

# **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO ArCIS-UNR® PARA REMOCIÓN DE ARSÉNICO (As) EN AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**Albertina González**

**Centro de Ingeniería Sanitaria**

**Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura**

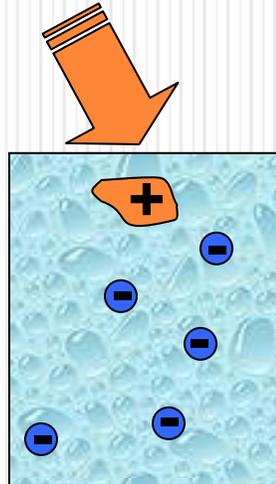
**Universidad Nacional de Rosario**

**Riobamba 245 bis – 2000 Rosario – TE: 0341 4808546 – E-mail: [cis@fceia.unr.edu.ar](mailto:cis@fceia.unr.edu.ar)**

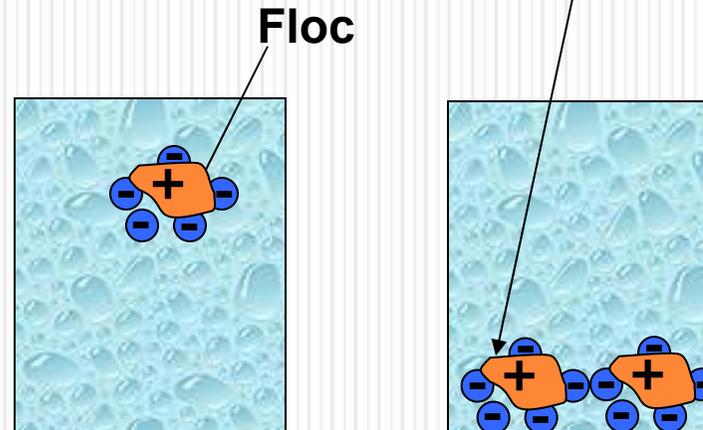
# PROCESO ArCIS-UNR®

- Proceso de **COAGULACIÓN-ADSORCIÓN** sobre flócs de hidróxidos de aluminio
- Aguas subterráneas con As y F-

**Coagulante:  
Sales de Al**

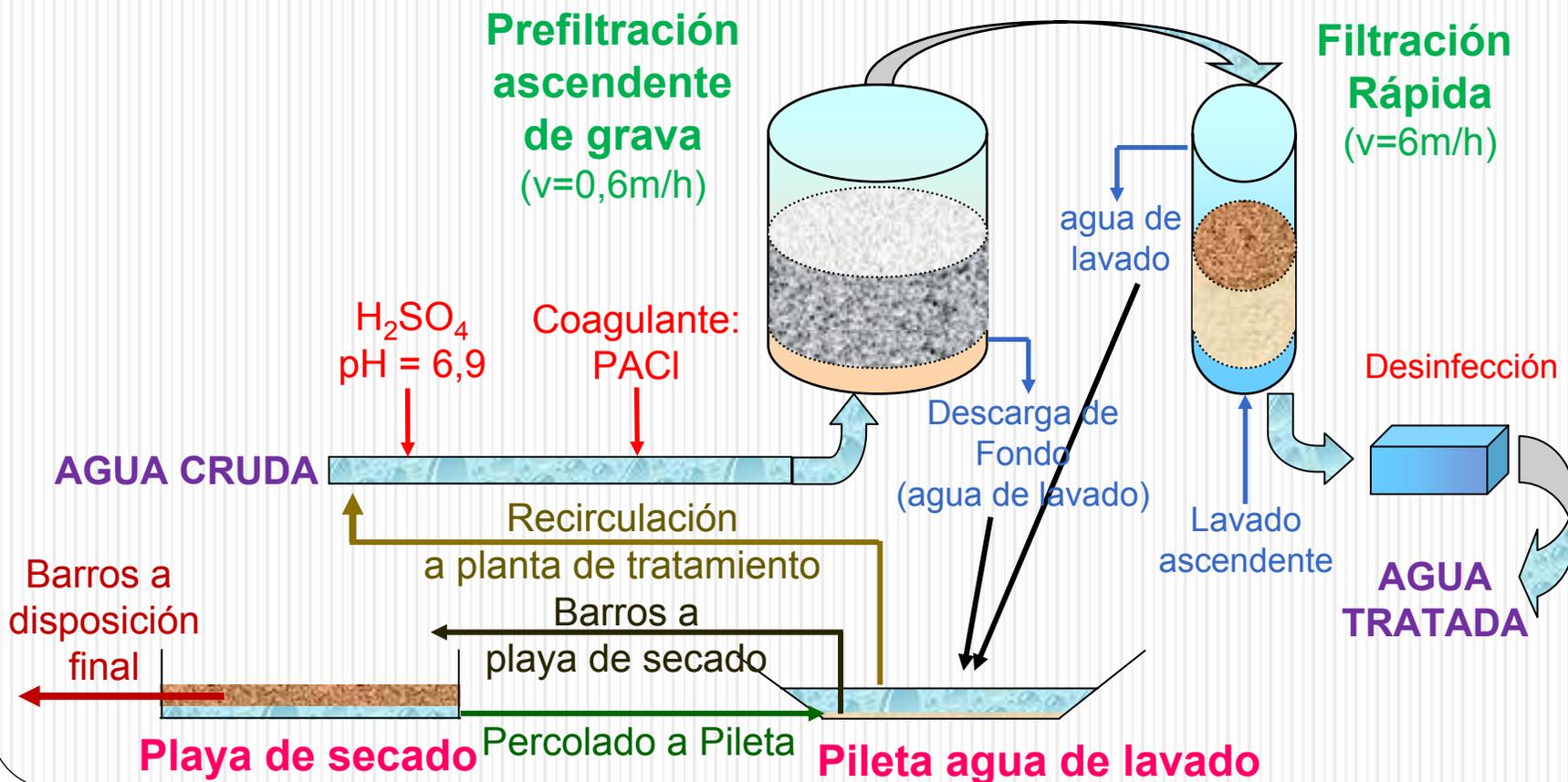


**Separación Física**



# PROCESO ArCIS-UNR®

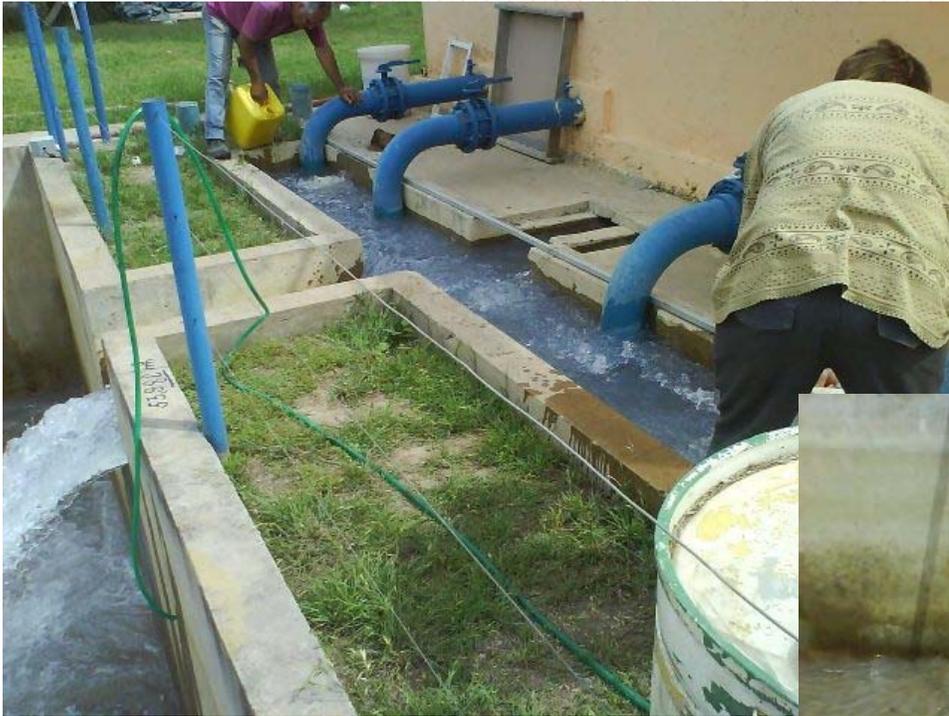
- Remoción simultánea de As y F<sup>-</sup>  $\left\{ \begin{array}{l} - \text{As} \leq 0,05 \text{ mg/L, en un futuro } \leq 0,01 \text{ mg/L} \\ - \text{F}^- \leq 1,5 \text{ mg/L} \end{array} \right.$
- Campo de aplicación  $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Baja concentración de sólidos totales } (< 1500 \text{ mg/L}) \\ - \text{Concentraciones de As } \leq 0,20 \text{ mg/L y F}^- \leq 2,0 \text{ mg/L} \end{array} \right.$



# PROCESO ArCIS-UNR®

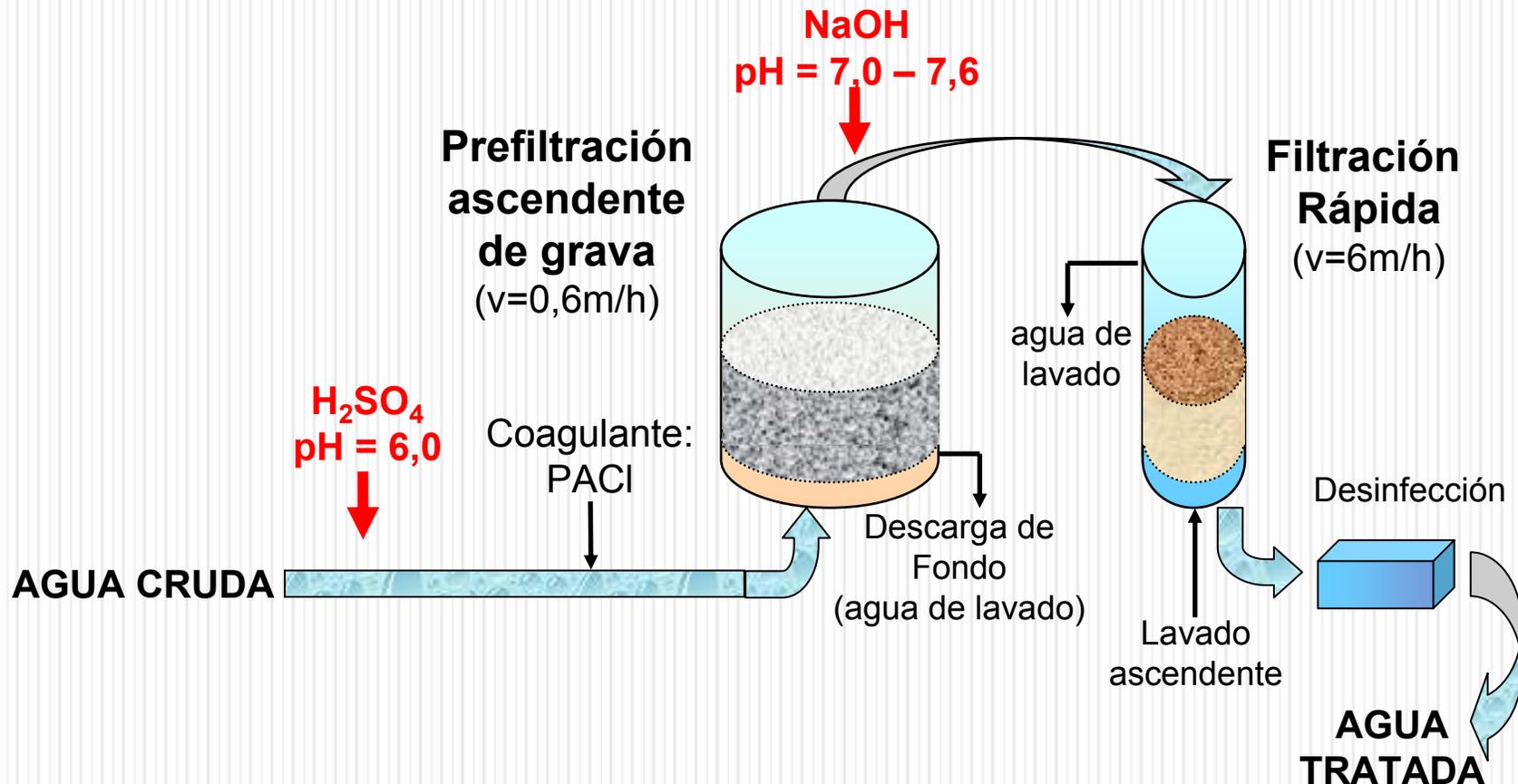


# PROCESO ArCIS-UNR®



# PROCESO ArCIS-UNR®

Optimización del Proceso para el caso de Aguas Subterráneas con  $F^-$  entre 2 mg/L y 3 mg/L



