

**ESTUDIO DE MEZCLAS DE FANGO DESHIDRATADO EN  
POLVO CON CARBÓN ACTIVADO GRANULAR AGOTADO  
PROCEDENTES DE ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS POTABLES PARA SU EMPLEO COMO  
SISTRATO ACTIVO EN HUMEDALES ARTIFICIALES**

**Autor:**

*MARÍA ISABEL GARCÍA CARDENAS*

**Director:**

DR. MIGUEL MARTÍN MONERRIS

**Codirectora::**

DRA. CARMEN HERNÁNDEZ CRESPO



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente  
**mihma**

# ESQUEMA

## 1. INTRODUCCIÓN.

- Contaminación del agua por nutrientes
- Eliminación de P en HHA

## 2. OBJETIVOS

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 5. CONCLUSIONES

# 1. INTRODUCCIÓN



# INTRODUCCIÓN

## 1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR NUTRIENTES:

### 1. INTRODUCCIÓN.

#### ➤ Nutrientes

- Eliminación de P en HHA

### 2. OBJETIVOS

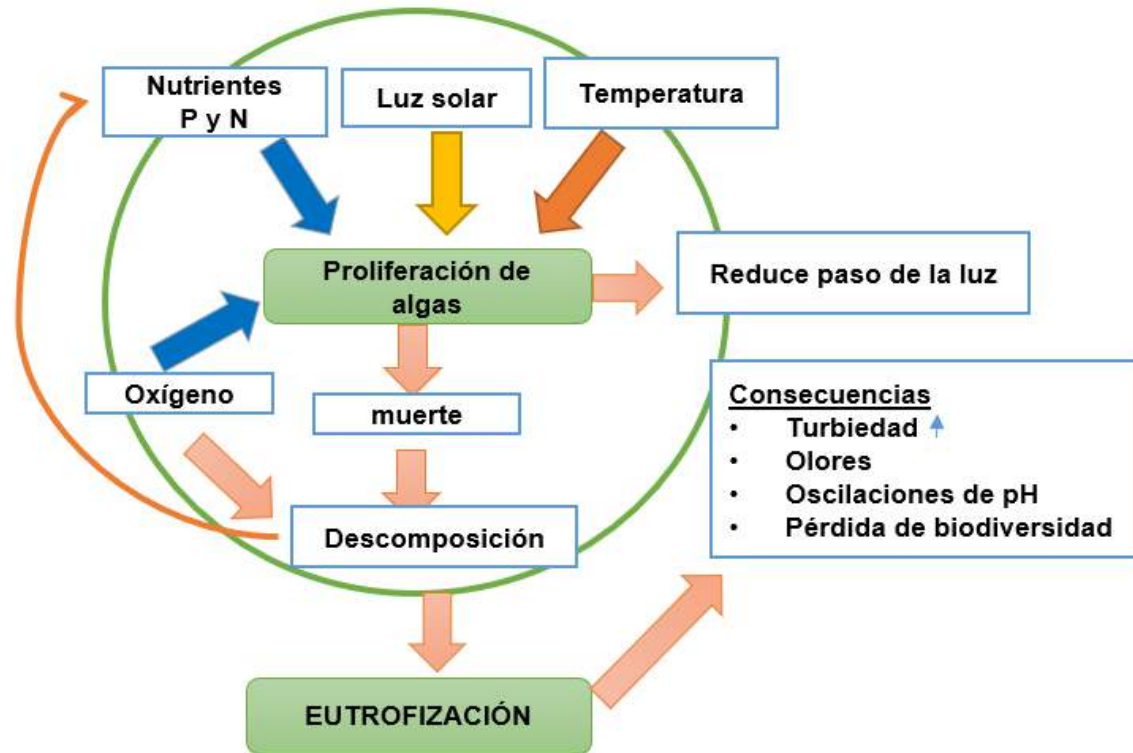
#### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 5. CONCLUSIONES



## CAUSAS

Vertidos de AR sin tratar o parcialmente tratadas.

