



**Ciencia Latina**  
Internacional

---

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,  
Volumen 8, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3)

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE  
REDUCCIÓN DEL ARSÉNICO MEDIANTE EL  
MÉTODO DE ADSORCIÓN CON CARBÓN  
ACTIVADO DE PEPAS DE CIRUELA**

**PROPOSAL FOR ARSENIC REDUCTION TREATMENT USING  
THE ADSORPTION METHOD WITH ACTIVATED CARBON  
FROM PLUM SEEDS**

**Luis Alberto Tarazona Estrada**  
Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11700](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11700)

## Propuesta de Tratamiento de Reducción del Arsénico Mediante el Método de Adsorción con Carbón Activado de Pepas de Ciruela

Luis Alberto Tarazona Estrada<sup>1</sup>

[luis.tarazona.e@uni.pe](mailto:luis.tarazona.e@uni.pe)

<https://orcid.org/0009-0006-9476-2170>

Universidad Nacional de Ingeniería

Perú

### RESUMEN

El estudio tiene el objetivo de proponer y aplicar el carbón activado de pepa de ciruela (*Spondias Purpurea*), mediante el método de adsorción para la reducción de arsénico en las aguas subterráneas de Jayanca en 2023. Se tomó un punto de mayor concentración de arsénico, (M1, 0.075 mg/l), la activación del carbón activado se hizo con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85%, ejecutando en 5 fases, se realizaron 54 ensayos y para las pruebas se trabajó con concentraciones de 01 gramos 0.8 gramos 1.5 gramos en 100 ml, bajo agitación constante (agitador magnético, 300 rpm), con un tiempo de contacto de 5 min., 30 min. y 55 min. Las capacidades de reducción a una muestra sintética de Arsénico a 100 mg/l obtuvo un nivel de eficiencia de 100%, es decir; apta para el consumo humano, utilizando el carbón activado de pepa de ciruela *Spondias Purpurea*, con un tiempo de contacto máximo de 55 min., de modo que, este tratamiento con *Spondias Purpurea* es una opción viable para la reducción de arsénico en aguas subterráneas, para permanecer por debajo de los límites máximos permisibles, descritas por las leyes peruanas en la Norma Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y Decreto Supremo N.° 031-2010-SA (MINAM, 2017).

**Palabras clave:** Arsénico, carbón activado, spondias purpurea, saneamiento, proceso unitario

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [luis.tarazona.e@uni.pe](mailto:luis.tarazona.e@uni.pe)

## **Proposal for Arsenic Reduction Treatment using the Adsorption Method with Activated Carbon from Plum Seeds**

### **ABSTRACT**

The study aims to propose and apply activated carbon from plum pit (*Spondias Purpurea*), using the adsorption method for the reduction of arsenic in the groundwater of Jayanca in 2023. A point of highest concentration of arsenic was taken, (M1, 0.075 mg/l), the activation of the activated carbon was done with 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, executing in 5 phases, 54 tests were carried out and for the tests we worked with concentrations of 01 grams 0.8 grams 1.5 grams in 100 ml, under constant stirring (magnetic stirrer, 300 rpm), with a contact time of 5 min., 30 min. and 55 min. The reduction capacities to a synthetic sample of Arsenic at 100 mg/l obtained an efficiency level of 100%, that is; suitable for human consumption, using *Spondias Purpurea* plum seed activated carbon, with a maximum contact time of 55 min., so that this treatment with *Spondias Purpurea* is a viable option for the reduction of arsenic in groundwater, to remain below the maximum permissible limits, described by Peruvian laws in the Supreme Decree Standard No. 004-2017-MINAM and Supreme Decree No. 031-2010-SA (MINAM, 2017).

**Keywords:** Arsenic, activated carbon, *spondias purpurea*, sanitation, unitary process



## INTRODUCCIÓN

El uso mundial del agua ha aumentado aproximadamente un 1% anual durante los últimos 40 años, y se estima que su consumo se incrementa debido al crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico y los cambios de los patrones de los consumidores en el mundo (Berbel, 2020). Este crecimiento se centra en países de ingresos bajos y medios, específicamente en países con economías en desarrollo. La escasez de agua se está volviendo endémica como resultado de los efectos locales del estrés físico hídrico, que se ve agravado por la aceleración y propagación de la contaminación del agua dulce (Banco Mundial, 2020). El cambio climático aumentará la escasez estacional de agua en áreas que actualmente tienen abundante agua, tales como África central, Asia oriental y partes de América del Sur; además, empeorará en áreas donde ya escasea el agua. Asimismo, el tratamiento inadecuado de las aguas residuales se encuentra relacionado con la mala calidad ambiental del agua en países pobres, mientras que la escorrentía agrícola es un problema más grave en los países de altos ingresos (Banco Mundial, 2023).