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

- Aplicación del Proceso ArCIS-UNR® en ciudades con mayor número de habitantes, en las cuales la aplicación de procesos de prefiltración gruesa ascendente resulta en costos de instalación poco competitivos



## (1) INVESTIGACIÓN DE DOBLE FILTRACIÓN RÁPIDA Reducción de superficie filtrante, y costos de construcción

- Estudio de la influencia de ciertos iones presentes en la matriz del agua en la remoción de As por medio de procesos de coagulación-adsorción



## (2) INVESTIGACIÓN DE IONES INTERFERENTE EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO

# **OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®**

## **1. Doble Filtración Rápida**

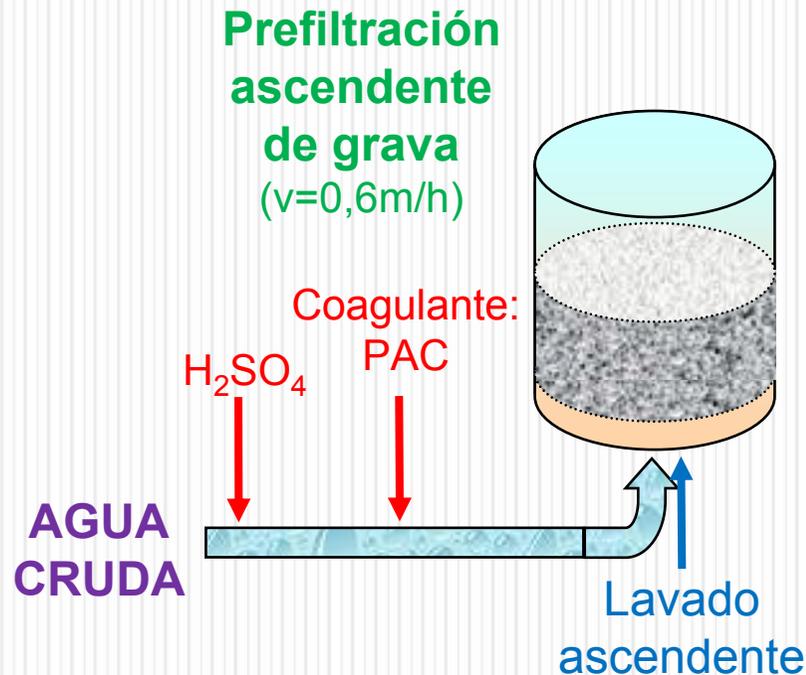
### **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

- **Determinar parámetros de diseño:**
  - **velocidad de filtración**
  - **granulometría de los filtros**
  - **tiempo óptimo de lavado de las unidades**
- **Evaluar la eficiencia en remoción de As y F- con el nuevo esquema de doble filtración rápida**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

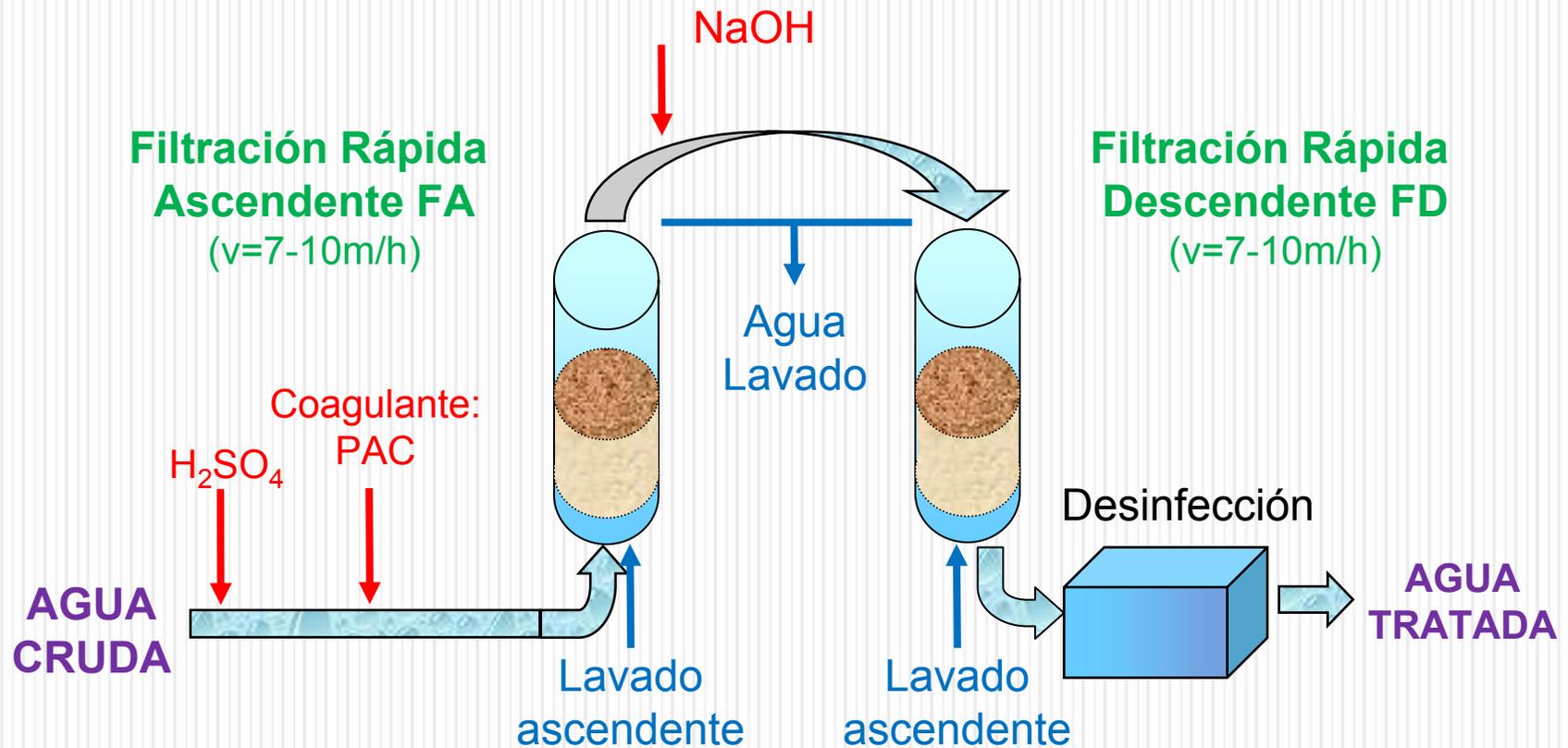
### NUEVO ESQUEMA DE OPERACIÓN



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### NUEVO ESQUEMA DE OPERACIÓN



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA



**Agua Cruda de la  
localidad de Coronel  
Moldes (Córdoba)**



- ❖ Cisterna de agua cruda
- ❖ Filtros de acrílico:
  - Diámetro externo: 82 mm
  - Altura total: 2,50m
- ❖ Sentido de filtración

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA



**Agua Cruda de la  
localidad de Coronel  
Moldes (Córdoba)**



- ❖ Cisterna de agua cruda
- ❖ Filtros de acrílico:
  - Diámetro externo: 82 mm
  - Altura total: 2,50m
- ❖ Sentido de filtración
- ❖ Sentido de escurrimiento de lavado
- ❖ Dosificación de Productos Químicos

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### CALIDAD DEL AGUA CRUDA

La Cooperativa realizó 6 envíos de agua cruda al CIS mediante tanques de 230 litros



Parámetro	Rango
Turbiedad (UNT)	0,1 - 0,3
pH	7,9 - 8,2
Sólidos Totales (mg/L)	1300 -1400
Arsénico Total (mg/L)	0,08 – 0,12
Fluoruros (mg/L)	2,5 - 3,0

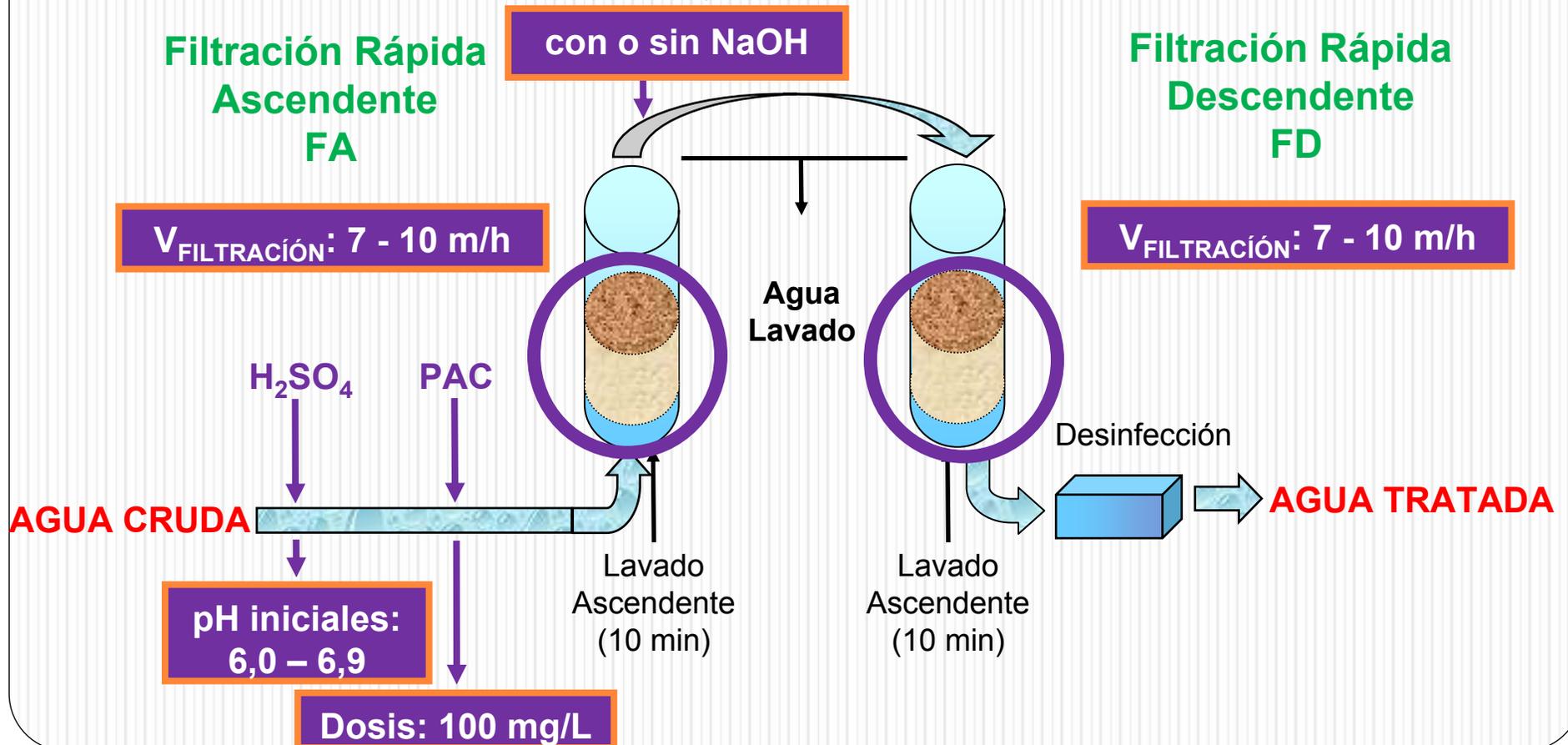
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### NUEVO ESQUEMA DE OPERACIÓN