Uso de fertilizantes en la agricultura

Actividades industriales

Lixiviados en vertederos

Escorrentías urbanas

## 2. LA ELIMINACIÓN DE FÓSFORO EN HUMEDALES ARTIFICIALES (HHAA):

### 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- **Eliminación de P en HHAA**

### 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 4. RESULTADOS

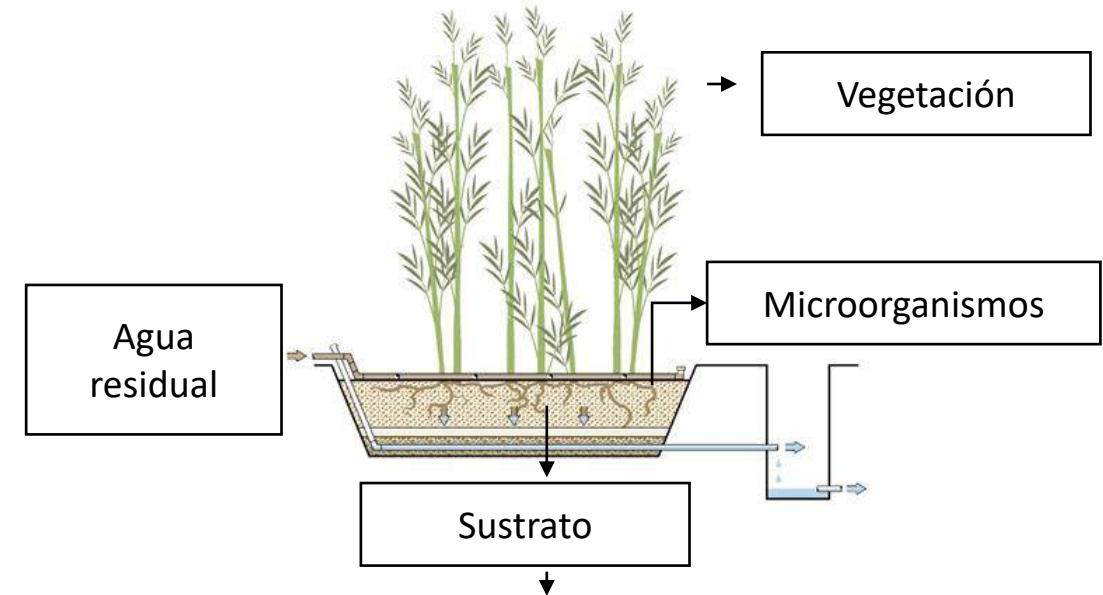
- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 5. CONCLUSIONES

- Los HHAA son sistemas de tratamiento de agua residual urbana no convencionales y son más apropiados en pequeñas poblaciones (< 2000 he).

- Estos sistemas tiene limitaciones en la eliminación de nutrientes, especialmente el fósforo. La eliminación de fósforo depende principalmente de la acumulación en las plantas y de su cosechado:

**Mejorar:** añadir al sustrato base del humedal artificial un agente reactivo



**Fangos deshidratados de ETAP**

## 2. OBJETIVOS



# ACTIVIDADES

## 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

## 2. OBJETIVOS

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 5. CONCLUSIONES

Determinar la mezcla idónea de carbón activado agotado y de fracción fina de fango de ETAP (generada en el proceso de acondicionamiento) para ser utilizada como sustrato activo en humedales artificiales

Elaborar mezclas con el 5%, 10%, 15%, 20% y 30% de polvo de fango completadas con carbón activado.

Realizar ensayos en columnas de laboratorio para determinar la permeabilidad de los materiales.

Analizar la información y obtención de la mezcla idónea

Determinar la capacidad de eliminación de las variables de calidad del agua mediante columnas con una mezcla seleccionada.

