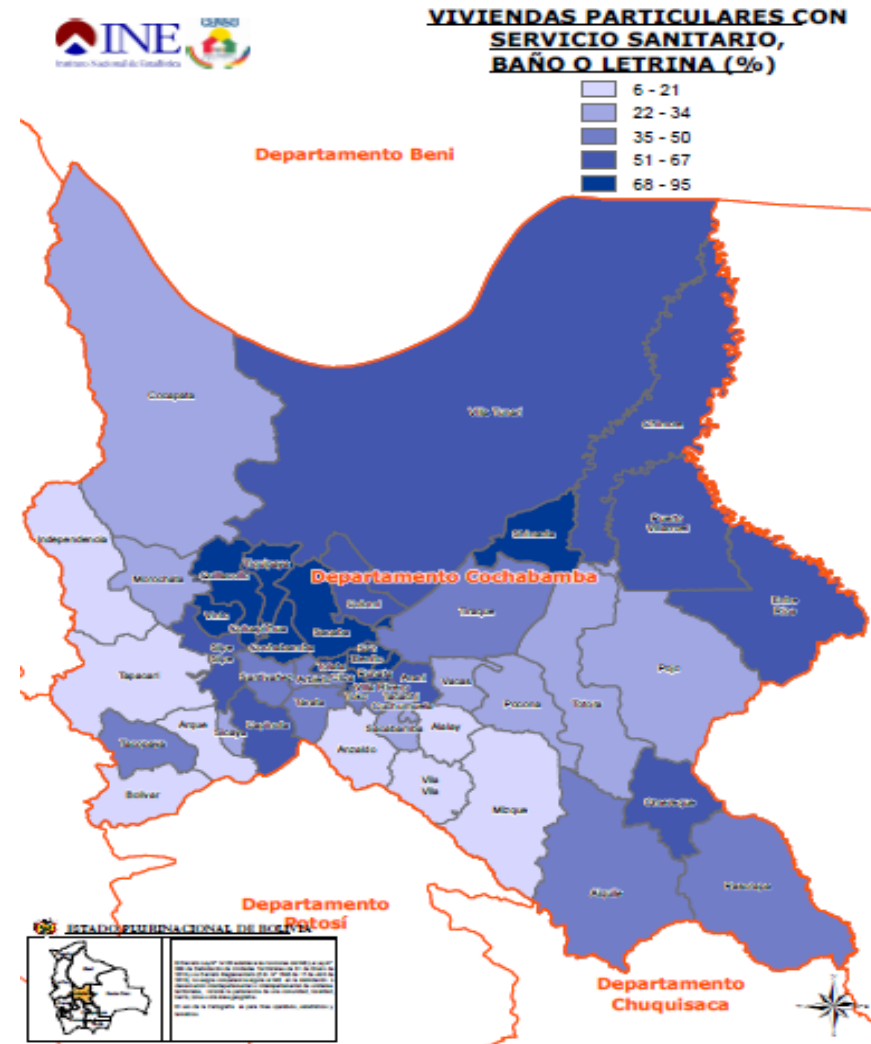


**55% Valles**  
31% altiplano  
8% llanos  
6% Chaco





## 70 % Cobertura de agua



## 58 % Cobertura de saneamiento

## Posibles impactos al medio ambiente



Contaminación de cuerpos de agua  
Eutrofización

## Riesgos asociados a la salud



CIENCIAUNAM  
DGDC

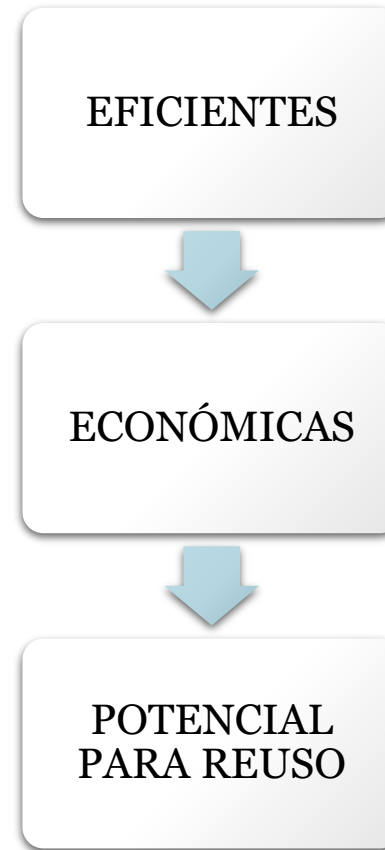
# JUSTIFICACIÓN

## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE AGENDA 2030



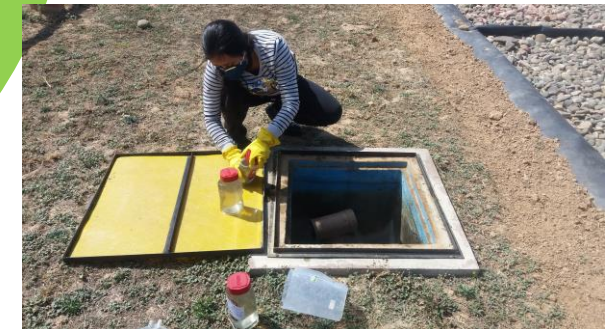
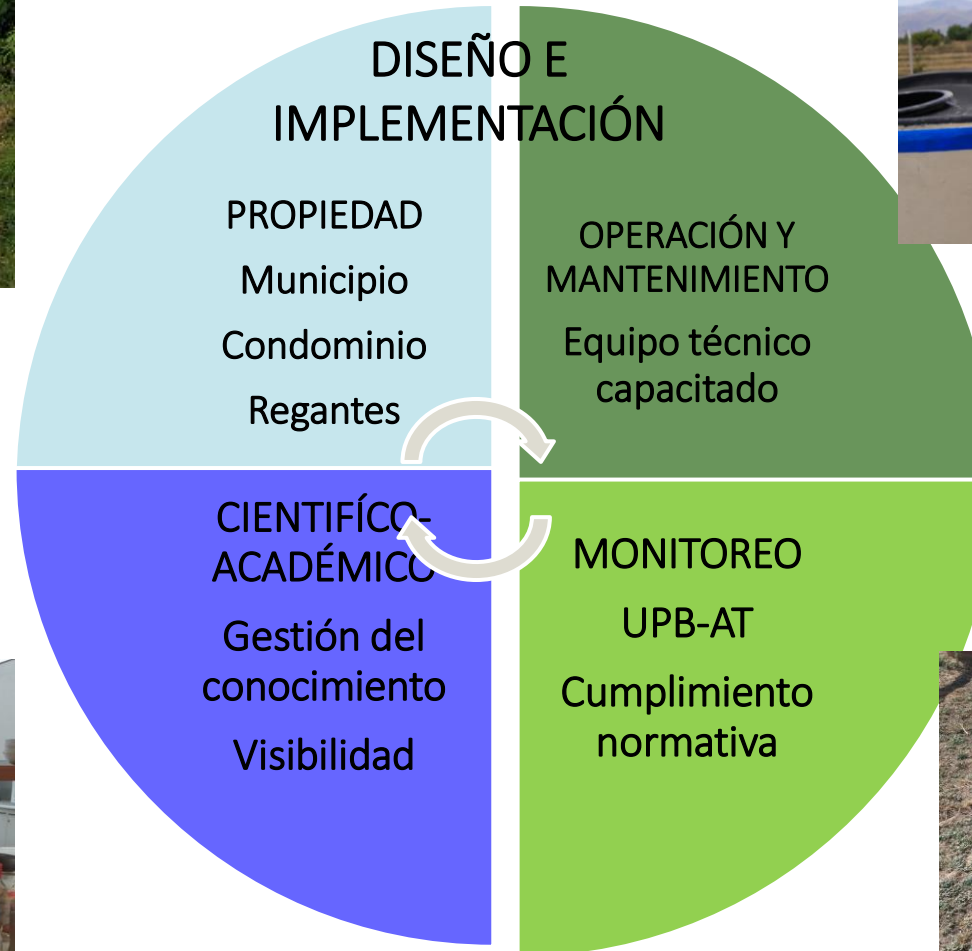
Para el 2030 las descargas de aguas residuales sin tratar se reduzcan a la mitad...