21 carreras de filtración { 8 carreras: Puesta en Marcha  
13 carreras: en Régimen



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO MEDICIONES Y TOMA DE MUESTRAS

#### *Mediciones:*

- Caudales de filtración (rotámetro – volumétricamente)
- Perdidas de carga (piezómetros)
- Caudales de productos químicos (volumétricamente)

#### *Toma de muestra/Determinaciones*

- Agua cruda: pH - Turbiedad - As - F<sup>-</sup>
- Agua prefiltrada: pH - Turbiedad - As - F<sup>-</sup>
- Agua filtrada o tratada: pH - Turbiedad - As - F<sup>-</sup> - Aluminio (Al)
- Agua de lavado: Turbiedad

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida



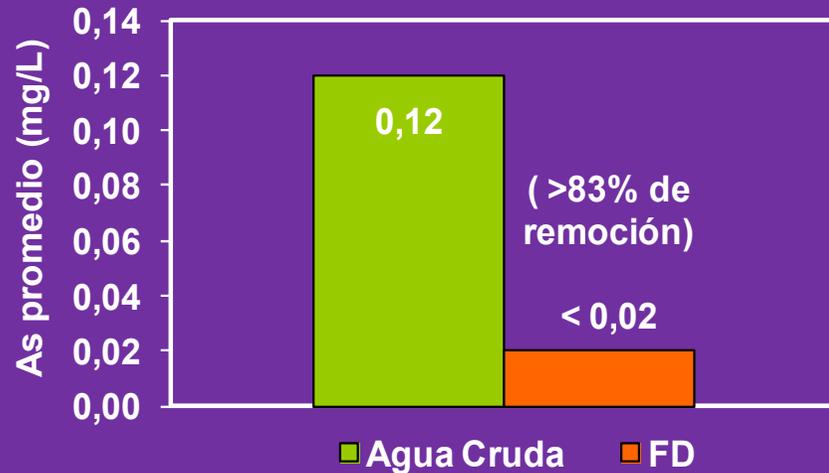
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

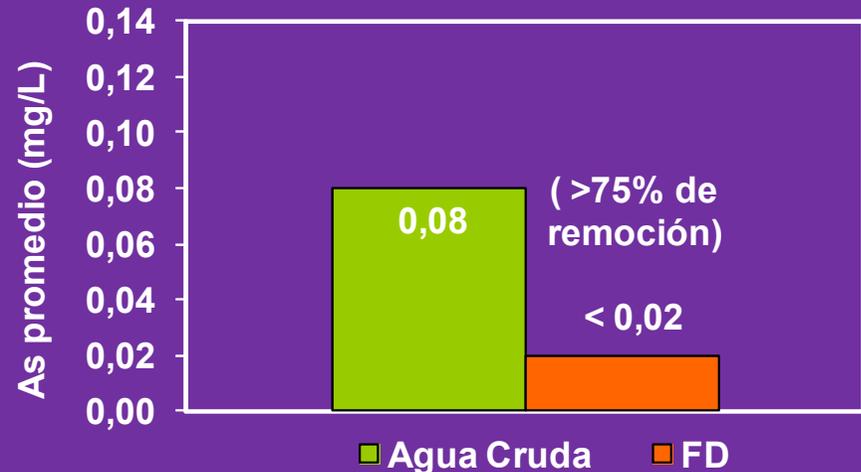
### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### RESULTADOS C9 y C10: eficiencias en remoción de As

Carrera 9: Remoción de As



Carrera 10: Remoción de As



#### Condiciones Operación Carrera 9:

$V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$

pH inicial = 6,1 - pH salida = 7,1

#### Condiciones Operación Carrera 10:

$V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$

pH inicial = 6,0 - pH salida = 7,2

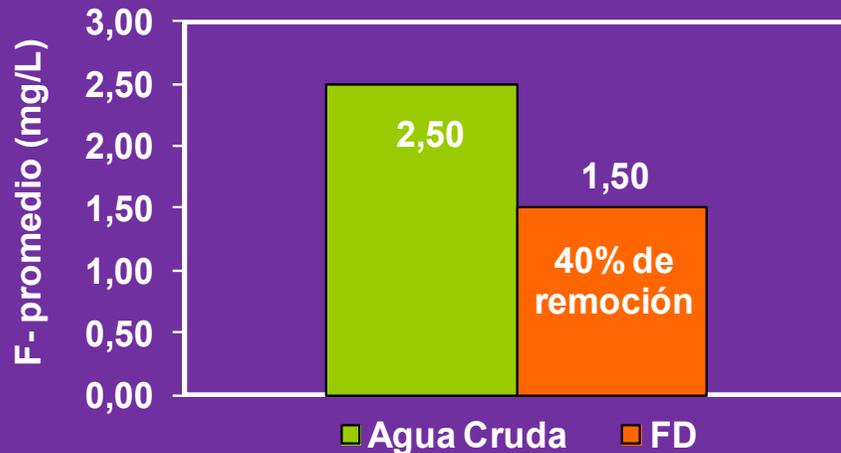
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

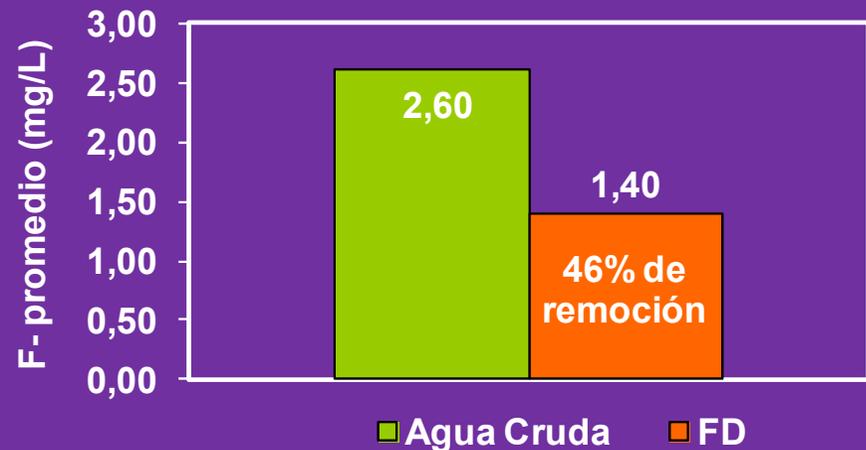
### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### RESULTADOS C9 y C10: eficiencias en remoción de F-

Carrera 9: Remoción de F-



Carrera 10: Remoción de F-



#### Condiciones Operación Carrera 9:

$V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$

pH inicial = 6,1 - pH salida = 7,1

#### Condiciones Operación Carrera 10:

$V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$

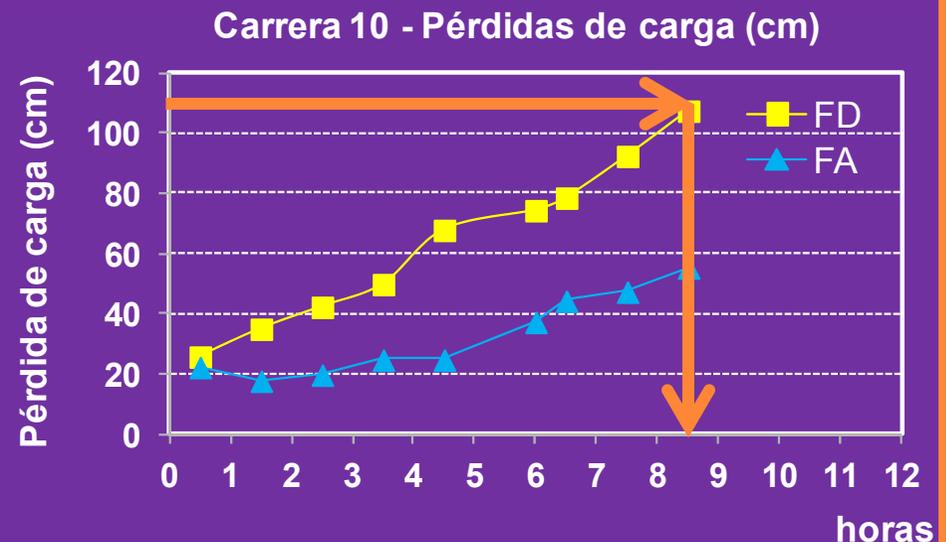
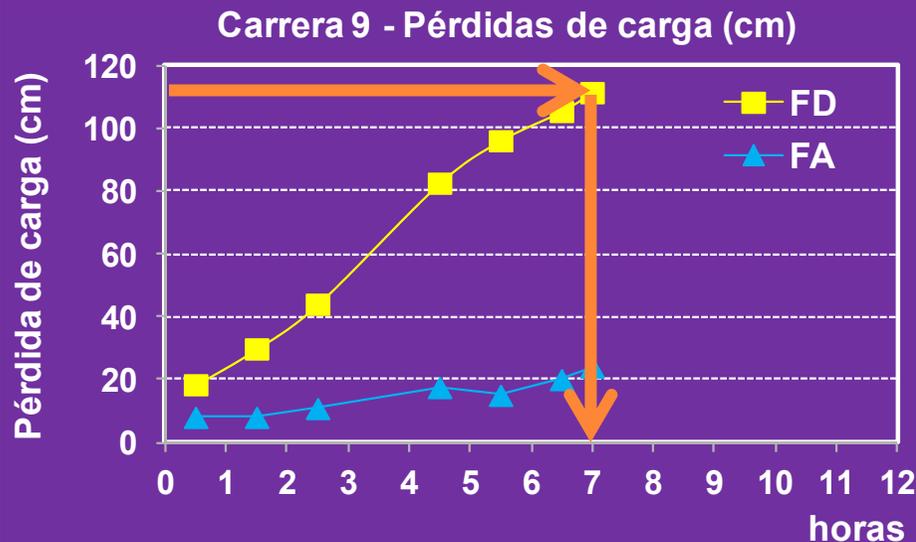
pH inicial = 6,0 - pH salida = 7,2