# MATERIALES

## Fango deshidratado “rechazo”



**Tamaño de partícula:**  
0.063 a 0.833 mm

**Densidad aparente:**  
0.74 g/cm<sup>3</sup>

## Carbón activado agotado



**Tamaño de partícula:**  
1.4 mm

**Densidad aparente:**  
0.66 g/cm<sup>3</sup>

## Agua residual



**Sistema de tratamiento:**

- **Pretratamiento:** Rejas
- **Primario:** tanques Imhoff
- **Secundario:** HHAA superficiales

### 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

### 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- **Fango deshidratado**
- **Carbón activado**
- **Agua residual**
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

### 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

### 5. CONCLUSIONES



# MÉTODOS

## 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

## 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- **Determinación de la velocidad de infiltración**
- **Determinación de la conductividad hidráulica**

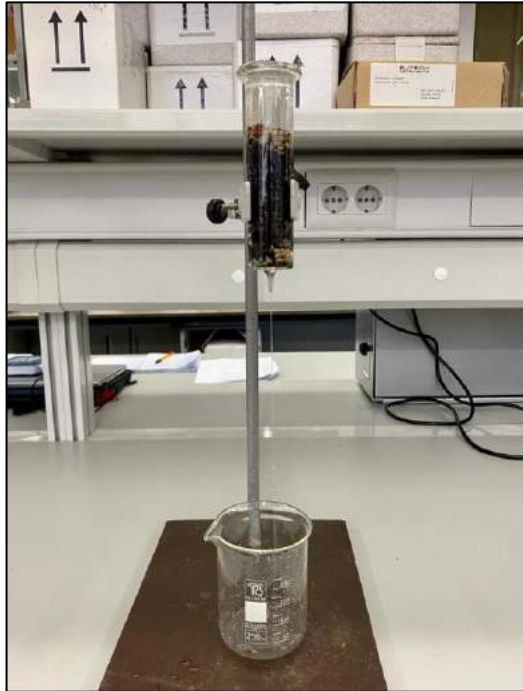
**Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).**

## 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 5. CONCLUSIONES

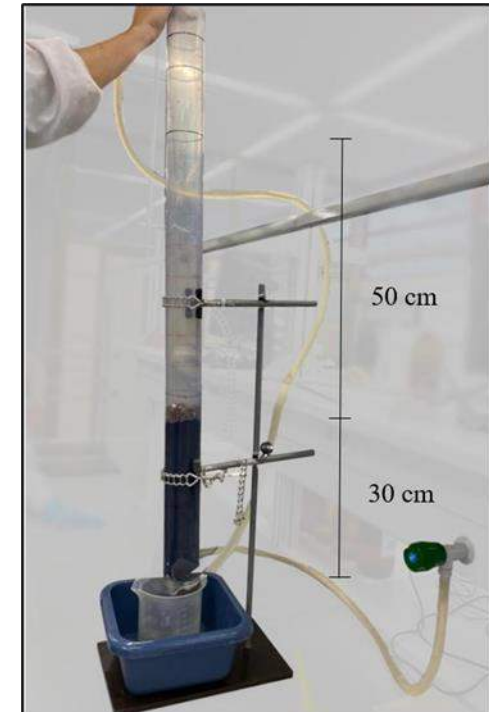
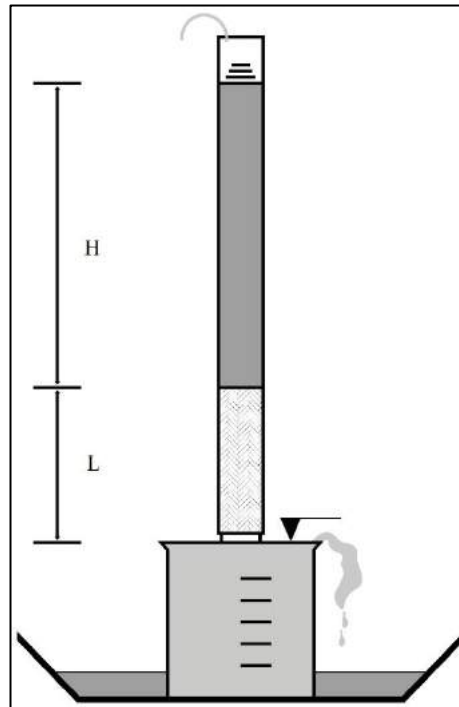
### Determinación de la velocidad de infiltración