## SISTEMAS DESCENTRALIZADOS





# MODELO DE GESTIÓN



Evaluar la eficiencia de plantas de  
tratamiento de aguas residuales del  
del Valle Alto de Cochabamba

**OBJETIVO**



## TRATAMIENTO ANAERÓBICO

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

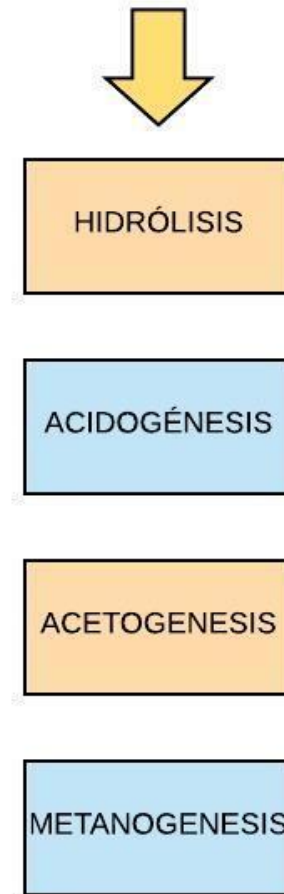
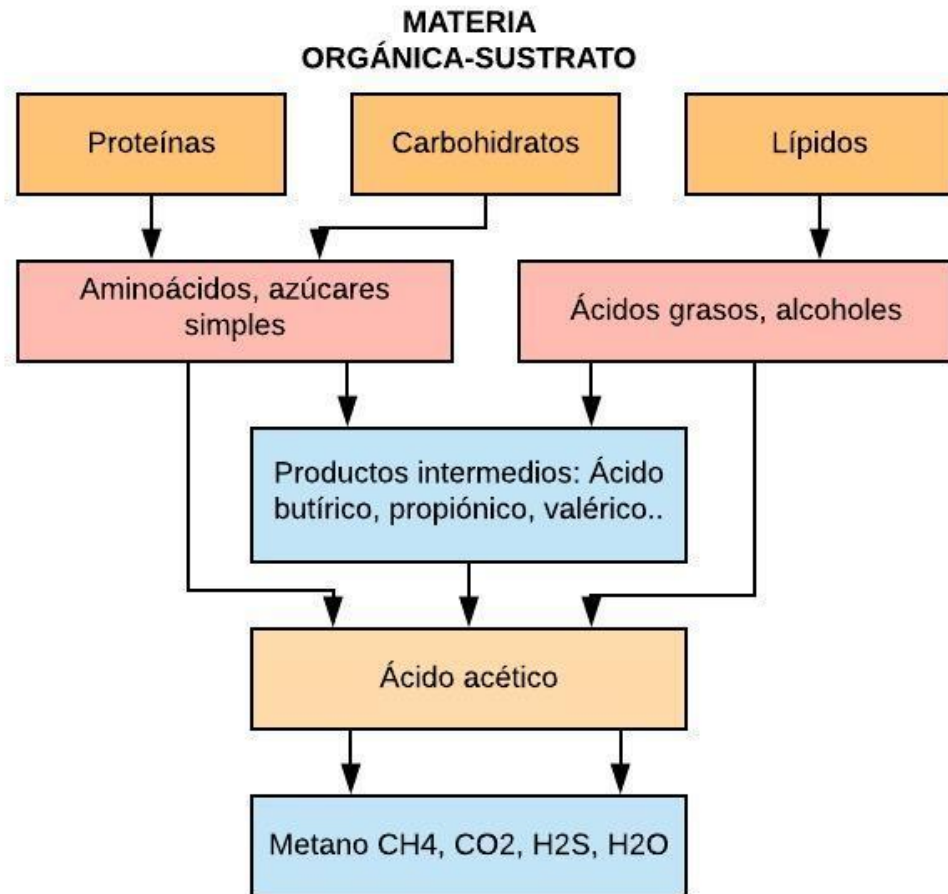
- Cinética lenta a bajas temperaturas
  - Tiempo largo de arranque
- Necesidad de un post-tratamiento
- No remueven nutrientes