El arsénico es altamente dañino, los efectos tóxicos del arsénico son bien conocidos desde la antigüedad, y su impacto en la salubridad ha sido estudiado desde hace siglos, con la OMS estableciendo un límite máximo de 0,01 mg/l en el agua (Rodríguez, 2021). Su peligrosidad, es un aspecto evidente en la tierra, presente, suelo, agua y aire y cuando el arsénico del agua es ingerido, se adhiere a órganos humanos y causa reacciones nocivas a la salud, entre las cuales está el cáncer, manchas en la piel, diarreas y vómitos, así como condiciones crónicas como cirrosis e “HidroArsenicismo Crónico Regional Endémico”, o HACRE por sus siglas (Villaamil, 2024). Una vez absorbido, el arsénico es transportado a través del torrente sanguíneo y se distribuye en varios órganos. La acumulación de arsénico puede tener repercusiones genéticas y ser perjudicial para el origen de la vida (Morales et al, 2021).

La contaminación del agua es provocada por acciones humanas, y sus efectos se manifiestan de distintas maneras. Todas estas actividades son generadas por las personas que contaminan el agua. El arsénico contamina las aguas subterráneas lo que significa una amenaza real a la salud de las poblaciones, además afecta alimentos como el pescado y en muchos casos verduras y frutos ya que contienen arsénico orgánico (Málaga, 2023). La deforestación, es otro aspecto relevante que



conduce a la generación de sedimentos, afectando de forma negativa el agua subterránea. Asimismo, los derrames de petróleo también igualmente contaminan el agua (Pabón et al, 2020). Por otra parte, el estudio se justifica en el aspecto económico ya que, al utilizar recursos locales, como las pepas de ciruela, se logra reducir el costo de la compra de materiales por lo que la población local puede acceder más fácilmente a este recurso. Asimismo, esta investigación posee justificación y gran importancia en el aspecto ambiental, ya que al implementar el método de adsorción mediante el carbón activado de pepa de ciruela (*Spondias Purpurea*), para disminuir el arsénico en aguas subterráneas, éste se convierte en un aspecto saludable para el ambiente. Además de ello, es de justificación social debido a que el agua potable es elemental en la prevención de enfermedades dentro de las poblaciones. Sumado a ello, es de justificación metodológica debido a que el método de adsorción a partir del carbón activado para la reducción de arsénico objeto de este estudio, servirá como referencia para futuros estudios acerca del tema, y de esta forma contribuirá en los esquemas metodológicos utilizados en el modelo científico.

Por otro lado, se tiene a los antecedentes nacionales comenzando con Cortez (2022), que estudió la identificación de la dosis del carbón activado de *Citrus Sinensis* para remover el arsénico. Se empleó el Arsénico test Colorimetría, se aplicó 5 dosis de carbón activado para el tratamiento y se tomaron muestras del agua. Los resultados mostraron que, para eliminar el arsénico, se debe de extraer cítricos de 30 gramas en 100 ml de agua para reducir los niveles de arsénico a 0.010 partes por millón. Se concluyó que mientras más concentrada sea la dosis mejor será la eficiencia en la eliminación del arsénico. Asimismo, Alcántara y Casamayor (2019), presentaron su investigación con el objetivo de fabricar carbón activado con ácido fosfórico de la cáscara de musa paradisíaca para la adsorción de arsénico de las aguas. En este caso, hubo manipulación de las variables de concentración de ácido fosfórico en un 35%, 55% y 85% basado en un diseño bifactorial y la granulometría de carbón activado 0,15 – 0,425 y 0,85 mm. Se hicieron análisis de concentraciones de arsénico de las aguas. Se concluyó que la mejor adsorción de arsénico, es decir al 91% se logró con un tratamiento con carbón activado al 85% de ácido fosfórico y con la granulometría de 0,85% mm. Sumado a ello, Fiestas & Millones (2019), se enfocaron en el estudio de la influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado para remover el



arsénico de aguas. Se identificó la influencia que tiene el carbón activado en la cáscara de coco, luego del empleo de 1.109 g de carbón activado, que presenta un 43,91% de ganancia. Para lograr el objetivo se usaron 18 muestras de agua, las cuales fueron analizadas en relación con su contenido arsénico previo al tratamiento con el método de azul de molibdeno por espectrofotometría UV, y aún después de este. Al evaluar tres concentraciones de carbón activado de cáscara de coco, se examinó el contenido arsénico basado en el método de azul de molibdeno. En conclusión, de los dos factores estudiados, el que presenta mayor porcentaje de remoción es de 72% (6 g/l en 3 horas).

