Avances en la Foto Remediación de Aguas Contaminadas con Arsénico

Dr. Ramiro Escalera (Director del Centro de Investigaciones en Procesos Industriales - CIPI)

Dr. Omar Ormachea (Director del Centro de Investigaciones Ópticas - CIO)







CONTENIDO

1. Problemática del As en Bolivia y Sud-América. Problema tecnológico
2. Caracterización Óptica de Concentradores Circulares
3. Métodos y equipos
4. Resultados experimentales
5. Cinética de crecimiento de flóculos
6. Conclusiones
7. Trabajos a realizar

1. Problemática del As en Bolivia y Sud-América

La contaminación natural de aguas subterráneas con As es una problemática mundial; ej. Bangladesh, India, Chile, Argentina entre otros.

En Bolivia se detectaron regiones en el Altiplano (lago Poopo) con concentraciones de As que sobrepasan hasta en 25 veces la recomendación de la OMS (10 μg/l)

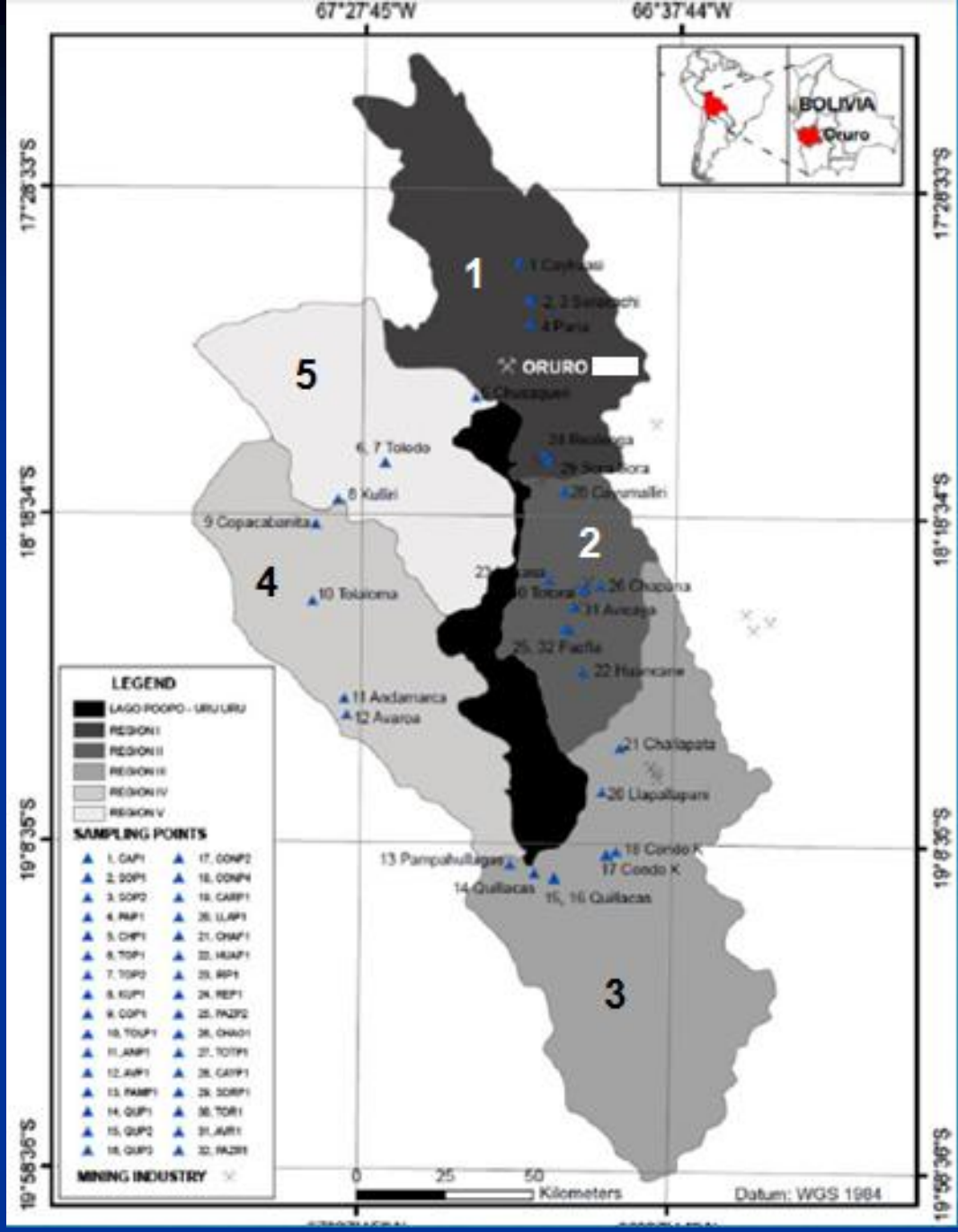
[1] Hug, S.T., Wegelin, M., Gechter, D., Canonica, L., *"Arsenic contamination of ground water: disastrous consequences in Bangladesh".* EAWG News 49, (**2001)** 18–20.