## BIOFILTROS

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

- Requieren áreas considerables
- Operación cuidadosa en un principio

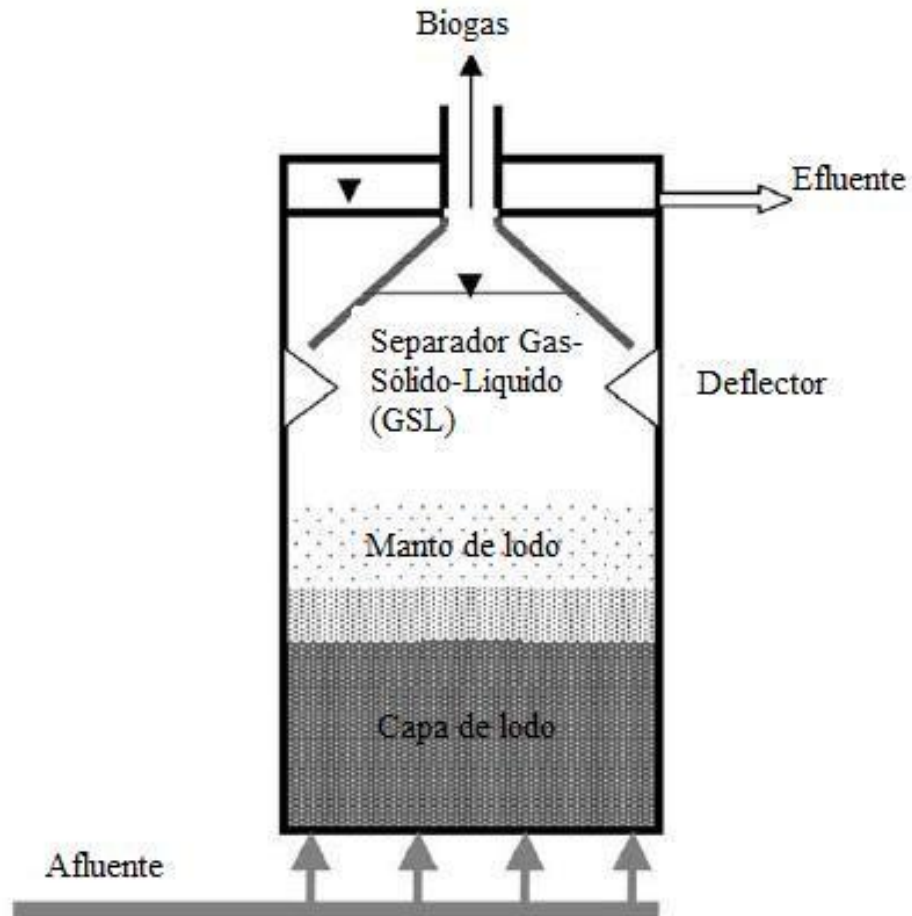
# Digestión Anaerobia



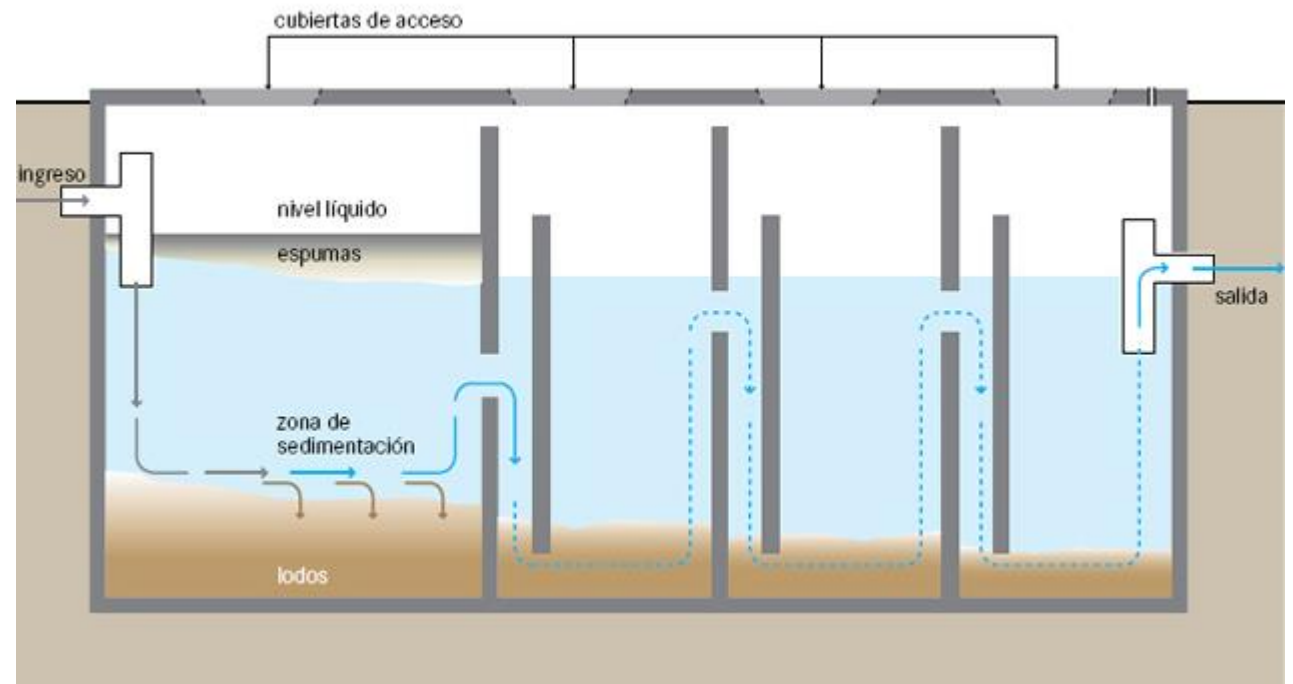
pH  
Alcalinidad  
Temperatura  
Nutrientes  
Tóxicos  
inhibidores