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### RESULTADOS C9 y C10: duración de las carreras



**Condiciones Operación Carrera 9:**  
 $V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$   
pH inicial = 6,1 - pH salida = 7,1  
Duración  $\approx 7 \text{ h}$  para H del FD de 115cm

**Condiciones Operación Carrera 10:**  
 $V_{\text{FILTRACIÓN}} = 7 \text{ m/h}$   
pH inicial = 6,0 - pH salida = 7,2  
Duración  $\approx 8,5 \text{ h}$  para H del FD de 115cm

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

RESULTADOS: tiempo óptimo de lavado de filtros



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida



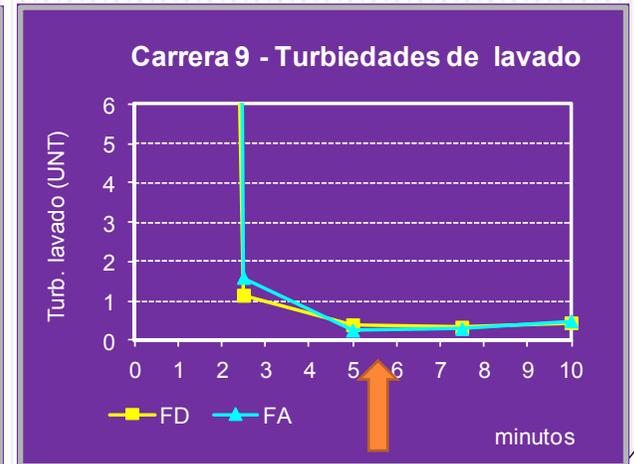
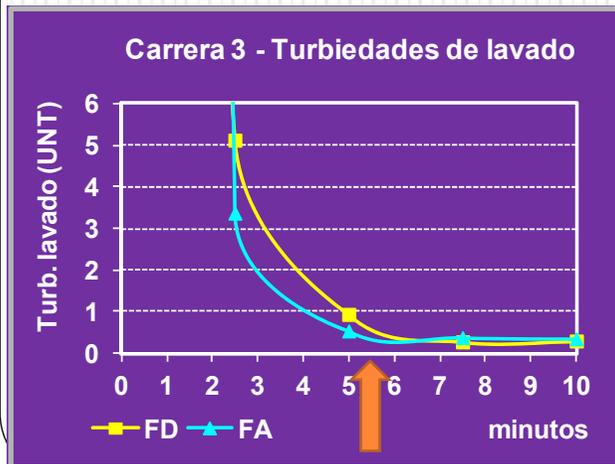
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

**RESULTADOS: tiempo óptimo de lavado de filtros**

**TIEMPO ÓPTIMO DE LAVADO:**  
entre 5 y 6 minutos

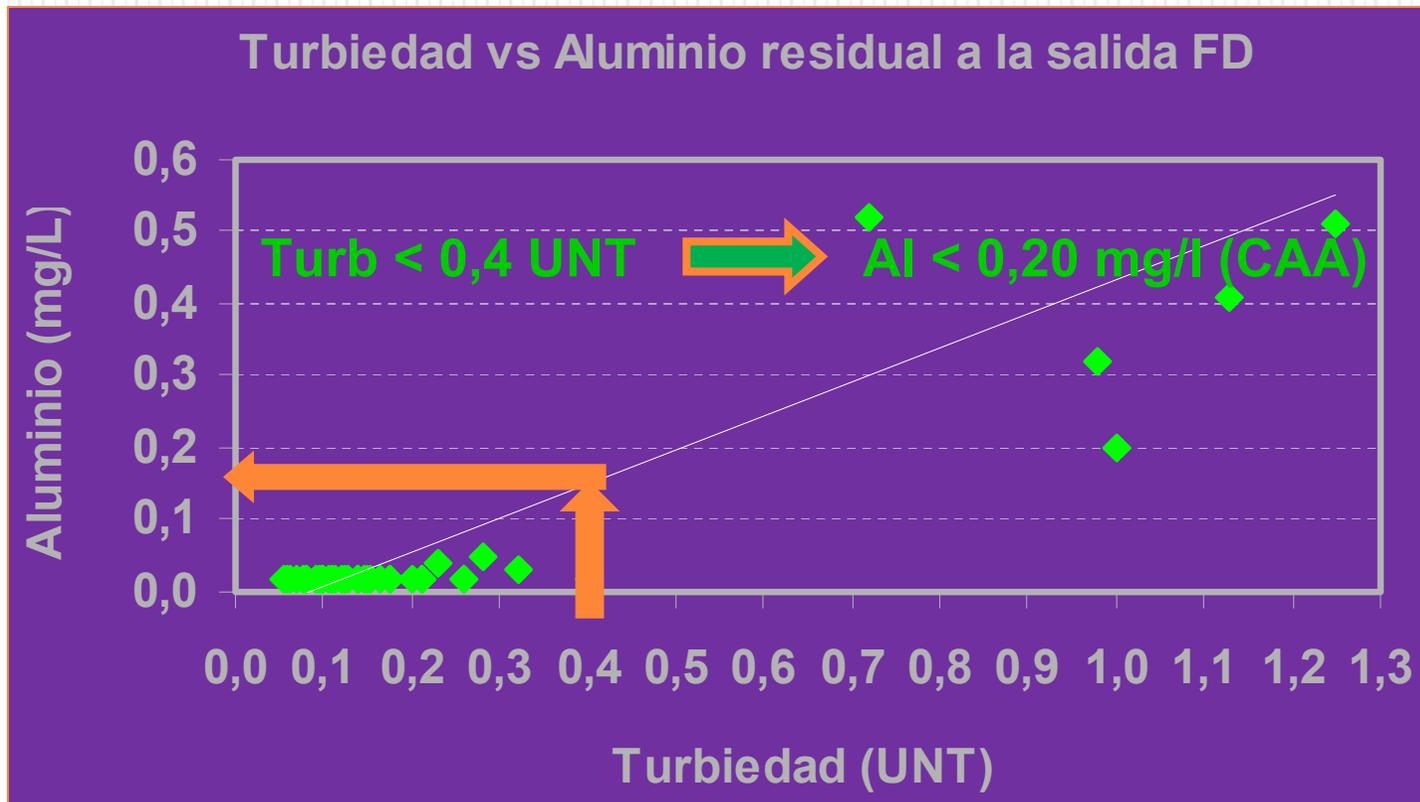


# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

**RESULTADOS: relación entre turbiedad y Al residual en el agua tratada**



# **OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®**

## **1. Doble Filtración Rápida**

### **ALGUNAS CONCLUSIONES**

- **Los parámetros operativos con los que se lograron las mejores eficiencias de remoción de As y F-:**
  - **Velocidad de Filtración: 7 m/h**
  - **pH inicial  $\approx$  6,0**
  - **Agregado de NaOH antes del ingreso al FD**
- **Concentración de As  $<$  0,02 mg/L (remoción  $>$  80%)**
- **Concentración de F- entre 1,4 y 1,5 mg/L (remoción entre 40% y 45%)**
- **Concentraciones de Al residual  $<$  0,2 mg/L (CAA)**
- **Duración de las carreras entre 7 y 9 hs**
- **Tiempo óptimo de lavado de los filtros entre 5 y 6 minutos**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 1. Doble Filtración Rápida

### PARA SEGUIR TRABAJANDO

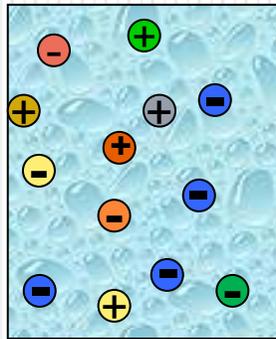
- Se recomienda continuar la investigación para lograr mayor duración en las carreras de filtración mediante:
  - La implementación de descargas de fondo del FA
  - La optimización en la configuración granulométrica de ambas etapas de filtración



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### RECOPILOACIÓN BIBLIOGRÁFICA



MATRIZ DEL AGUA A TRATAR



Selección de tecnologías de remoción de As

- Meng et al. (2000, 2002) → Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Holm (2002) → Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Jeong et al. (2007) → Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Selenio (Se), Vanadio (V), Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), y Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

**IONES QUE MÁS INTERFIEREN →  $\text{SiO}_2$  y  $\text{PO}_4^{3-}$**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Estudiar la influencia en la remoción de As de elementos tales como  $\text{SiO}_2$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , los cuales están presentes en las aguas subterráneas de nuestro país mediante procesos de coagulación-adsorción
- Buscar estrategias para minimizar la influencia de los interferentes en la remoción de As



**Optimización del Proceso ArCIS-UNR®:  
lograr concentraciones de As < 0,01 mg/L en el agua tratada**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO



- Ensayos de Jarras con aguas subterráneas de la localidad de Villa Cañas → [As] entre 0,10 a 0,20 mg/L, [SiO<sub>2</sub>] entre 50 y 60 mg/L
- Ensayos de Jarras con agua preparada en el laboratorio

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### *Condiciones del Ensayo:*

- Mezcla rápida o coagulación: 1 minuto ( $G= 300 \text{ sg}^{-1}$ )
- Mezcla lenta o floculación: 15 minutos ( $G= 50 \text{ sg}^{-1}$ )
- Sedimentación: 20 minutos
- Filtración del sobrenadante por membrana de nitrato de celulosa de diámetro nominal de poro de  $0,45 \mu\text{m}$  (Milipore)



**Determinaciones en el sobrenadante: Turbiedad, As,  $\text{SiO}_2$ , Al**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### *ENSAYOS A: con agua de Villa Cañas*

Ensayos de Jarras para estudiar la remoción de As y SiO<sub>2</sub> bajo distintas dosis de coagulante PACl, y en función de dos pH iniciales

Ensayos Jarras	pH inicial de trabajo	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
		Dosis de PACl (mg/L)					
E1 y Rep. E1	pH natural (8,2)	40	60	80	100	120	140
E2 y Rep. E2	6,9						