#### Mezclas:

5, 10, 15, 20, 30 y 40 % de fango deshidratado completado con carbón activado

### Determinación de la conductividad hidráulica sobre las dos mejores mezclas



d= 59 mm

**Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).**

# 4. RESULTADOS



# RESULTADOS

## VELOCIDAD DE VACIADO

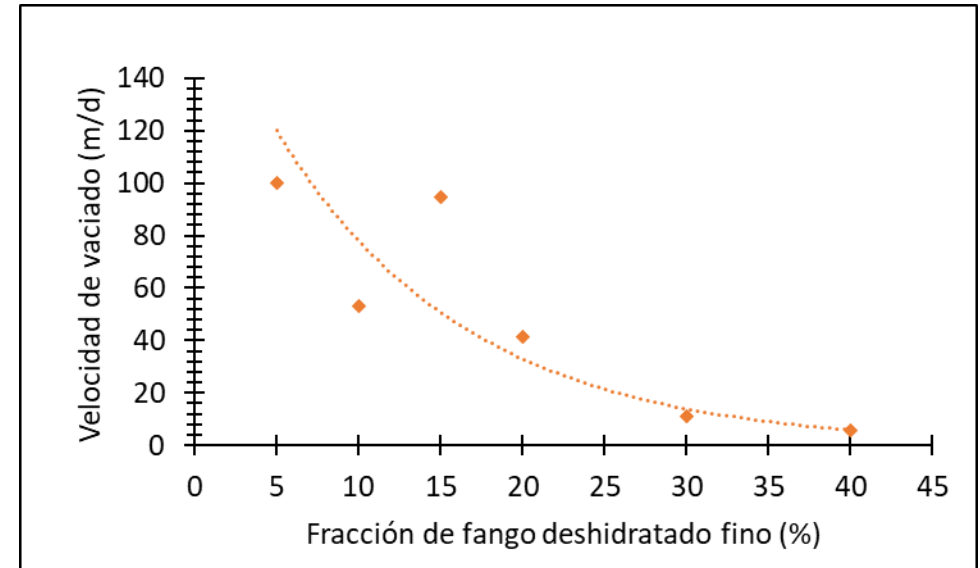
- A medida que se aumenta la proporción de fango deshidratado fino, va disminuyendo la permeabilidad del paquete filtrante

## CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Se determinó sobre las siguientes mezclas:

❑ 30 % FD = 15.33 m/d

❑ 40% FD = 5.5 m/d



Asegurar una mayor durabilidad del material de relleno y  
Posibilitar la operación a cargas hidráulicas altas.

### 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

### 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 4. RESULTADOS

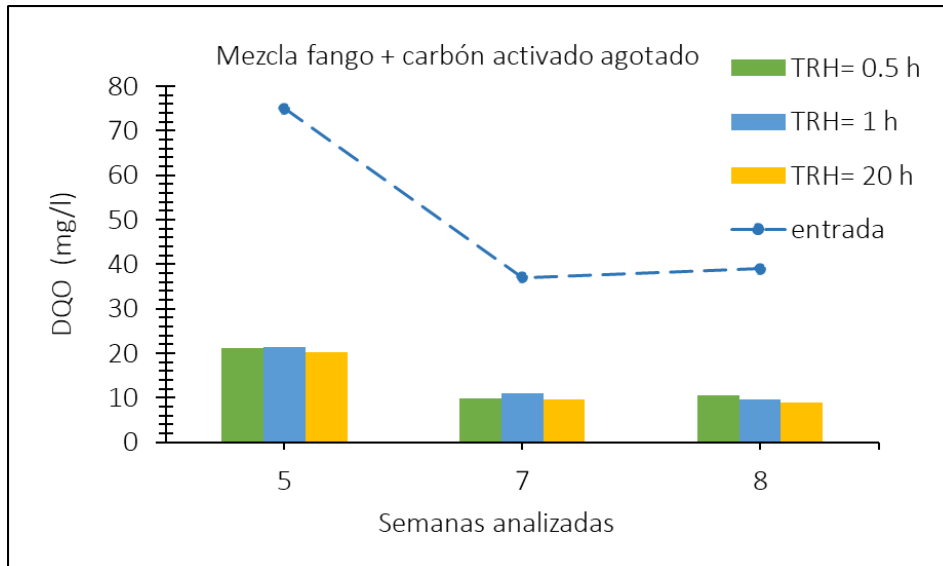
- **Velocidad de infiltración**
- **Conductividad hidráulica**
- Remoción de: DQO, fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 5. CONCLUSIONES