# TECNOLOGÍAS

## Reactor RAFA o UASB

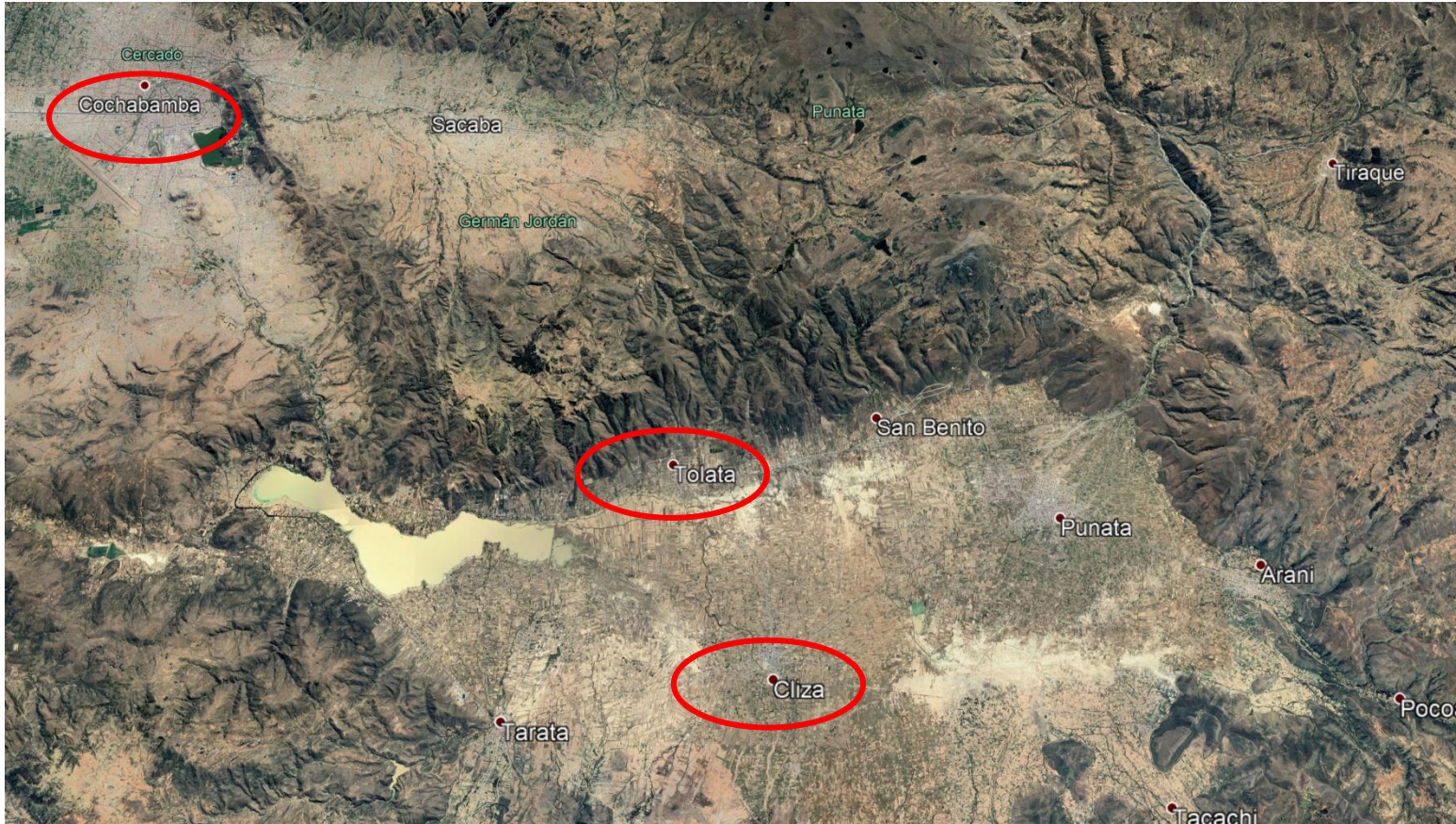


## Reactor RAC o ABR

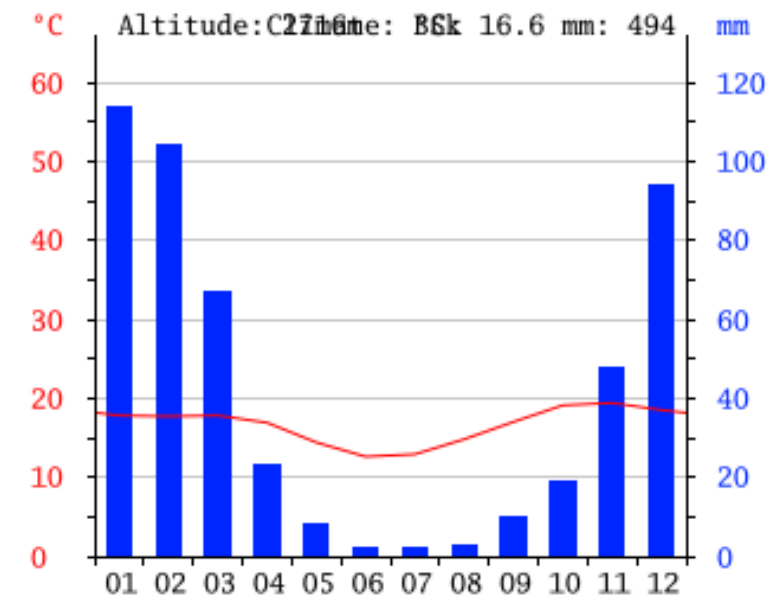




# ÁREA DE ESTUDIO



PTARs de Cliza y Tolata  
T media: 17 °C  
Precipitación anual: 600 mm



| Plan de monitoreo, cronograma de muestreo |            |         |      |
|-------------------------------------------|------------|---------|------|
| Puntos                                    | Frecuencia | Periodo | Tipo |



| Caracterización fisicoquímica de las aguas |  |                                |                                     |
|--------------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| Muestreos compuestos                       |  | Medición de parámetros in situ | Análisis de muestras en laboratorio |



| Definición de su potencial en uso para riego               |  |
|------------------------------------------------------------|--|
| Parámetros establecidos en guías para reúso en agricultura |  |



| Análisis de las tecnologías empleadas en las PTAR. |                                                       |                               |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Análisis de la eficiencia de los procesos          | Análisis de las variables que afectan a la eficiencia | Comparación entre tecnologías |



# Monitoreos puntual y compuesto



Aforo de caudales



Toma de muestras



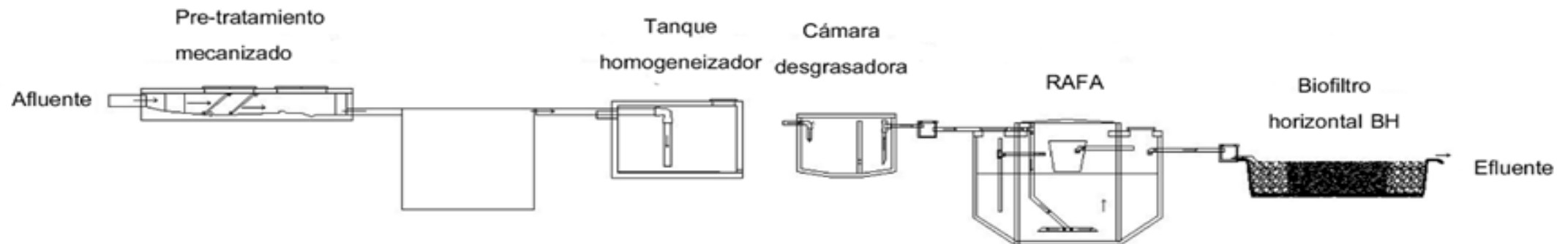
Medición de parámetros in situ

# Análisis de muestras en laboratorio





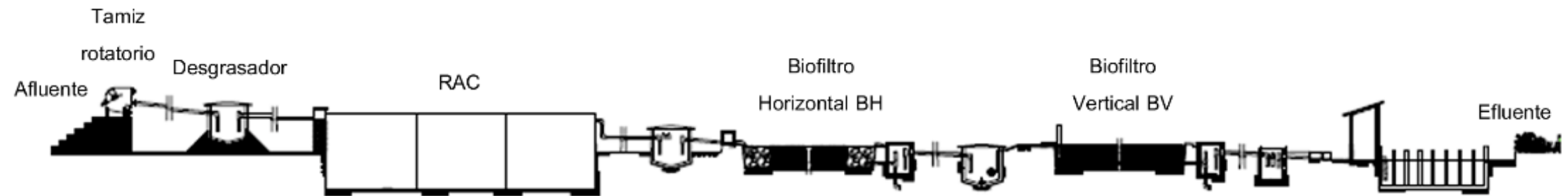
# PTAR DE CLIZA



Población servida: 9635 Habitantes (1900 conexiones)



# PTAR DE TOLATA



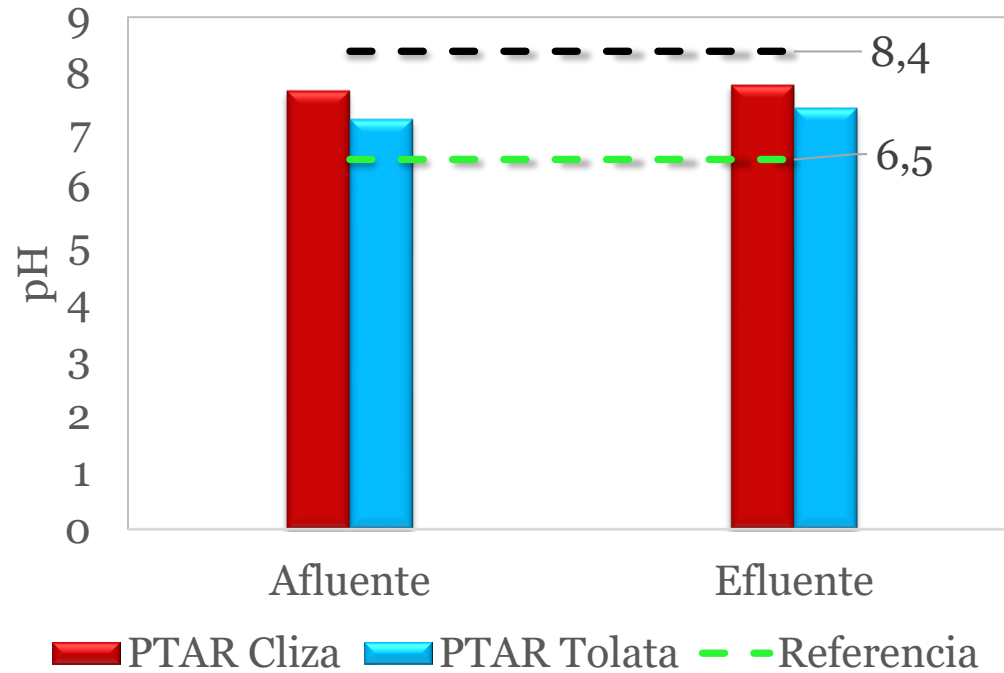
Población servida: 2705 Habitantes (541 conexiones)

# RESULTADOS

|                   |          | PTAR Cliza<br>n=7 |           | PTAR Tolata<br>n=6 |                | Parámetros<br>para el reúso<br>en riego | Referencias                 |
|-------------------|----------|-------------------|-----------|--------------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| Parámetro         | Unidades | Afluente          | Efluente  | Afluente           | Efluente       |                                         |                             |
| DQO               | (mg/l)   | 1266±473          | 249±158   | 795±473            | 95±158         | <100                                    | Jeong et al.,<br>2016       |
| SST               | (mg/l)   | 1010±126<br>7     | 460±382   | 361±113            | 18±10          | <50                                     | Rhoades and<br>Merril, 1976 |
| pH                | -        | 7,7±0.6           | 7,2±0.1   | 7,8±0.2            | 7,4±0.2        | 6,5-8,4                                 | Jeong et al.,<br>2016       |
| CE                | mS/cm    | 1,98±0.76         | 1,78±0.07 | 2,73±0.13          | 2,35±0.75      | 0,7-3,0                                 | Ayers and<br>Westcot, 1987  |
| Temperatura       | °C       | 24,01±3.3<br>7    | 22,0±0.85 | 21.09±2.1          | 20,58±2.0<br>5 | -                                       |                             |
| N-NH <sub>3</sub> | (mg/l)   | 93±46             | 79±50     | 66±38.9            | 41,7±26.5      | <30 como NT                             | MMyA, 2013                  |
| P                 | (mg/l)   | 28±27             | 16±10     | 11,8±2.2           | 8,3±2.2        | -                                       |                             |