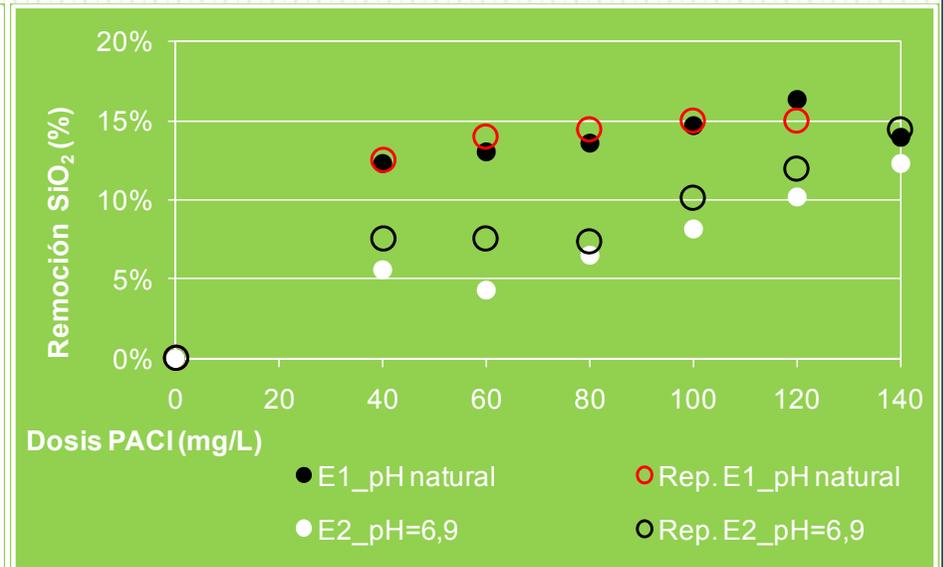
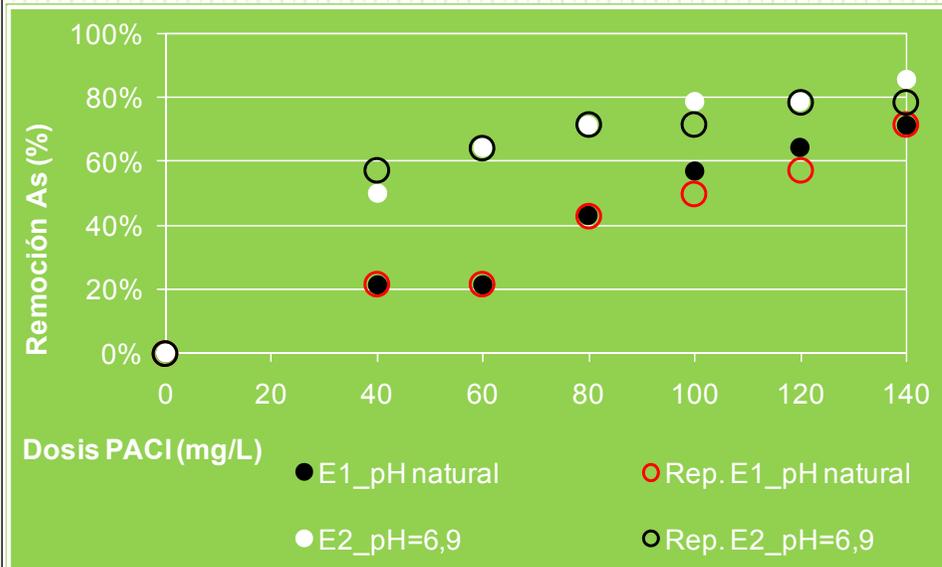
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

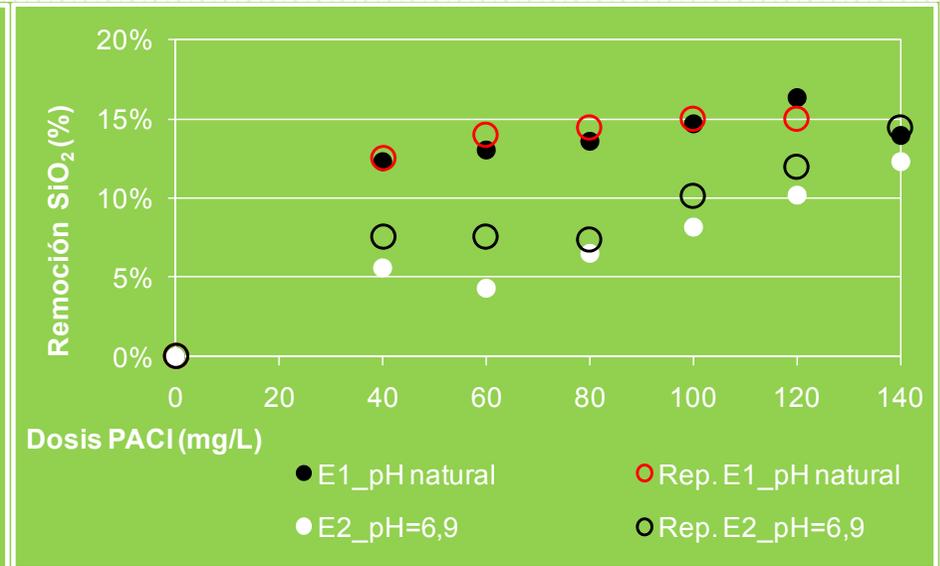
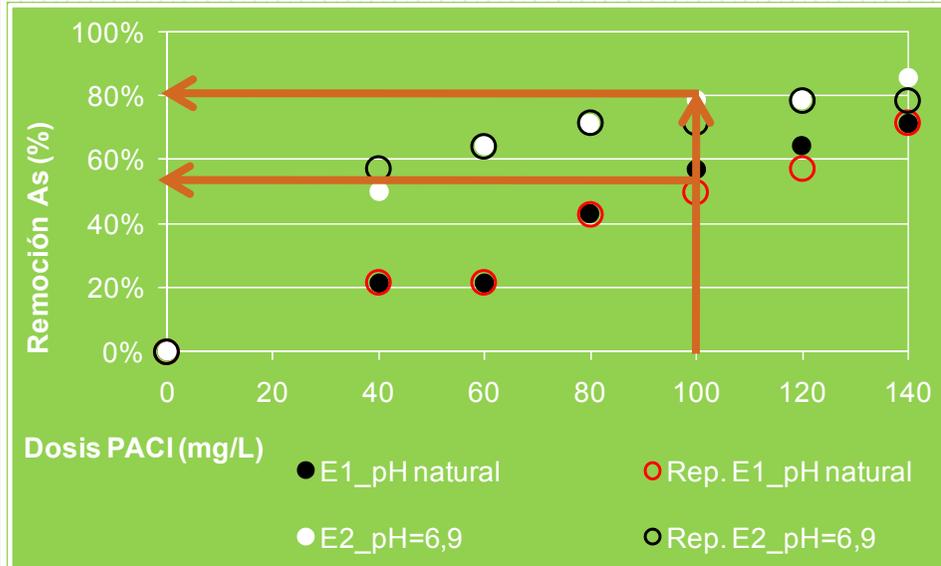
### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### RESULTADOS ENSAYOS A: con agua de Villa Cañas



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As



- La remoción de As aumenta con el incremento de la dosis y con la disminución de pH
- Con 100 mg/L PACI la remoción de As fue de aproximadamente 80% a pH 6,9, y de 55% a pH natural
- A pH natural se remueve mayor SiO<sub>2</sub> que a pH 6,9

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### *ENSAYOS B: con agua de Villa Cañas*

Ensayos de Jarras para estudiar la remoción de As y SiO<sub>2</sub> bajo distintos pH iniciales

Ensayos Jarras	Dosis PACl (mg/L)	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
		pH inicial de trabajo					
E3	100	3,0	4,0	5,0	6,0	9,0	10,0
E4 y Rep. E4		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,9

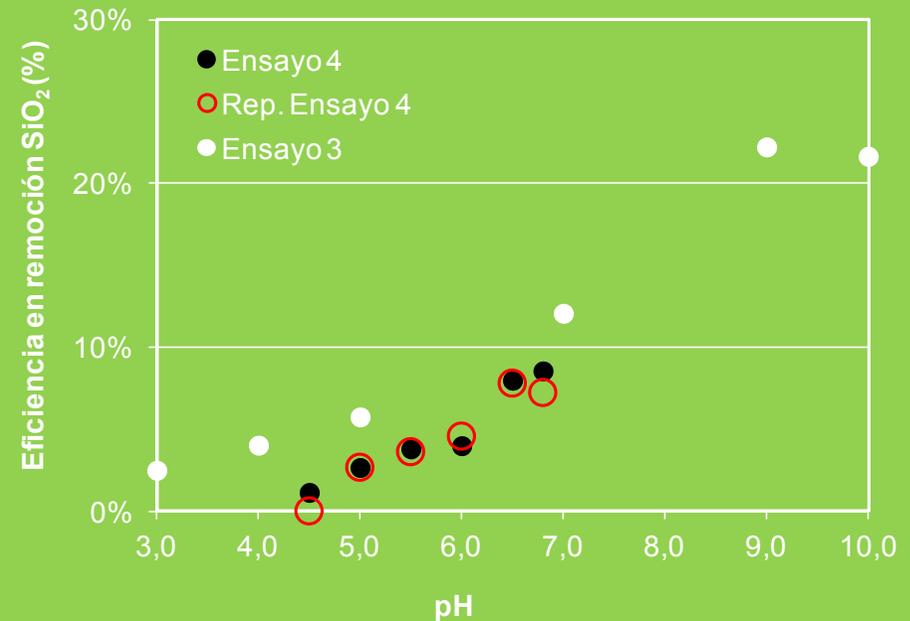
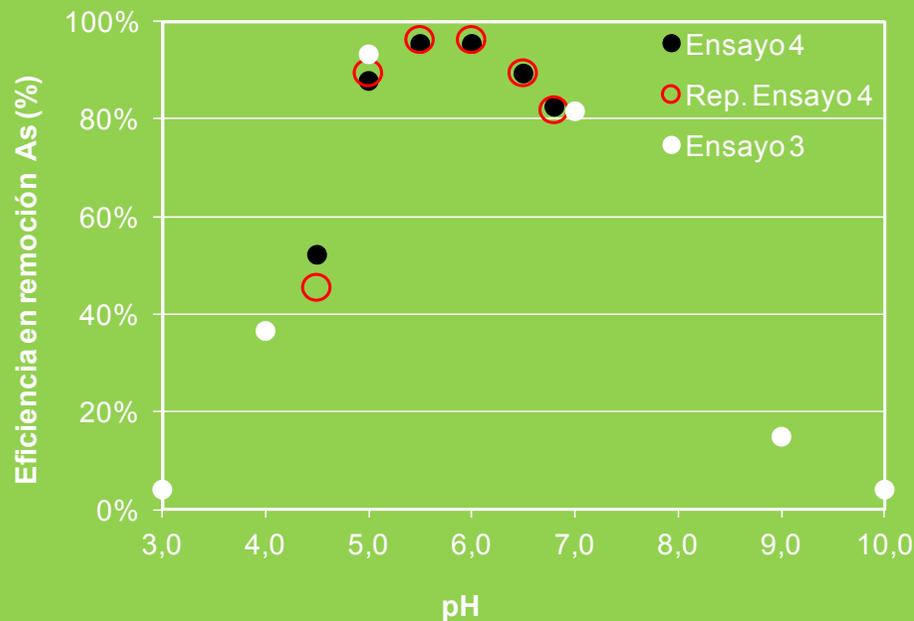
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