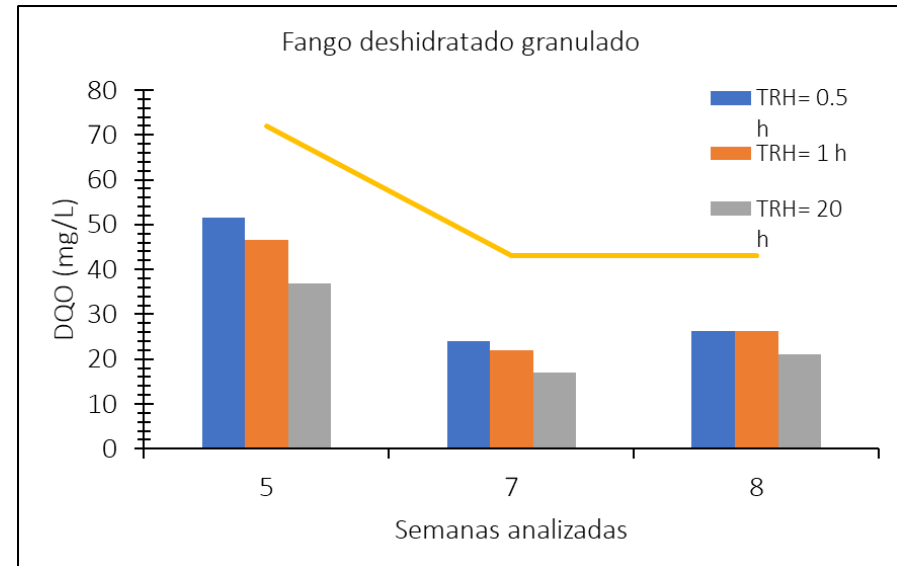
# RESULTADOS

## DQO

- La eficiencia de reducción de la DQO fue superior al 70 %, en la columna de fango deshidratado + carbón activado granulado



- La columna con fango deshidratado granulado proporcionó una eficiencia media de reducción del 42%