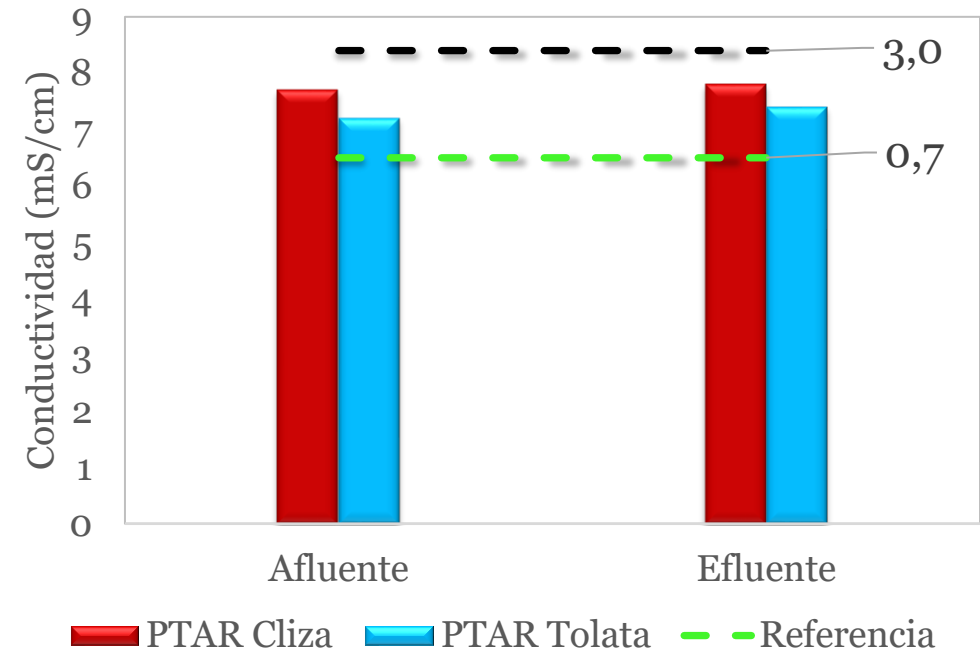


## pH



6,5-8,4

## Conductividad

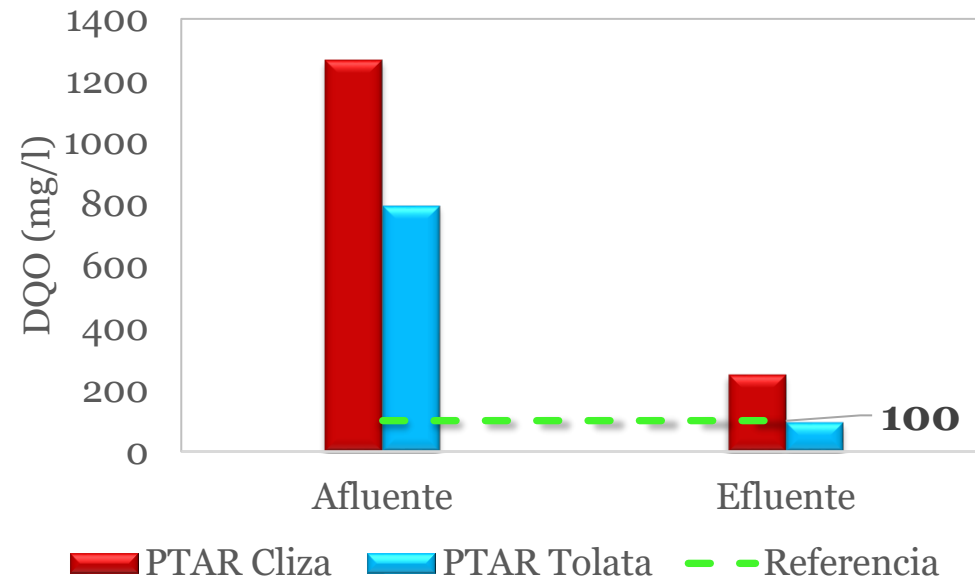


0,7-3,0 mS/cm

Moderada tolerancia a la salinidad

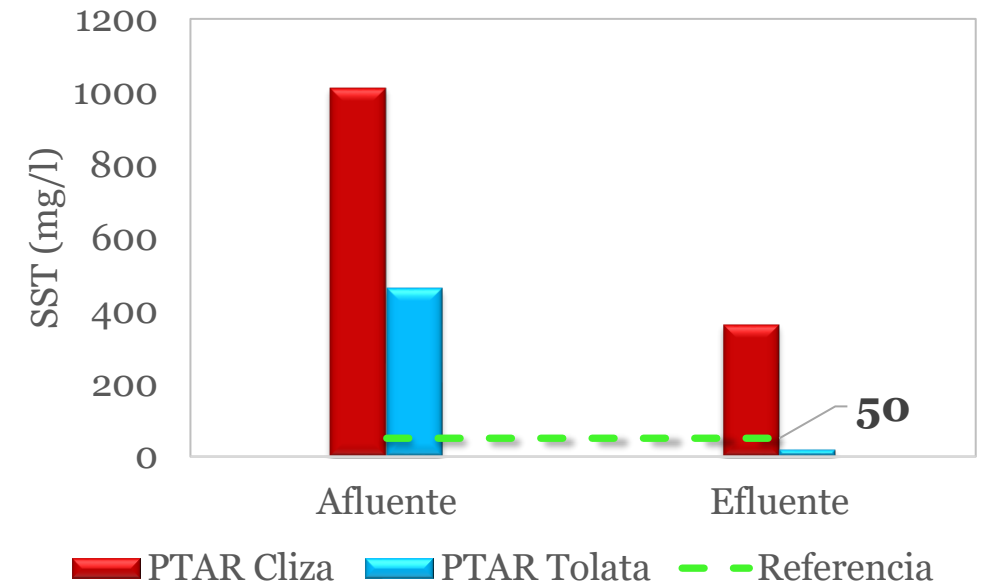
# MATERIA ORGÁNICA

## 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)

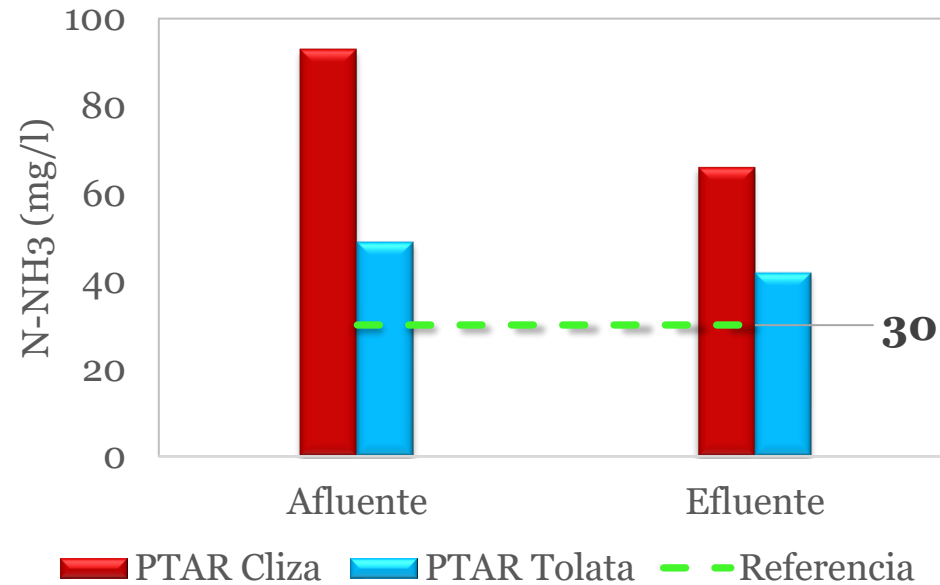
## SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