[2] Cornejo, L., Mansilla, H.D., Arenas, J., Flores, M., Flores, V., Figueroa, L., Yáñez, J., *"Remoción de Arsénico en aguas del río Camarones, Arica, Chile, utilizando la Tecnología RAOS modificada",* en: Avances en tecnologías económicas solares para la desinfección, descontaminación y remoción de arsénico en aguas de comunidades rurales de América Latina (métodos FH y RAOS, Proyecto OEA AE141/2001, (**2004**), 85–92.

[3] Ormachea M., *"Evaluation of shallow groundwater quality and arsenic presence in the basin of lake Poopó - Bolivia"*. Memoria 2008, 3er Congreso Internacional de agua subterránea para el desarrollo sustentable, La Paz, (**2008**), 139-146

Zona	µg L^{-1}
1	5,6 - 24,3
2	5,6 - 185,7
3	17,3 - 233,3
4	38,8 - 116,8
5	15,9 - 242,4

Fuente: Ramos *et al. (2011)*



1. Problemática del As en Bolivia y Sud-América

N°	Codigo de muestra	abr-11	sep-11
		µg/L	µg/L
1	OTB 0-1	39,7	143,6
2	OTB 0-2	153,0	496,0
3	CLP-1	< LD	< LD
4	OTB1-1	< LD	3,3
5	OTB1-2	46,2	188,8
6	OTB-2	< LD	< LD
7	OTB-3	24,4	193,8
8	OTB-4	< LD	< LD
9	OTB-5	< LD	25,3
10	OTB 5-2	8,1	11,8
11	OTB 7-1	104,2	581,7
12	OTB 7-2	12,3	3,4
13	OTB-9	< LD	< LD
14	OTB-10	8,2	< LD
15	OTB-11a	50,0	150,1
16	OTB-11b	< LD	34,4
17	OTB-12	93,5	186,7
18	CLP-2	< LD	< LD

Análisis realizado en colaboración con la UMSA.

Recomendación de la OMS para el As (10 µg/l)

% muestras inferiores a la NB	55,6%	44,4%
% muestras 10-50 ppb	27,8%	16,7%
% muestras 50 -100 ppb	5,6%	0,0%
% muestras 100 -250 ppb	11,1%	27,8%
% muestras 250 - 600 ppb	0,0%	11,1%

1. El problema tecnológico

Procesos de foto-oxidación aplicados a la remoción de As en aguas de suministro

El proceso RAOS (Wegelin et al, 2000)

- Aguas subterráneas que contienen iones Fe, 100 - 150 ppb As (III)
- Botellas PET, 4-8 gotas de jugo de limón, 4-5 h irradiación UVA (80 ± 20 Wm^{-2})
- 45-78% eficacias de remoción, < 50 ppb As

El Proceso RAOS modificado Cornejo et al, 2008)

- Aguas de río que no contienen iones Fe, > 1000 ppb As (III,V)
- Botellas PET, 1-2 g virutas de acero, 1 gota de jugo de limon seleccionado, 6h irradiación UVA (2.1 Wm^{-2})
- > 99% eficacias de remoción, < 10 ppb As

1. El problema tecnológico

Limitaciones y necesidades en áreas rurales:

- Pequeñas capacidades (20 L/m^2; 4 h). Conveniente sólo para beber y cocinar, 4 personas/d
- No son muy conveniente para:
  - Escuelas, postas sanitarias
  - Necesidades de agua para animales de crianza
  - Riego de cultivos