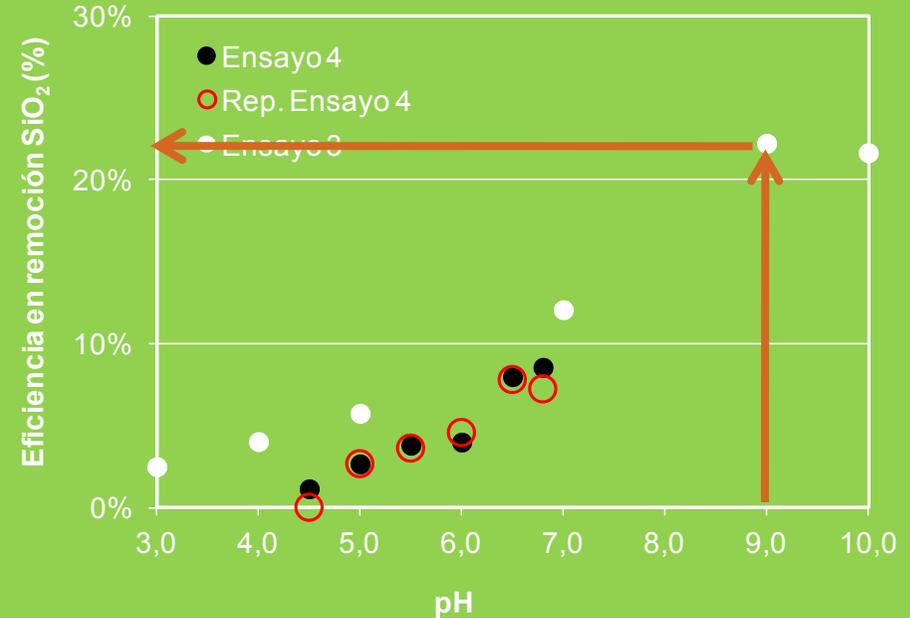
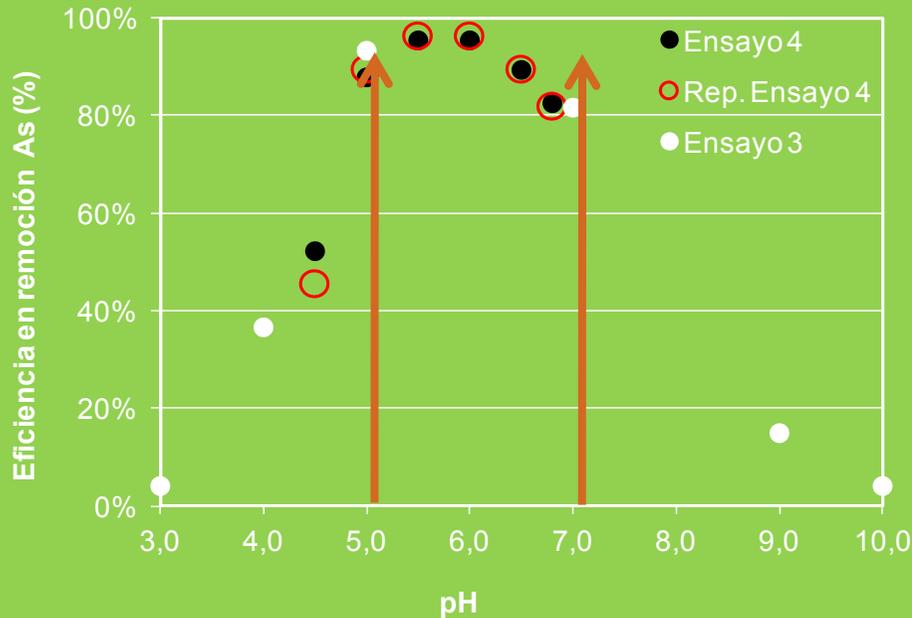
### ENSAYOS EN LABORATORIO

*RESULTADOS ENSAYOS B: con agua de Villa Cañas*



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

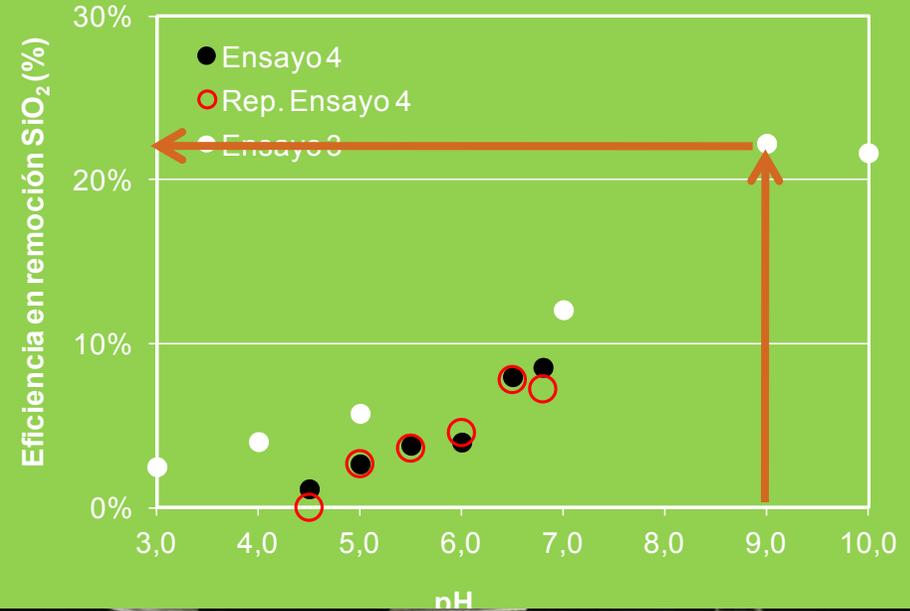
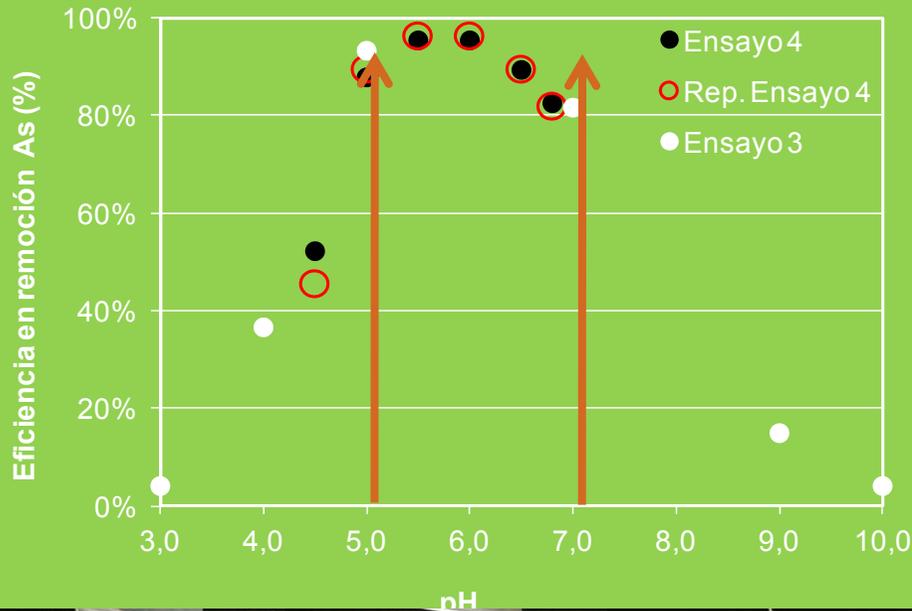
## 2. Interferencias en la remoción de As



- La remoción de SiO<sub>2</sub> aumenta con el incremento del pH, estabilizándose en un 22% a partir de pH 9,0
- La mayor remoción de As se da en un rango de pH entre 5 y 7
- Las concentraciones aceptables de Al en agua tratada se dan en un rango de pH 6,5 – 7,0

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As



# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### *ENSAYOS C: con agua de Villa Cañas*

Ensayos de Jarras para estudiar la remoción de As en función de distintas concentraciones de SiO<sub>2</sub>

Ensayos Jarras	pH inicial de trabajo	Dosis PACI (mg/L)	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
			Concentración inicial de SiO <sub>2</sub> (mg/L)					
E5	6,90	100	SiO <sub>2</sub> natural: <b>57</b>		SiO <sub>2</sub> natural: <b>56</b>		SiO <sub>2</sub> natural: <b>56</b>	
E6			SiO <sub>2</sub> natural x 1,46: <b>83</b>		SiO <sub>2</sub> natural x 1,42: <b>80</b>		SiO <sub>2</sub> natural x 1,42: <b>80</b>	
E7			SiO <sub>2</sub> natural x 1,84: <b>105</b>		SiO <sub>2</sub> natural x 1,90: <b>107</b>		SiO <sub>2</sub> natural x 1,90: <b>107</b>	

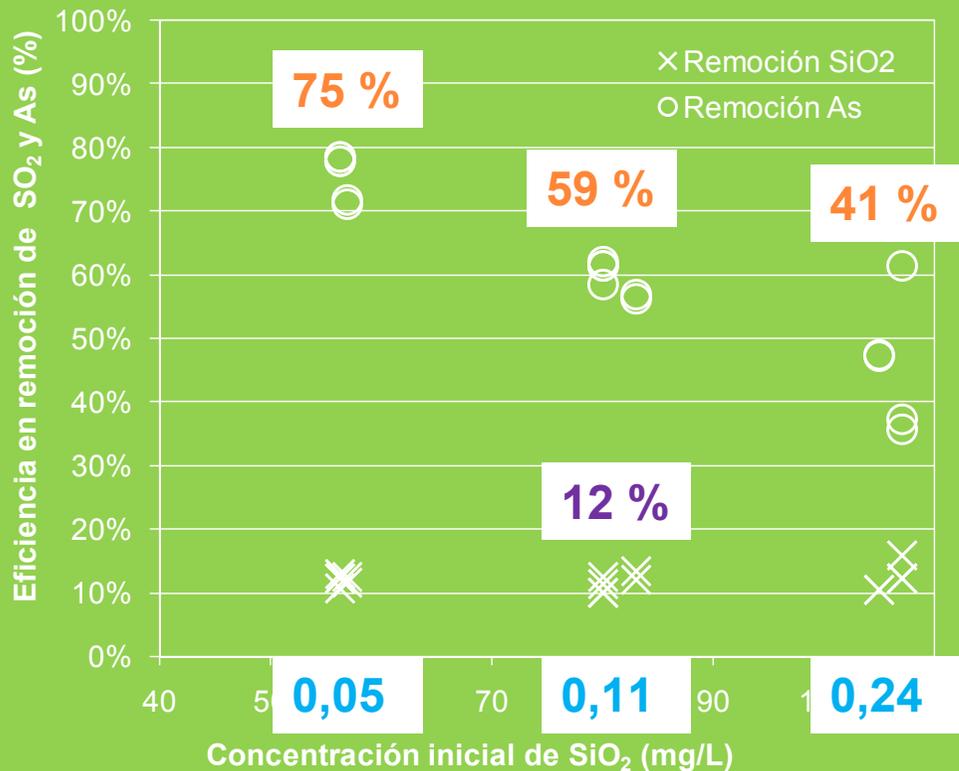
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

#### RESULTADOS ENSAYOS C: con agua de Villa Cañas



- Eficiencias promedio en remoción de As
- Eficiencias promedio en remoción de SiO<sub>2</sub>
- Concentración promedio de Al residual: incremento de SiO<sub>2</sub> aumenta el Al residual

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

*RESULTADOS ENSAYOS D: con agua preparada en laboratorio*

Ensayos de Jarras para estudiar la remoción de As en función de distintas concentraciones de SiO<sub>2</sub>

Ensayos Jarras	pH inicial de trabajo	Dosis PACI (mg/L)	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
			Concentración inicial de SiO <sub>2</sub> (mg/L)					
E8 y Rep. E8	6,90	100	0	9	23	29	38	47