## 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

## 2. OBJETIVOS

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

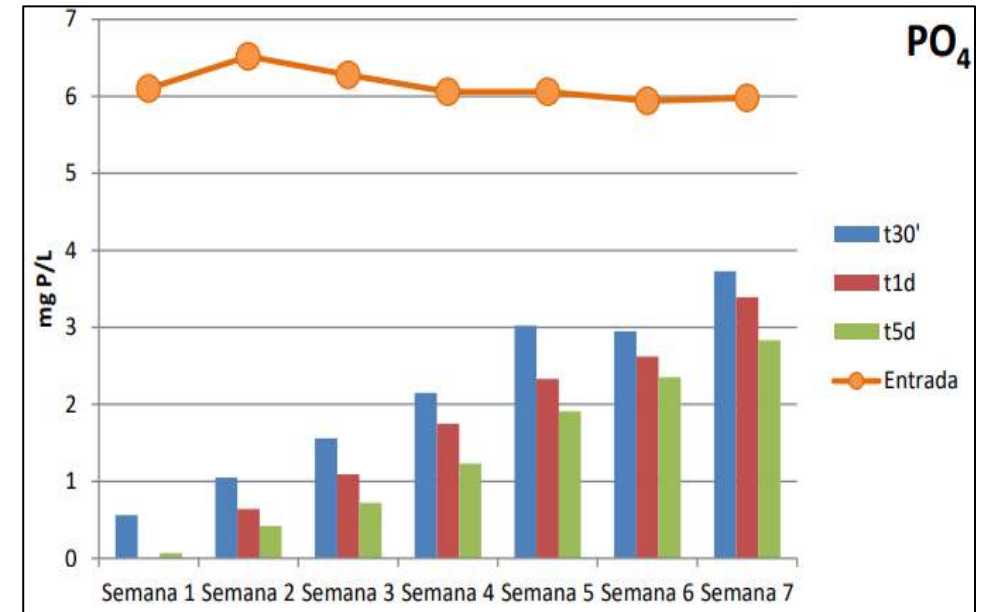
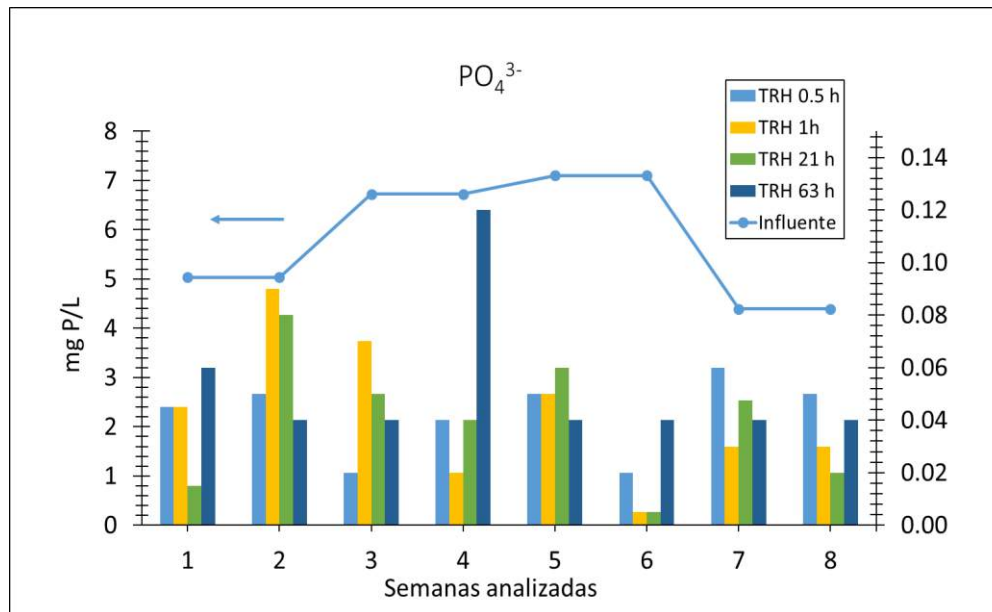
## 5. CONCLUSIONES

# RESULTADOS

## FÓSFORO

- Los resultados de fósforo muestran una alta reducción en la concentración de este nutriente con una eficiencia de remoción media del 99% (mezcla fango y carbón).

- La eficiencia de reducción de fosfato promedio en la columna es aproximadamente del 69.8% (columna carbón activado)



Concentración de fosfatos (mg P/L) en el influente (eje principal) y efluente (eje secundario) de la columna.

### 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHA

### 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 4. RESULTADOS

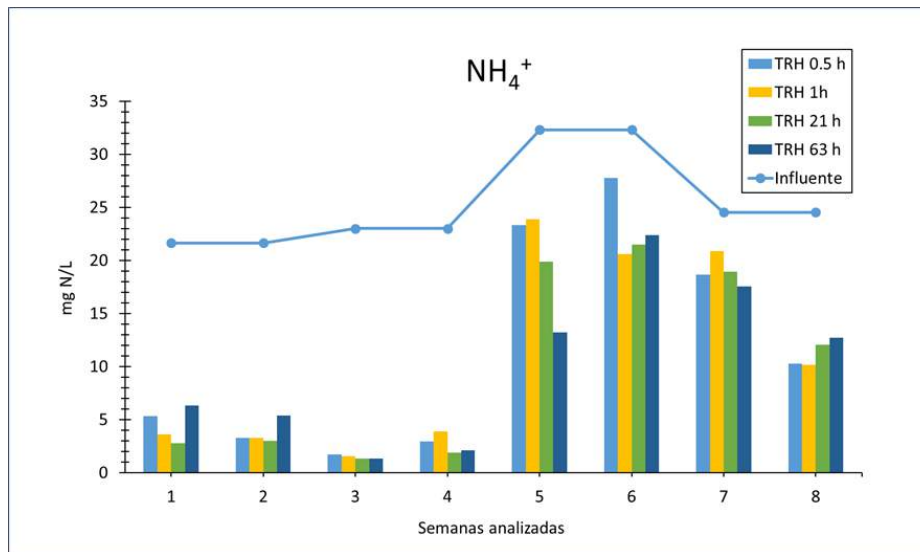
- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 5. CONCLUSIONES