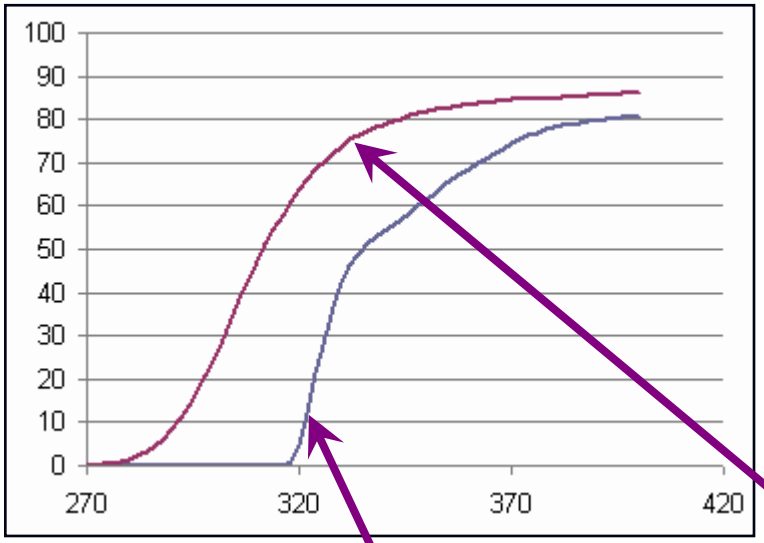
Se necesita un sistema de tratamiento de flujo continuo de bajo costo y de mayor capacidad.

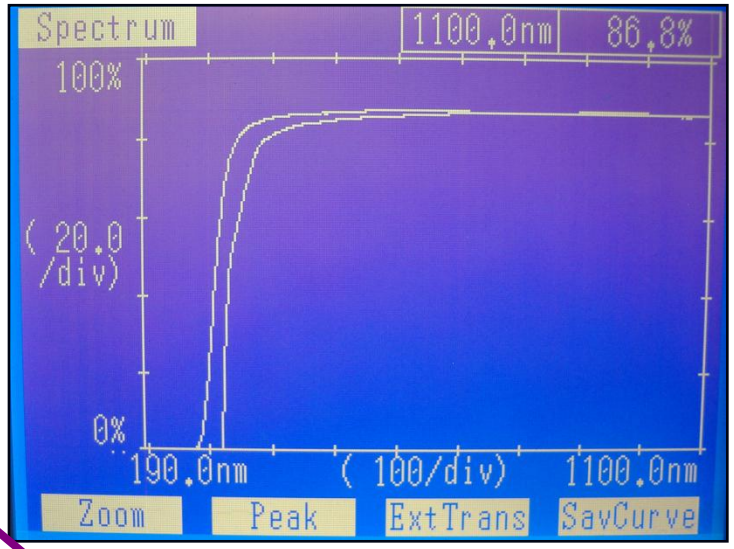
2. Concentrador solar semi-circunferencial

Tuberías de PVC cortadas

¿Porqué tubos de Ne?