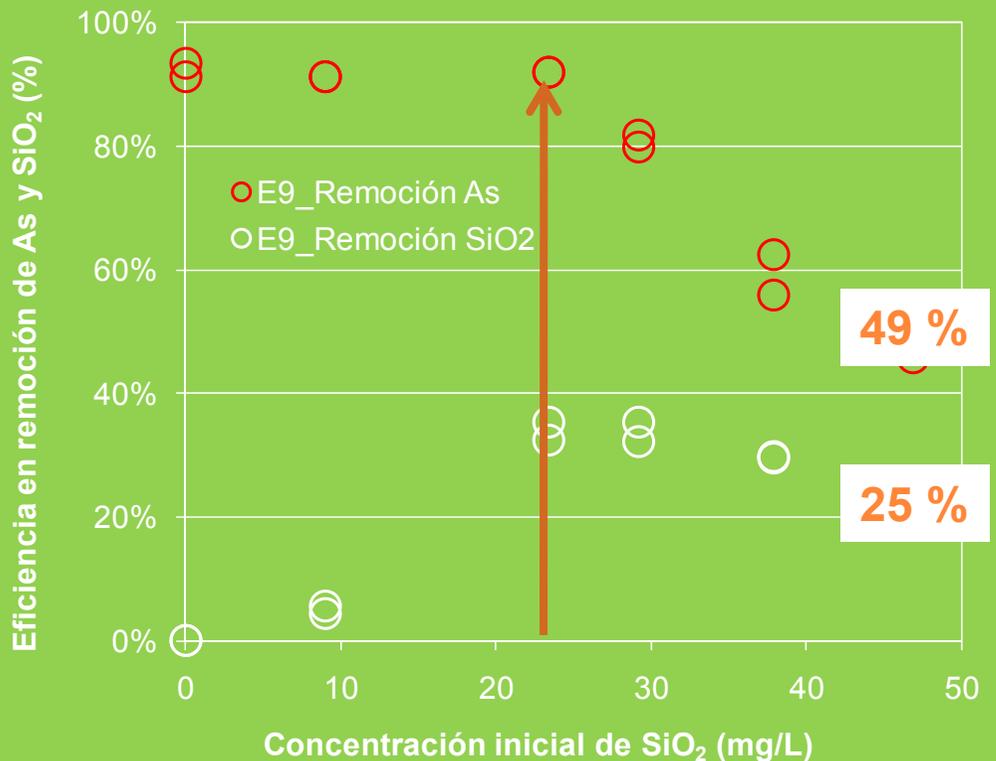
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS EN PLANTA PILOTO

### ENSAYOS EN LABORATORIO

*RESULTADOS ENSAYOS D: con agua preparada en laboratorio*



▪ Eficiencias en remoción de As afectada a partir de 20 mg/L SiO<sub>2</sub>

▪ Remoción promedio de As para 50mg/L SiO<sub>2</sub>

▪ Remoción promedio de SiO<sub>2</sub> para 50mg/L SiO<sub>2</sub>

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ALGUNAS CONCLUSIONES

- Trabajando con aguas naturales como con agua preparada se demostró que a medida que aumenta la concentración de  $\text{SiO}_2$  disminuye la eficiencia en remoción de As
- Aunque trabajar con aguas preparadas puede dar una idea de la influencia de la  $\text{SiO}_2$  en la remoción de As, su comportamiento es distinto que el que se produce en las aguas naturales con matrices complejas que no se pueden reproducir en los ensayo de laboratorio.
- En el agua subterránea ensayada, la mayor remoción de  $\text{SiO}_2$  fue de un 22% a un  $\text{pH} > 8$ , mientras que la máxima remoción de As, de 96%, se produce a  $\text{pH}$  entre 5,5 y 6,0 pero con valores altos de Al residual.

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ALGUNAS CONCLUSIONES

- Se observó un incremento en la concentración del Al residual en el agua tratada a medida que se incrementó la concentración de  $\text{SiO}_2$  con respecto al valor típico de las aguas subterráneas. Esto indicaría que la elevada presencia de dicho elemento podría inhibir la formación de los flocs de hidróxido de Al y por lo tanto disminuir la remoción de As

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### PARA SEGUIR TRABAJANDO

- Continuar con el estudio de la influencia de  $\text{SiO}_2$  en la remoción de As
- Retomar el estudio de la influencia de  $\text{PO}_4^{3-}$  en la remoción de As
- Implementar estrategias que puedan disminuir dichas interferencias, y que puedan ser aplicadas a escala real, para mejorar la calidad del agua tratada con el Proceso ArCIS-UNR®

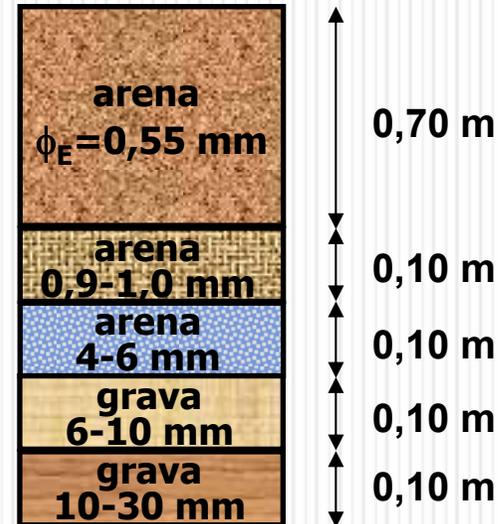
**MUCHAS GRACIAS!!!**

# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

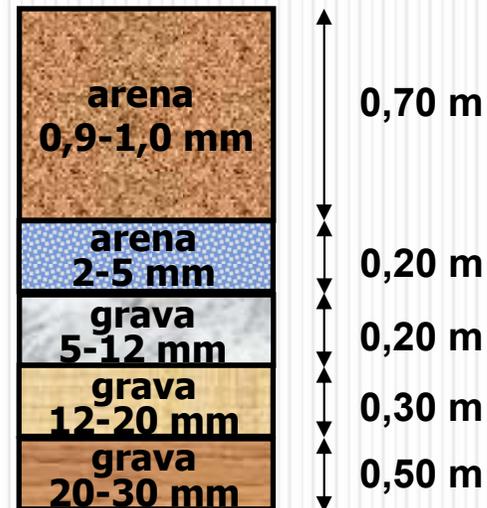
## 1. Doble Filtración Rápida

- **Granulometría del FD**  
(Di Bernardo, 1997)

**Carga total disponible H:1,15m**



- **Configuración Granulométrica del FA**



<b>Carrera Nº</b>	<b>Velocidad de Filtración (m/h)</b>	<b>Configuración Granulometría FA</b>	<b>Ph ingreso FA</b>	<b>Solución NaOH</b>	<b>Ph salida FA</b>	<b>Descarga de Fondo</b>
<b>1</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6,6</b>	<b>NO</b>	<b>6,7</b>	<b>SIN</b>
<b>2-3</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6,0-6,3</b>	<b>SI</b>	<b>7,3</b>	<b>SIN</b>
<b>4</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6,2</b>	<b>SI</b>	<b>7,3</b>	<b>CON</b>
<b>5-6</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6,9</b>	<b>NO</b>	<b>7,0</b>	<b>SIN</b>
<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6,3</b>	<b>SI</b>	<b>7,6</b>	<b>SIN</b>
<b>8</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6,9</b>	<b>NO</b>	<b>7,0</b>	<b>SIN</b>
<b>9-10</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>6,1-6,0</b>	<b>SI</b>	<b>7,1-7,2</b>	<b>SIN</b>
<b>11</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>7,0</b>	<b>NO</b>	<b>7,1</b>	<b>SIN</b>
<b>12-13</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>6,1</b>	<b>SI</b>	<b>7,3</b>	<b>CON</b>

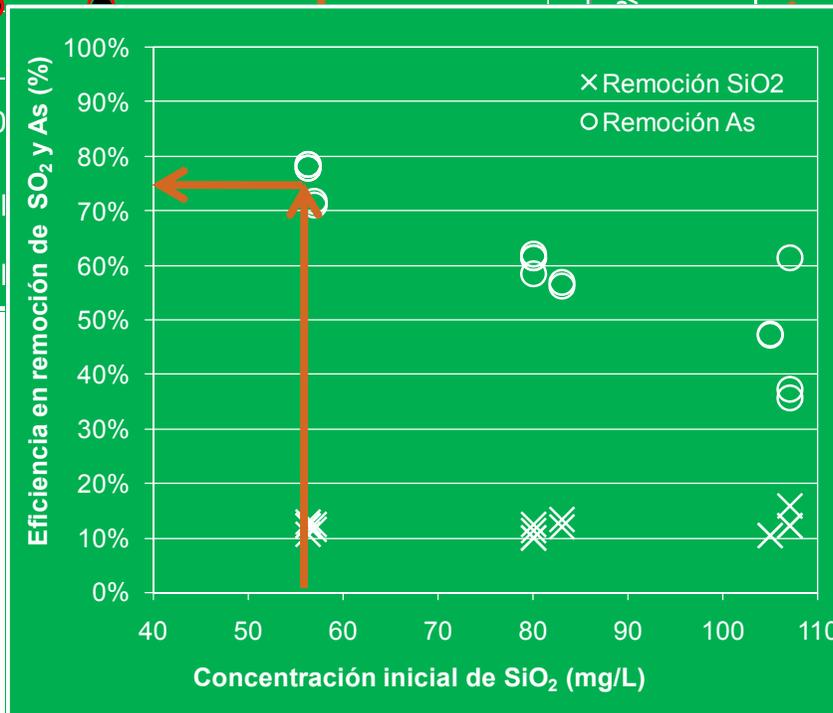
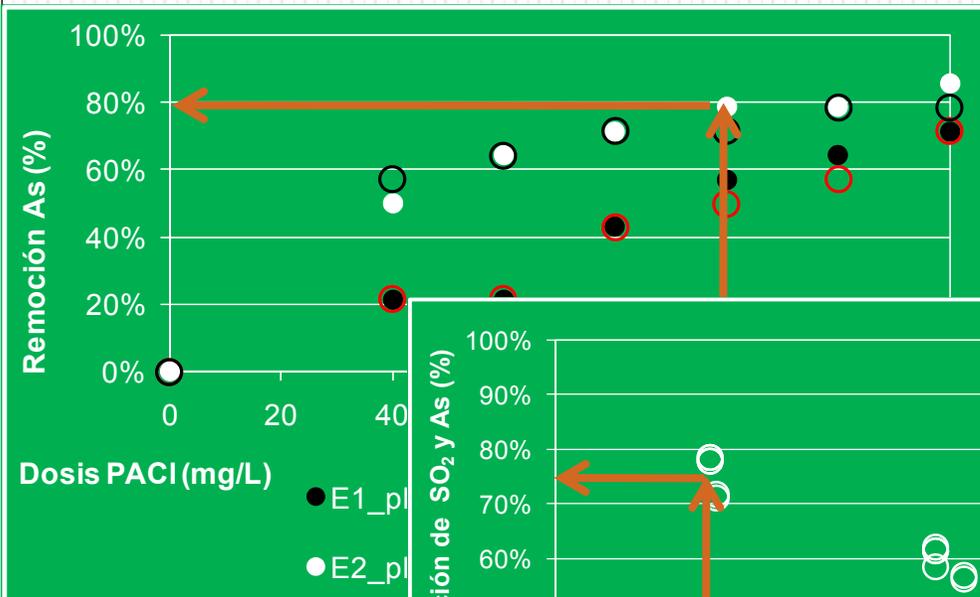
<b>Carrera N°</b>	<b>Ph ingreso FA (prom.)</b>	<b>Ph salida FD (prom.)</b>	<b>Turb. FA (prom. UNT)</b>	<b>Turb. FD (prom. UNT)</b>	<b>Duración (D) – Proyección (P) de la carrera</b>
<b>1</b>	<b>6,6</b>	<b>6,7</b>	<b>3,8</b>	<b>1,1</b>	<b>3,0</b>
<b>2</b>	<b>6,0</b>	<b>7,3</b>	<b>1,7</b>	<b>0,1</b>	<b>2,8</b>
<b>3</b>	<b>6,3</b>	<b>7,3</b>	<b>1,5</b>	<b>0,1</b>	<b>3,3</b>
<b>4</b>	<b>6,2</b>	<b>7,3</b>	<b>1,6</b>	<b>0,1</b>	<b>4,9</b>
<b>5</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>6,7</b>	<b>0,1</b>	<b>5,2</b>
<b>6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>4,9</b>	<b>0,1</b>	<b>6,3</b>
<b>7</b>	<b>6,3</b>	<b>7,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>11 (P)</b>
<b>8</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>4,1</b>	<b>0,1</b>	<b>13,6 (P)</b>
<b>9</b>	<b>6,1</b>	<b>7,1</b>	<b>6,0</b>	<b>0,1</b>	<b>7,0</b>
<b>10</b>	<b>6,0</b>	<b>7,2</b>	<b>6,7</b>	<b>0,1</b>	<b>9,3 (P)</b>
<b>11</b>	<b>7,0</b>	<b>7,1</b>	<b>2,1</b>	<b>0,1</b>	<b>13,1 (P)</b>
<b>12</b>	<b>6,1</b>	<b>7,3</b>	<b>4,4</b>	<b>0,1</b>	<b>7,5 (P)</b>
<b>13</b>	<b>6,1</b>	<b>7,3</b>	<b>5,5</b>	<b>0,1</b>	<b>8,4</b>