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

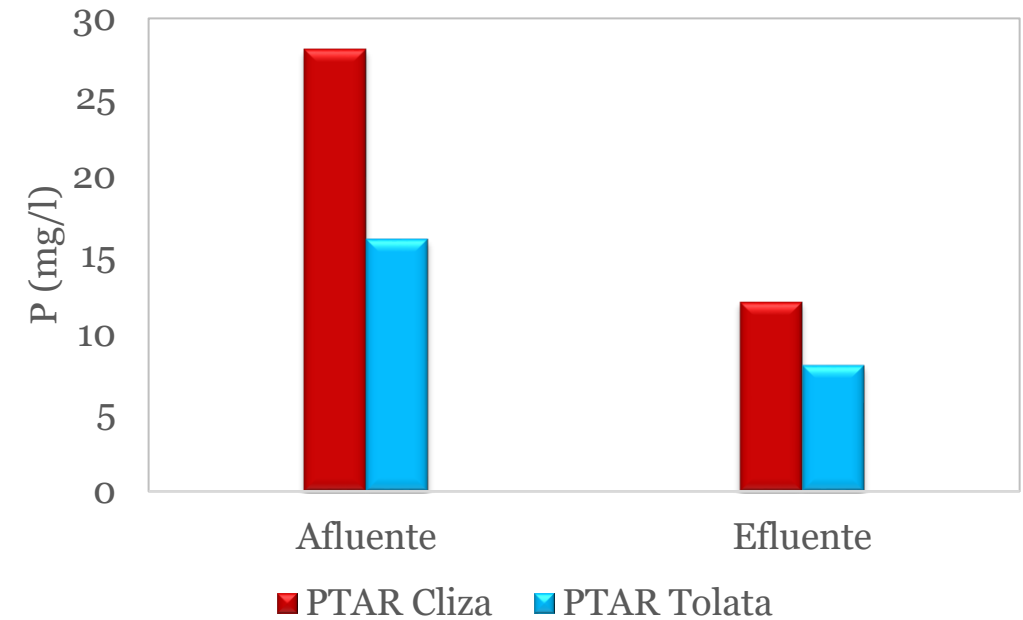
# NUTRIENTES

## NITRÓGENO AMONIAICAL



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

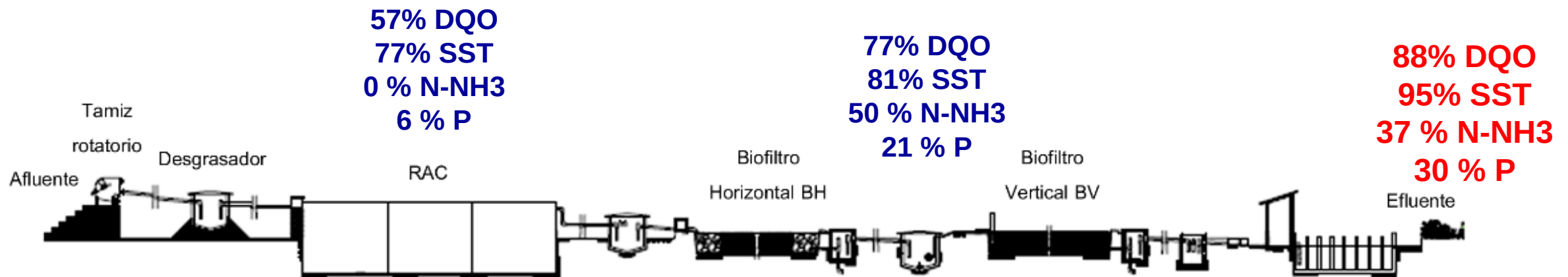
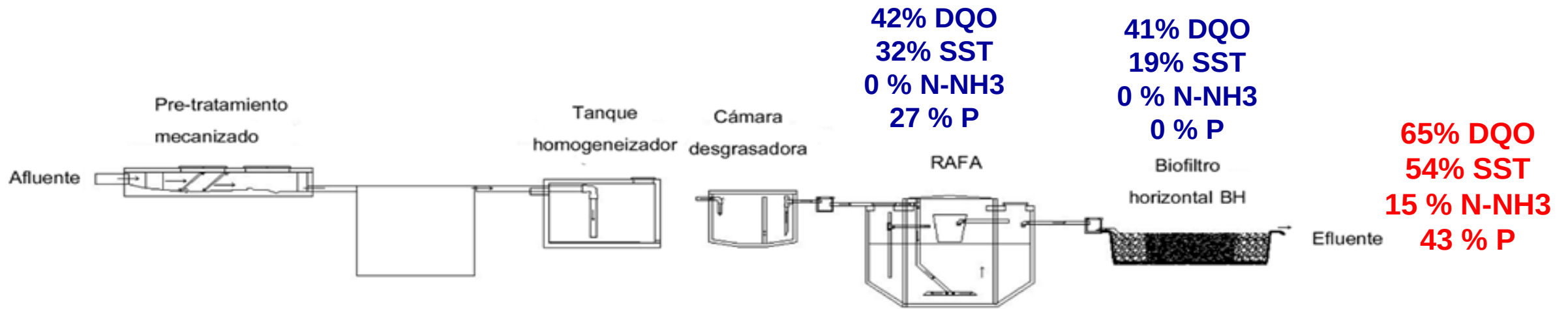
## FÓSFORO