Tubos usados de Ne









Botella PET

Tubos de Ne

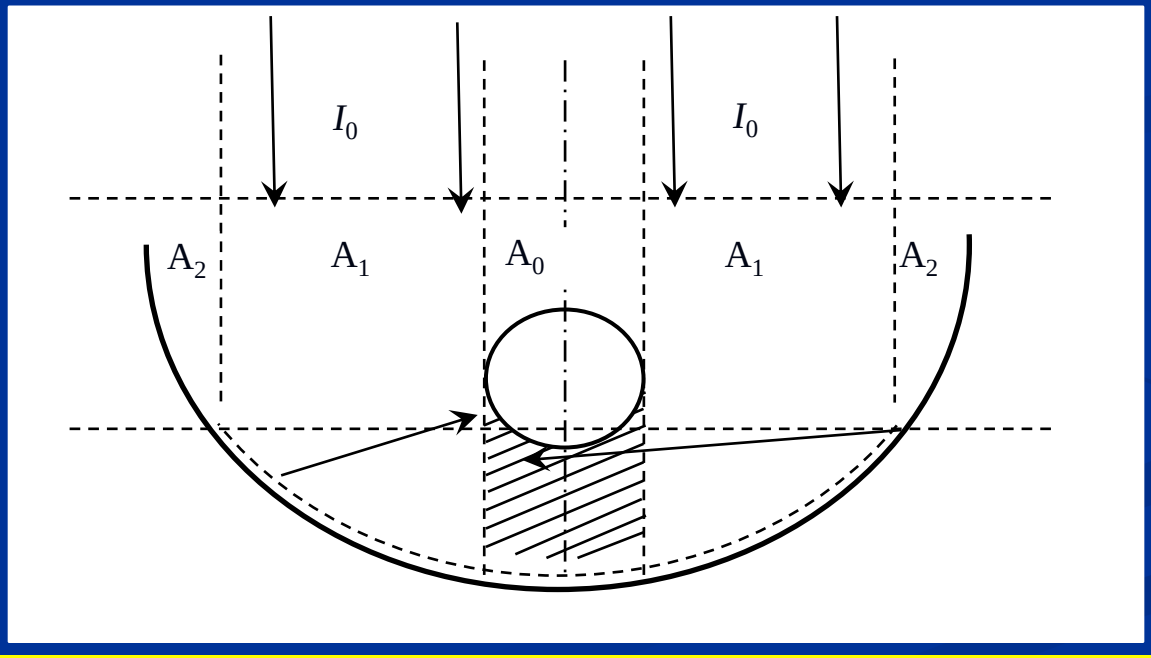
io

2. Caracterización Óptica

Potencia recibida por la solución en el colector solar

$$P_{tubo}^{colector} = I_0(A_0 \cdot T_{tubo} + 2A_1 \cdot R_{Al} \cdot T_{tubo} + A_0 \cdot T_{Solucion}^{As} T_{tubo} R_{Al} T_{tubo})$$





2. Caracterización Óptica

Potencia recibida por el tubo bajo la influencia del colector

$$P_{tubo}^{colector} = I_0(A_0 \cdot T_{tubo} + 2A_1 \cdot R_{Al} \cdot T_{tubo} + A_0 \cdot T_{Solucion}^{As} T_{tubo} R_{Al} T_{tubo}) \qquad (1)$$

Parámetro	Magnitud
T_{tubo}	0.851
R_{Al}	0.80
A_1	0.0456 m^2
$2A_1$	0.0913 m^2
A_0	0.04 m^2

Datos experimentalmente medidos

$$T_{Solucion}^{As} = 0.7$$

$$P_{tubo}^{colector} = I_0(0.062 + 0.034 + 0.016)$$

Relacion de potencias entre el tubo con colector y el tubo libre

$$\frac{P_{tubo}^{colector}}{P_{tubo}} = \frac{I_0(0.112)}{I_0(0.04)}$$

$$P_{tubo}^{colector} = 2.8 P_{tubo}$$

2.8



$$I_0 = 70\ W/m^2$$

UVA - Cbba

$$I_{tubo}^{colector} = 196 W/m$$

3. Métodos y equipos





Dosis molar optimizada por Lara *et al.* (2006) As:Citrato:Fe (II) = 1:5:19

Aireación por varios minutos

Aguas con 1000 mg-As(V)/L

3. Métodos y equipos

Determinacion analitica de As

Metodo espectrofotometrico (Johnson, 1972). As(V). Agua destilada artificialmente contaminada con As(V)

AAS & generador de hidruros. As total. Agua de pozo artificialmente contaminada con As (V)

3. Métodos y equipos

- Pruebas batch sin agitación de manera "tradicional". Agua destilada
- Pruebas batch de irradiación seguida de agitación controlada a 33 s^{-1} de gradiente de velocidad. Agua destilada
- Pruebas de flujo continuo con 15 min de tiempo de residencia hidráulico = tiempo de irradiación, seguida de agitación controlada a 33 s^{-1} de gradiente de velocidad con agua de pozo contaminada artificialmente con As(V)

4. Resultados Experimentales

Pruebas batch sin agitación. 6 h irradiación

REACTOR	RUVA, Wm^{-2}	Tiempo de irradiación, min	Tiempo de aparición de flóculos visibles, min	Indice de Willcomb después de 4 h de irradiación	Tamaño de flóculo, mm
Botella PET 2 L	62,6	240	95	10	> 2
	63,0	240	115	10	> 2
Tubo de vidrio	62,6	240	50	10	> 2
	63,0	240	59	10	> 2
Concentrador solar	62,6	240	45	10	> 2
	63,0	240	43	10	> 2