



PREPARACIONES DE AGUAS SINTETICAS EMPLEANDO PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) COMO POTENCIAL BIOADSORBENTE

Universidad del Tolima

Osorio, Ángela; Paz, Isabel; Sandoval, Angélica.

Facultad de ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. Grupo de investigación interdisciplinario en fruticultura tropical.
e-mail: aposorios@ut.edu.co; icpaza@ut.edu.co; apsandovala@ut.edu.co.

INTRODUCCIÓN

La implementación de nuevas tecnologías ha aumentado la explotación de los recursos naturales y la contaminación de los cuerpos de agua debido al uso continuo de metales pesados. El Arsénico (Pérez, 2005), se puede encontrar a altas concentraciones debido a los procesos naturales y a actividades antropogénicas como la minería (Bundschuh et al, 2009). Uno de cada 10.000 habitantes tiene riesgo de sufrir cáncer de piel debido a la ingesta diaria de agua con concentraciones de 0,002 mg/L de arsénico (As), aún cuando el valor referido para la afectación de la salud es de 0,01 mg/L (OMS, 2012). Con el objetivo de mitigar problemáticas de contaminación, se propone utilizar pulpa de café (*Coffea arabica*; var. Caturra), desecho agroindustrial generado en las zonas cafeteras de Colombia, como bioadsorbente para limpiar aguas contaminadas por Arsénico.

Tabla 1. Reportes de concentración de arsénico en fuentes hídricas

Lugar	Tipos de agua	Concentración (mg/l)	Referencia	Valor máximo permitido (OMS)
En el mundo	Subterránea	Normalmente < 0,01 (existen valores puntuales naturales > 50)		
Calcuta, India	Influencia de planta de pesticidas.	0,05- 23,8	Galindo, G, et al (2005)	0,01 mg/L
Bangladesh	Agua de pozo	<0,01- > 1		
China	Agua de pozo	0,00003- 0,00141		
En la tierra	Agua de pozo	0,001-0,008		
Cordoba (Argentina)	Agua subterránea	0,1-3,8		
Colombia	Tipo de Aguas	mg/L	Referencia	
	Vertimiento	0,0263		
	Aguas arriba Quebrada la llorona	1,4014		
	Vertimiento Aguas arriba Quebrada San Jorge	0,6054		
	Vertimientos Aguas abajo Quebrada Sebastian	0,0328		
Marmato (Caldas)	Vertimiento Aguas abajo Quebrada Pantano	0,0196	UPME, (2015).	0,01 mg/L
	Vertimiento Aguas abajo Quebrada Arenosa	0,0676		
	Pantano Agua de pozo (Pozo grande)	1,3613		
Bucaramanga	Agua de pozo (pozo Bucarica)	0,004		
	Agua de pozo (pozo Bucarica)	0,003		
	Aguas abajo quebrada la Arenosa	0,09		
Cajamarca (Tolima)	Rio Coello	0,025	Morales, et al, (2016)	

METODOLOGIA

Este proyecto se desarrolló con el fin de determinar la capacidad de adsorción de Arsénico contenido en aguas sintéticas sobre pulpa de café (*Coffea arabica*).

La biomasa fue recolectada en Cajamarca (Tolima), municipio productor de pulpa de café.