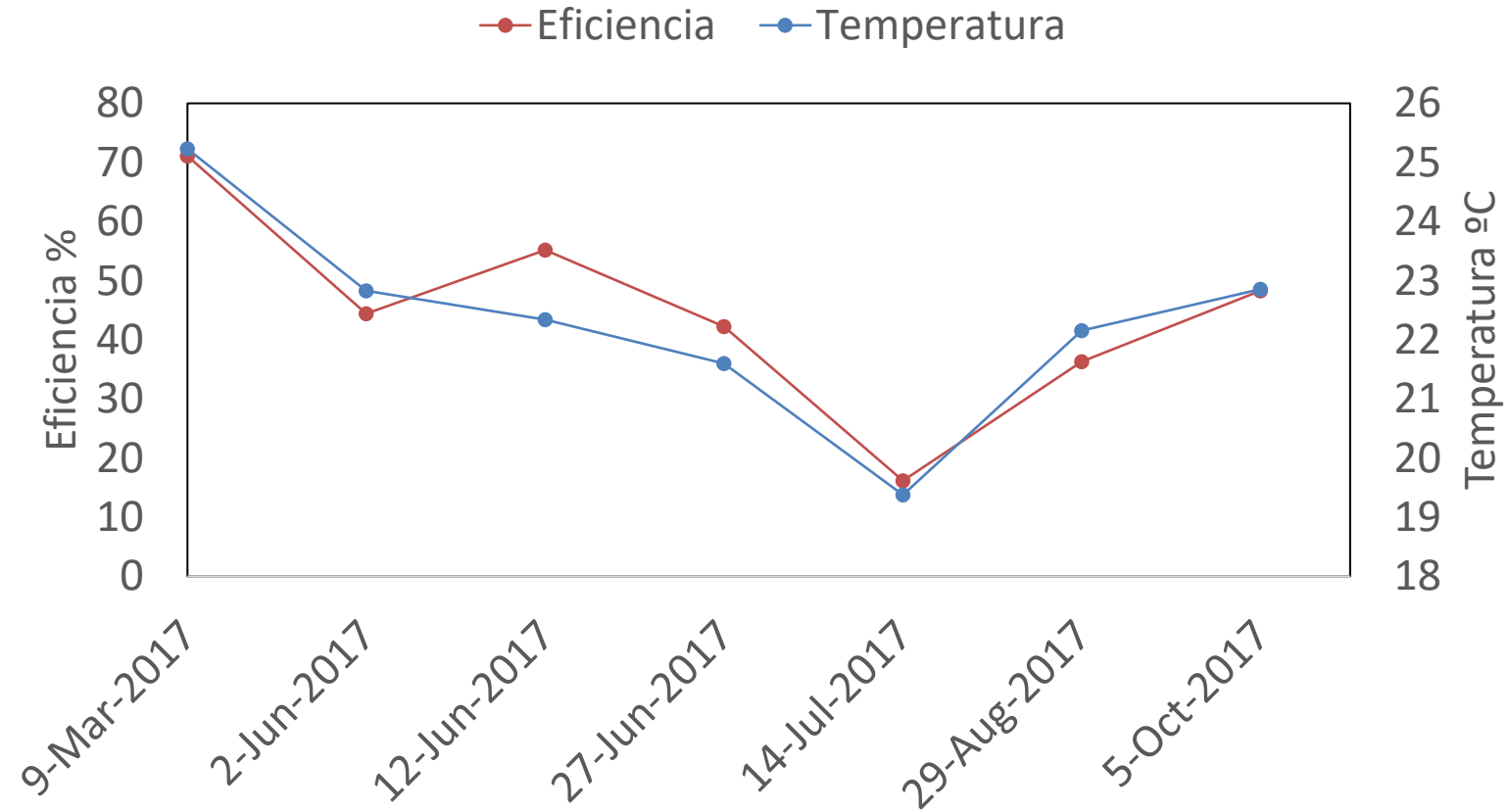
- No existen parámetros de referencia para el reúso en riego