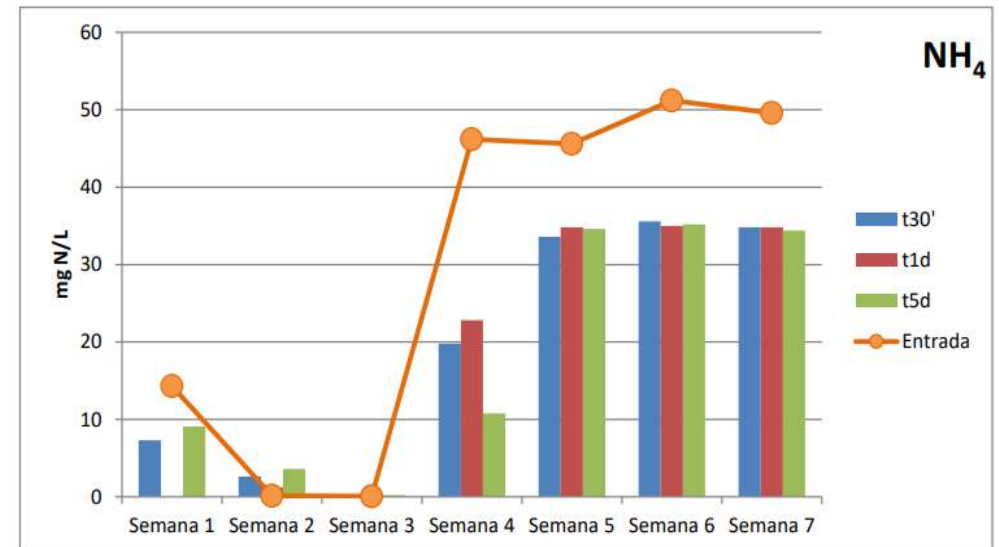
# RESULTADOS

## AMONIO

- En término medio la eficiencia fue del 60%, la concentración se redujo de 21 a 5 mg N/l durante las cuatro primeras semanas, y de 28 a 12 mg N/l en el resto del periodo.



- La mayor eficiencia de reducción promedio de amonio 28.9%. No influye TRH.



### 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HAA

### 2. OBJETIVOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 5. CONCLUSIONES

# 5. CONCLUSIONES



# CONCLUSIONES

## 1. INTRODUCCIÓN.

- Nutrientes
- Eliminación de P en HHAA

## 2. OBJETIVOS

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Fango deshidratado
- Carbón activado
- Agua residual
- Determinación de la velocidad de infiltración
- Determinación de la conductividad hidráulica
- Análisis de DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 4. RESULTADOS

- Velocidad de infiltración
- Conductividad hidráulica
- Remoción de: DQO, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 5. CONCLUSIONES

El aprovechamiento conjunto de dos residuos procedentes de ETAPs en proporción 70% (carbón activado agotado) y 30% (fracción fina fango deshidratado) asegura unos buenos resultados en cuanto a caudal de tratamiento y de reducción de fósforo, amonio y materia orgánica.

El tiempo de retención hidráulico más adecuado es entre 0.5 y 1 hora, ya que proporciona buenas eficiencias de eliminación y permite tratar mayores caudales de tratamiento.

Se integran los principios de la economía circular en el ciclo urbano del agua.

Generar un efluente de alta calidad cuyo impacto sobre el medio receptor será significativamente menor, especialmente adecuado en pequeñas poblaciones.