Figura 1. Protocolo inicial de pre-tratamiento



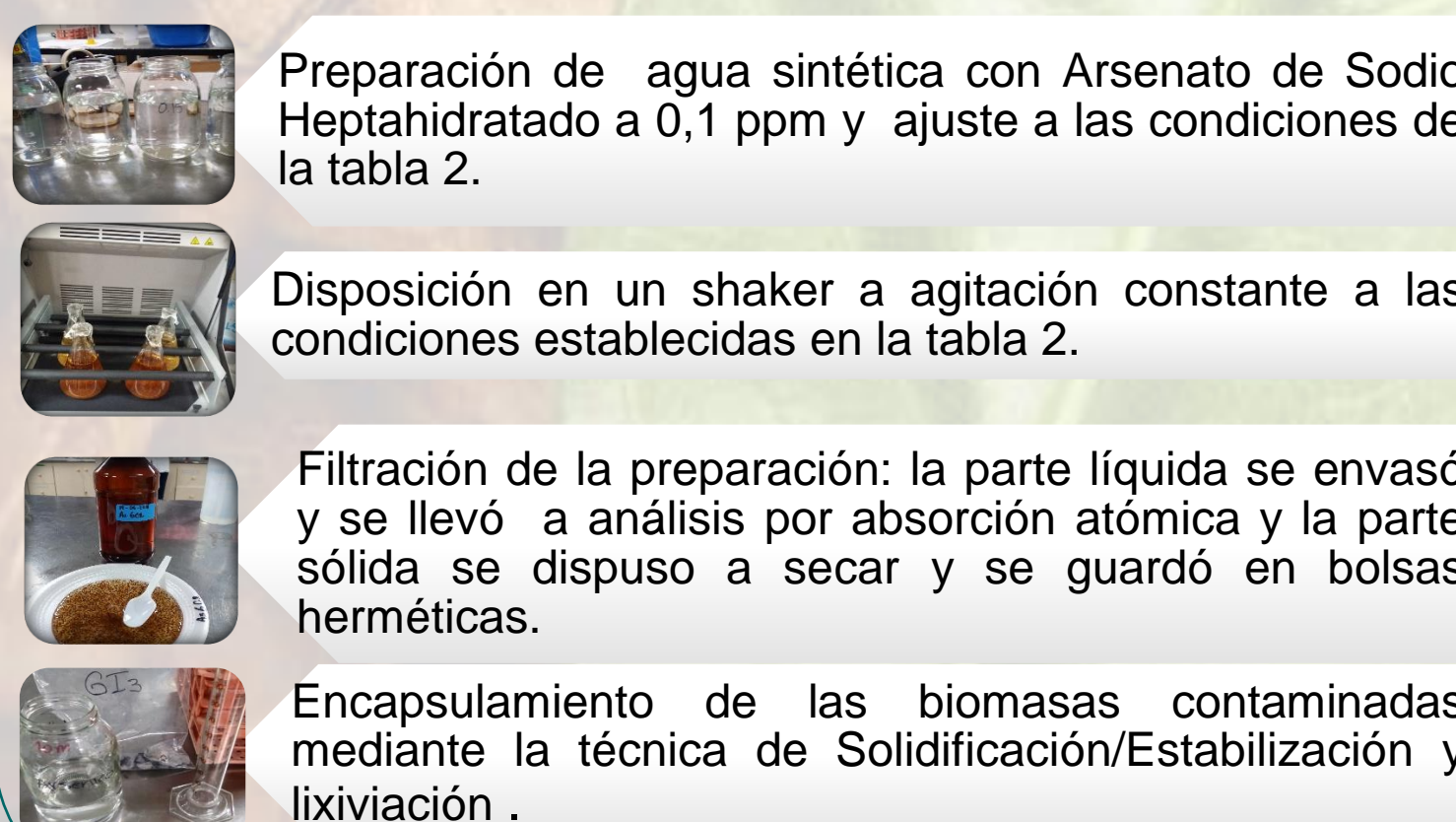
Para evaluar el efecto del diámetro de partícula, de la relación masa de biomaterial/volumen de solución y del tiempo de proceso sobre la capacidad de bioadsorción de arsénico en pulpa de café, se implementó un diseño experimental factorial 2³, cada punto con su réplica, y 4 puntos centrales.

Tabla 2. Resumen de las condiciones de operación

Variable de entrada				Número de ensayos	Variable de salida	Variables fijas		
Diámetro de partícula (mm)	Masa de biomasa/vol solución, g/L	Tiempo (h)	Concentración inicial de arsénico en solución			Variable	Valor	Justificación y Referencia
0.3	1	1	2	Concentración remanente de arsénico en la solución (mg/L)	Concentración inicial de arsénico en solución	0,1 mg/L ó ppm	Valores oscilantes que van desde 0,002 reportados por Morales et al. (2016) en aguas del municipio de Cajamarca.	
		5			2	pH	5	Se usó el pH óptimo reportado por Gaviria y Velázquez (2005) y Bida et al. (2005).
1.0	1	1	2		T	28°C	Aproximación de la temperatura de operación reportada por los autores mencionados y temperatura máxima esperada para fuentes hídricas.	
		5	2		Velocidad de agitación	150 rpm	Reportada por los autores mencionados anteriormente como la óptima para los ensayos.	
0.6	3	3	4		Volumen de solución	500 ml	Volumen reportado por el laboratorio para determinación de arsénico en soluciones por absorción atómica.	
					TOTAL / BIOMASA	20		

Para llevar a cabo los experimentos se realizó el siguiente protocolo de preparación:

Figura 2. Protocolo de montaje y preparación de experimentos



RESULTADOS

A los datos se les aplicó un análisis de varianza para determinar el efecto de las variables analizadas sobre la cantidad de Arsénico removido.

Tabla 3. Anova

Fuente de variación	SS	df	MS	Fo
A	69,3056	1	69,306	2,28
B	213,8906	1	213,891	7,05
C	1374,5556	1	1374,556	45,32
AB	1019,2056	1	1019,206	33,60
AC	708,8906	1	708,891	23,37
BC	730,3506	1	730,351	24,08
ABC	185,6406	1	185,641	6,12
Curvatura	17,9551	1	17,955	0,59
Error	333,6550	11	30,332	
Total	4653,4495	19		

Se determinó un modelo para predecir el porcentaje de remoción de Arsénico en función de las variables:

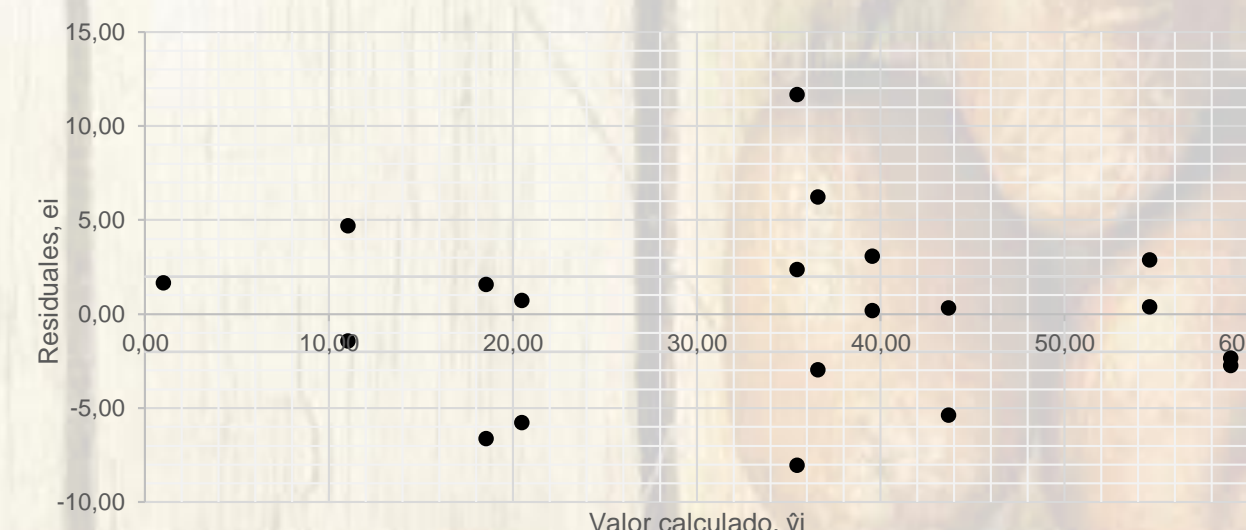
$$y = 35,4550 + (-3,6563 * X_2) + (-9,2688 * X_3) + (7,9813 * X_1 * X_2) + (-6,6563 * X_1 * X_3) + (-6,7563 * X_2 * X_3) + (3,4063 * X_1 * X_2 * X_3)$$

Donde : X corresponde a las variables parametrizadas

- X1: Diámetro de partícula (mm)
- X2: Relación Biomasa / Volumen (g/L)
- X3: Tiempo (Horas)

$$R^2 = 0,93$$

Gráfica 1. Residuales Vs % de Arsénico adsorbido predicho con el modelo.



La gráfica de residuales indicó que los datos no están normalmente distribuidos. Se considera que la alta variabilidad de los datos se debe probablemente a imprecisiones en la medida de valores de concentración de Arsénico tan pequeños con los que se trabaja.

CONCLUSIONES

Según los resultados de la ANOVA se puede inferir que:

- No hay efecto principal del diámetro de partícula sobre el porcentaje de Arsénico adsorbido.
- La relación biomasa /volumen y el tiempo de contacto si muestran un efecto principal sobre la adsorción del metal.
- Se presenta interacción entre las diferentes variables estudiadas.

Según lo planteado anteriormente, y con base en la información reportada por otros autores con diferentes metales, para este caso se obtuvo el rango mas alto 56,5% y bajo 12,65% de adsorción de Arsénico con diámetros de partícula (1 y 0,3 mm), relación biomasa/ volumen (2,5 g/L) y tiempos de contacto (1 y 5 horas) respectivamente, lo cual indica que es suficiente emplear tiempos bajos de contacto para lograr buenos porcentajes de adsorción.

Confirmando el hecho de que el tamaño de la partícula no tiene ningún efecto en la eliminación del metal y que este proceso es una función tanto de la concentración del adsorbente, pH, concentración de iones metálicos y temperatura (Azouaou et al, 2010) como de la velocidad de agitación en el tiempo de equilibrio (Imessaoudene et al, 2013).

AGRADECIMIENTOS

- A la oficina de investigaciones y desarrollo científico de la Universidad del Tolima por la financiación del proyecto de investigación del Grupo interdisciplinario en fruticultura tropical código 30130517.
- Al laboratorio de Postcosecha de la Universidad del Tolima por facilitar el espacio y los equipos para desarrollar los experimentos del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Azouaou, N., Sadaoui, Z., Djaafri, A., & Mokaddem, H. (2010). Adsorption of cadmium from aqueous solution onto untreated coffee grounds: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Journal of hazardous materials*, 184(1-3), 126-134.
- Bundschuh J., Armienta M.A., Birkle P., Bhattacharya P., Matschullat J. y Mukherjee AB. (2009). Natural arsenic in groundwaters of Latin America. Editorial Taylor & Francis Group. UK.
- Imessaoudene, D., Hanini, S., & Bouzidi, A. (2013). Biosorption of strontium from aqueous solutions onto spent coffee grounds. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 298(2), 893-902.
- OMS. (2012). Arsénico. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- Pérez, G. (2005). Disponibilidad de metales tóxicos en sitios contaminados: Aplicaciones y limitaciones de la fraccionación en la determinación de gradientes de polución. Tesis de Doctorado - Química, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 378 p.