# ANÁLISIS DE EFICIENCIAS

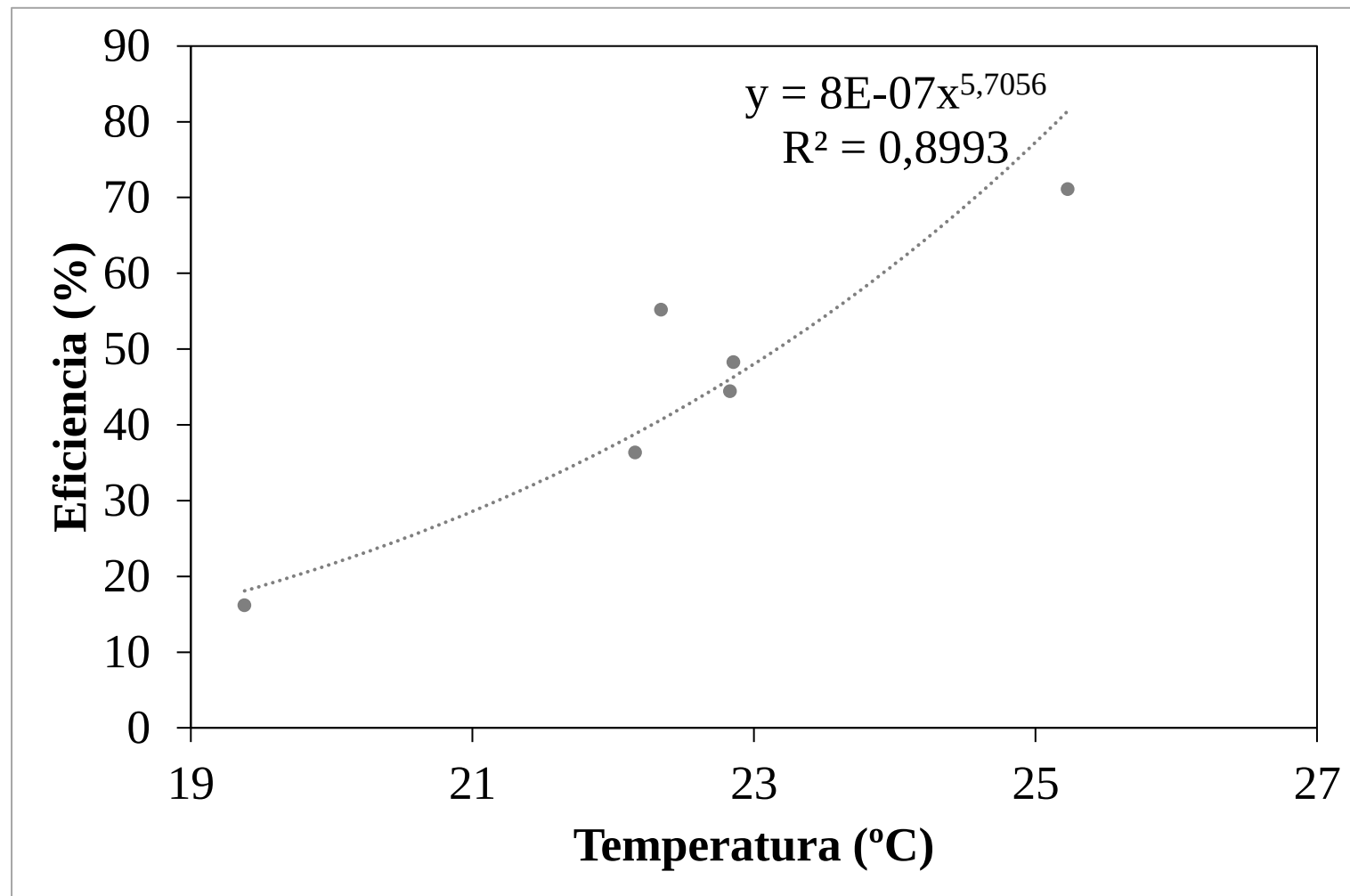


# Variación de la eficiencia en función de la temperatura



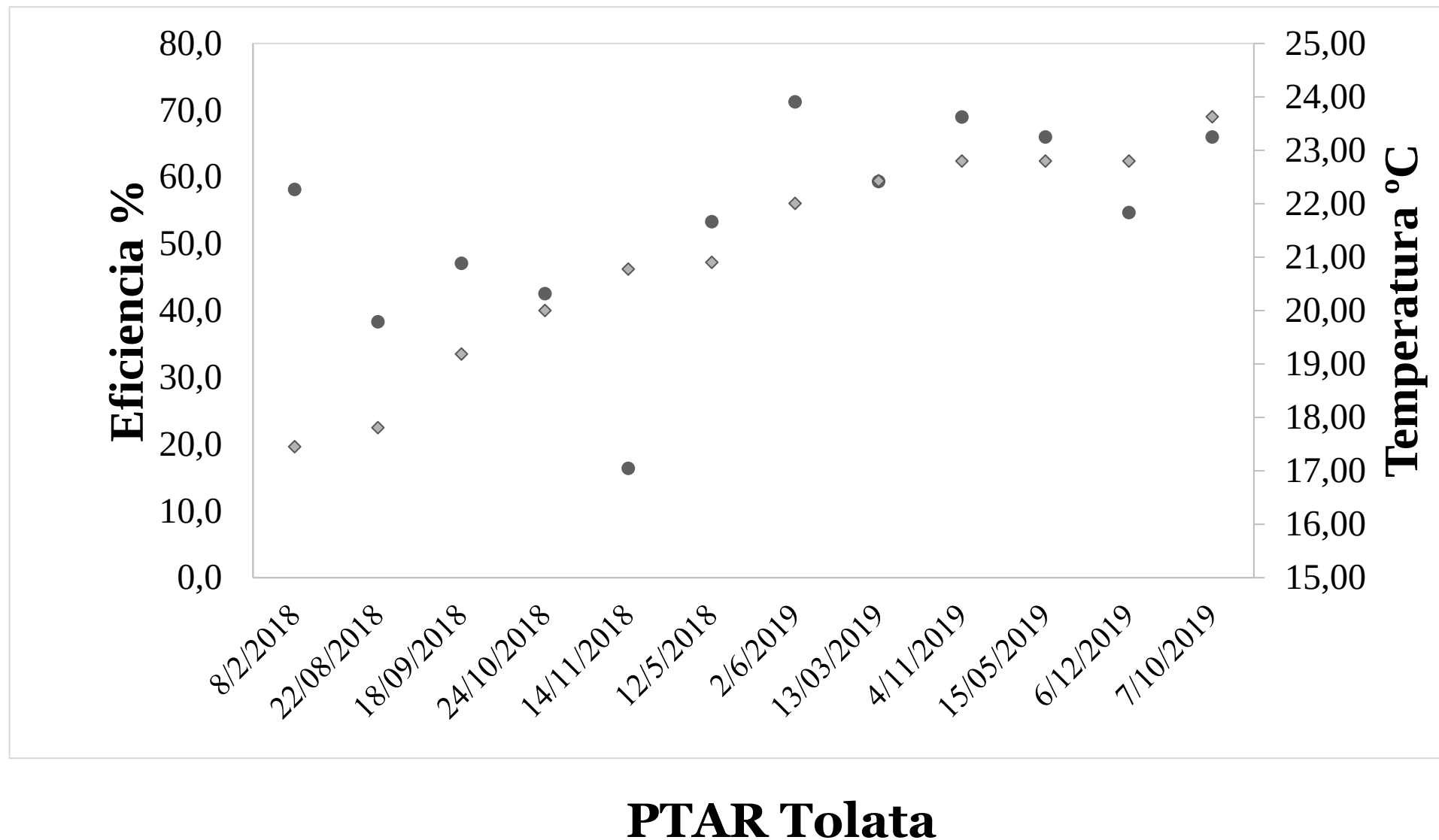
**PTAR Cliza**

# Eficiencia vs. Temperatura PTAR Cliza

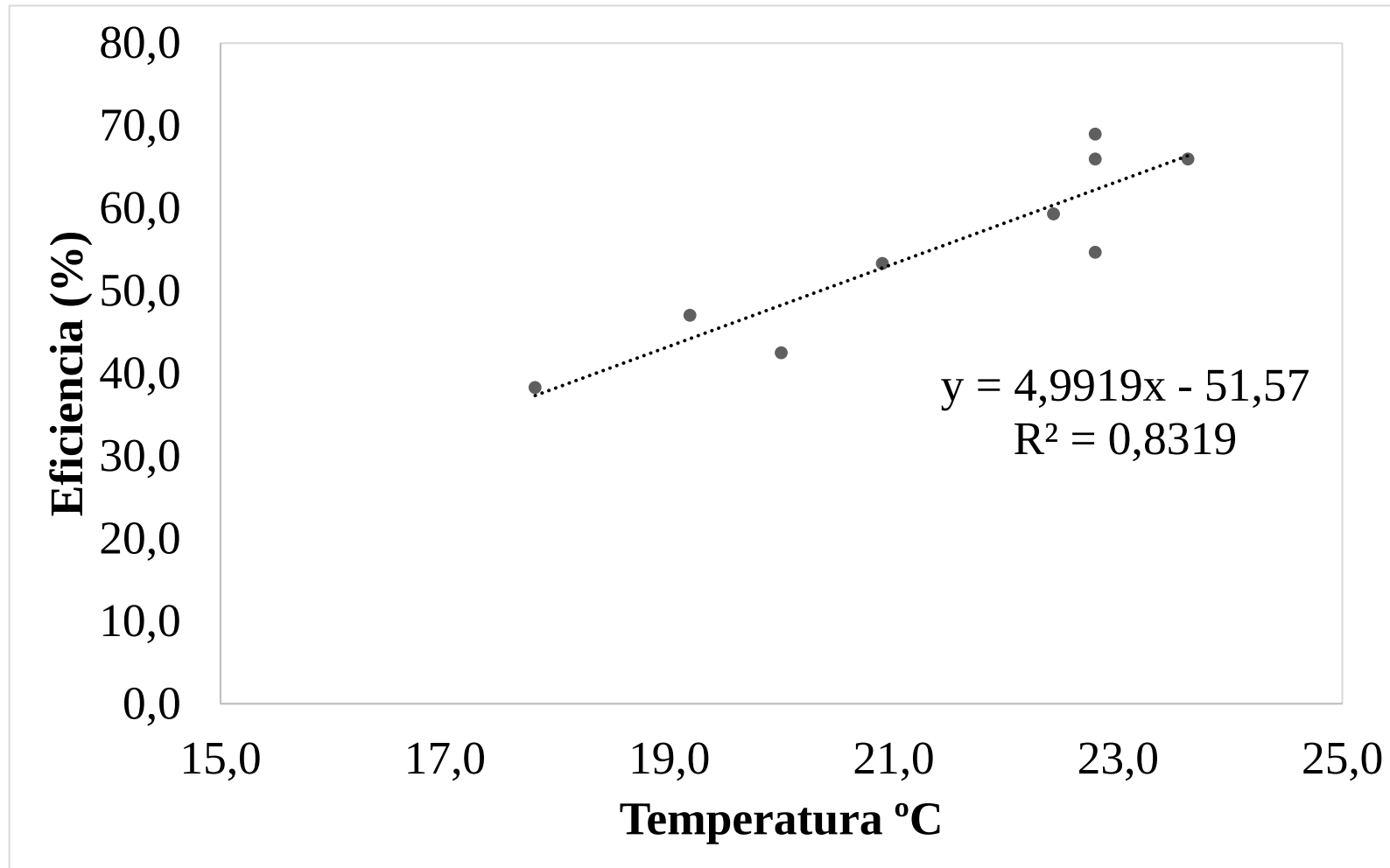




# Variación de la eficiencia en función de la temperatura



# Eficiencia vs. Temperatura PTAR Tolata



# 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 los mismos
- ✓ Se ha encontrado que la **eficiencia** de los reactores **anaeróbicos** está relacionada con los incrementos estacionales de **temperatura** .
- ✓ El análisis de **eficiencia** de los procesos que comprenden 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.



# 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**.
- ✓ Se recomienda el **modelo de gestión** descrito para garantizar el funcionamiento apropiado de los sistemas de tratamiento.

# ¡MUCHAS GRACIAS!