Carrera N°	As crudo (mg/L)	As FD (prom. mg/L)	F <sup>-</sup> crudo (mg/L)	F <sup>-</sup> FD (prom. mg/L)	Al FD (prom. mg/L)	% Remoción de As	% Remoción de F <sup>-</sup>
1	0,09	< 0,02	2,7	2,1	0,36	> 78 %	22 %
2	0,09	< 0,02	2,7	2,0	< 0,02	> 78 %	26 %
3	0,09	< 0,02	2,7	1,9	< 0,02	> 78 %	30 %
4	0,08	< 0,02	2,4	1,8	< 0,02	> 75 %	25 %
5	0,08	< 0,02	2,6	1,7	< 0,02	> 75 %	35 %
6	0,08	< 0,02	2,6	1,8	< 0,02	> 75 %	31 %
7	0,08	< 0,02	2,6	1,6	< 0,02	> 75 %	38 %
8	0,08	0,02	2,5	2,1	< 0,02	71 %	16 %
9	0,12	< 0,02	2,5	1,5	< 0,02	> 83 %	40 %
10	0,08	< 0,02	2,6	1,4	0,03	> 75 %	46 %
11	0,12	< 0,02	2,5	2,0	0,02	> 83 %	20 %
12	0,08	< 0,02	2,6	1,7	< 0,02	> 75 %	35 %
13	0,08	< 0,02	2,6	1,4	< 0,02	> 75 %	46 %

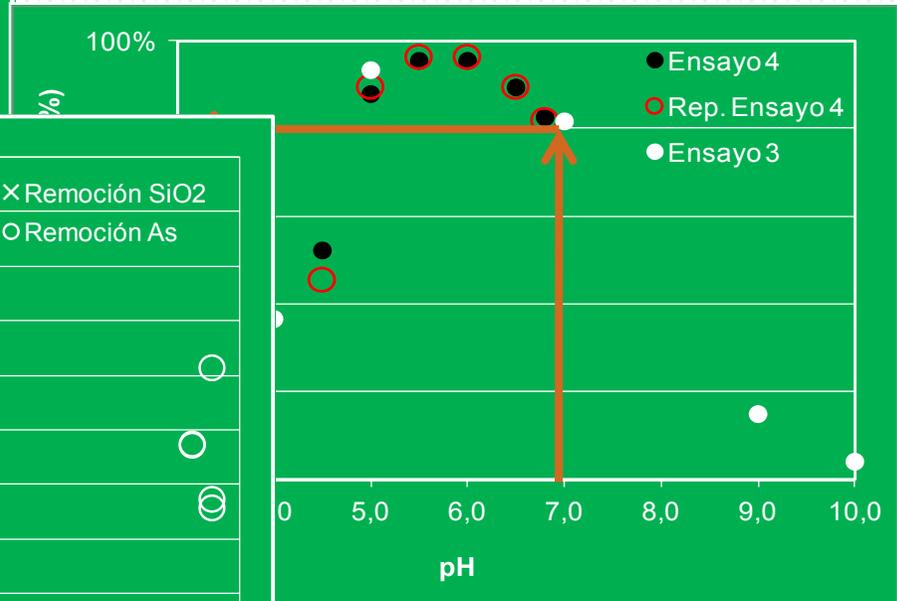
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS A



### ENSAYOS B



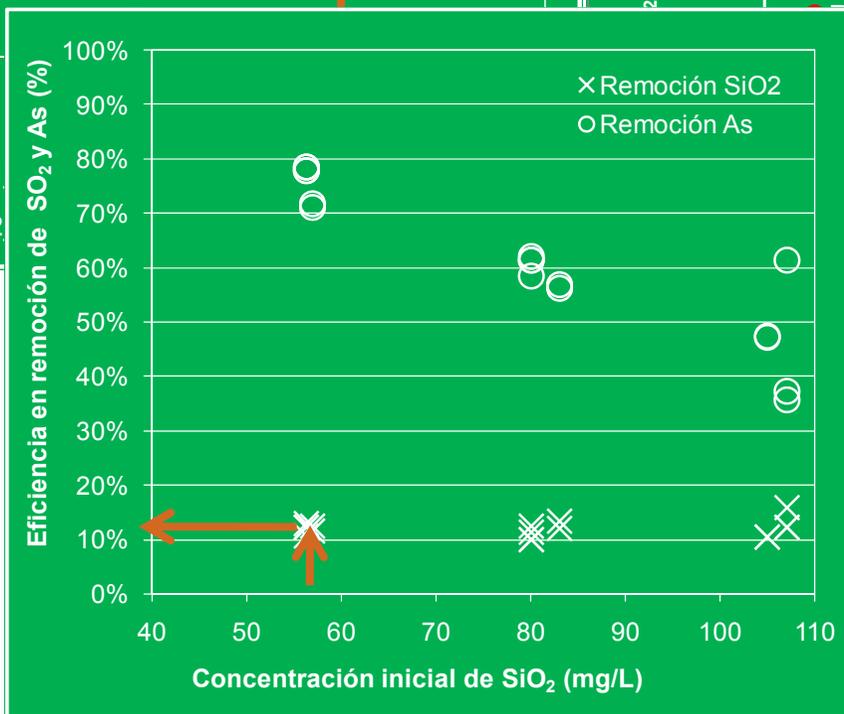
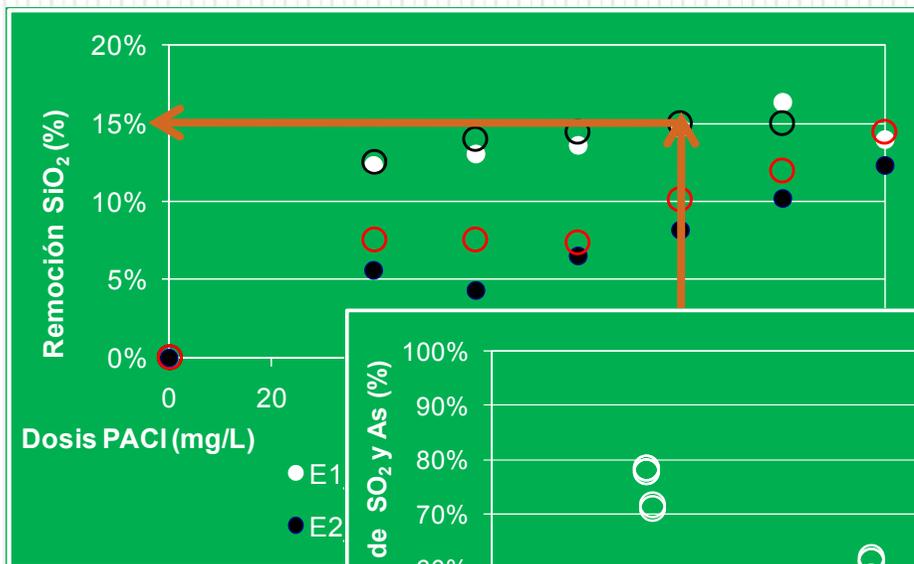
### ENSAYOS C



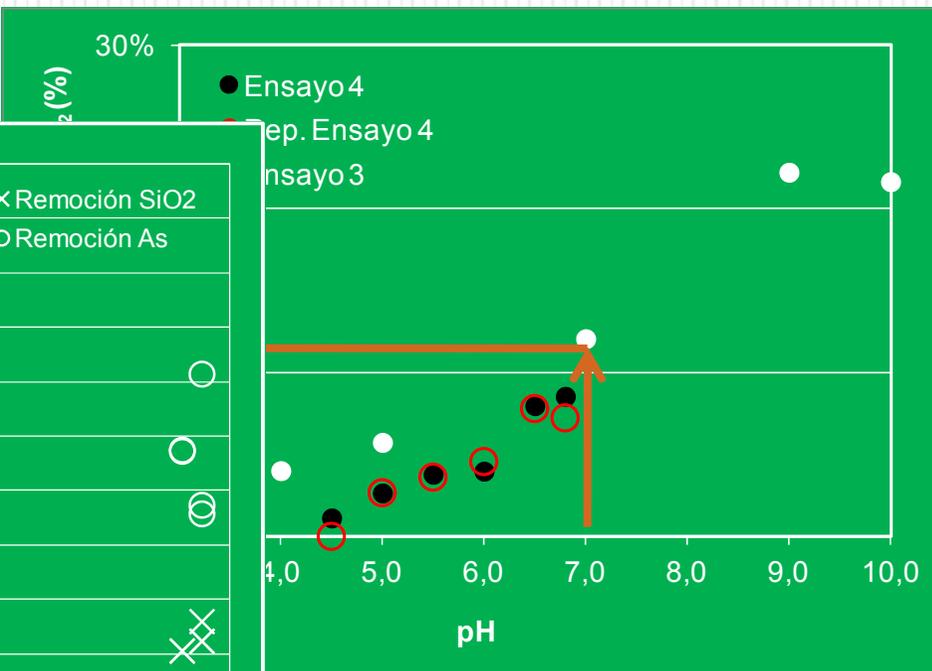
# OPTIMIZACIÓN PROCESO ArCIS-UNR®

## 2. Interferencias en la remoción de As

### ENSAYOS A



### ENSAYOS B



### ENSAYOS C