Por otra parte, se tiene a los antecedentes internacionales, comenzando con Dayal et al (2021), plantearon el objetivo de suprimir el arsénico de las aguas residuales de forma óptima. Se aplicó una metodología con la utilización de tres factores y un diseño Box Behnken de tres niveles. La base de la semilla de ciruela de Java con una dosis de adsorbente de 80 mg a PH 8,8; logró eliminar una concentración de arsénico de 2,5 mg/L, mientras que el bioadsorbente de semilla de Amaltasa, logró eliminar el ~91% de arsénico de aguas residuales. Se comprobó una capacidad de adsorción de 1,45 mg g<sup>-1</sup> para JP y 1,42 mg g<sup>-1</sup> para AT. Sumado a ello, Sankar et al (2022), tuvieron el objetivo de determinar la optimización de distintos parámetros utilizados en la adsorción de arsénico no utilizado en los métodos convencionales de tratamiento de agua con el uso de carbón activado de distintas fuentes. Se evaluó el Ph y la manera como se concentran los iones metálicos, además el tamaño de las partículas adsorbentes y la dosis. En los resultados se estableció un parámetro de adsorción con una correlación de regresión de acuerdo al diseño compuesto central (CCD). En conclusión, se logró la optimización para eliminar el 90,88% de As. Además de ello, Sumon et al (2020), tuvieron como objetivo preparar carbón activado a partir de biomasa y como este se aplica para purificar el agua y el gas. Se determinó que el carbón activado es un adsorbente con alta porosidad (60-75%) dentro de un área (500-2,200 m<sup>2</sup>/g). Se evidenció el uso de este recurso natural en tecnologías que buscan proteger el medio ambiente. Fueron consideradas distintas pautas con el fin lograr optimizar la fabricación de carbón activado, entre lo que se incluye la temperatura, la interacción vapor – dióxido de carbono y la presión de la mezcla vapor



– gas. En conclusión, al utilizar distintos materiales y tecnologías, hubo un efecto químico y térmico que dio por resultado carbones activados con distintas propiedades y características.

Es importante indicar que la investigación tiene como objetivo general, proponer el uso de carbón activado de Pepa de Ciruela (Spondias Purpurea) en el método de adsorción como tecnología para la reducción de arsénico en las aguas subterráneas de Jayanca 2023. Y como objetivos específicos se tiene: a) Evaluar el proceso unitario de la reducción de arsénico logrado mediante la adsorción utilizando carbón activado de pepa de Ciruela (Spondias Purpurea), en las aguas subterráneas de Jayanca; b) Establecer los parámetros de la concentración óptima de adsorción de arsénico antes y después de la aplicación de carbón activado derivado de la pepa de la Ciruela (Spondias Purpurea) en comparación con el carbón activado comercial en las aguas subterráneas de Jayanca; c) Hallar la diferencia en el tiempo de contacto óptimo para la adsorción de arsénico antes y después de la aplicación de carbón activado a base de la pepa de la Ciruela (Spondias Purpurea) en comparación con el carbón activado comercial en las aguas subterráneas de Jayanca.

Finalmente, se tiene la hipótesis general, la utilización de carbón activado de pepa de ciruela (Spondias Purpurea) en el método de adsorción es eficaz como tecnología para la reducción de arsénico en las aguas. Subterráneas de Jayanca 2023, por lo tanto, es una alternativa viable. Y como hipótesis específicas se tiene: a) La reducción más alta del nivel de arsénico en aguas subterráneas se logra mediante el método de adsorción utilizando carbón activado de pepa de Ciruela (Spondias Purpurea); b) La concentración de carbón activado de la pepa de Ciruela (Spondias Purpurea), es eficaz para en la reducción de los niveles de arsénico en las aguas subterráneas; c) El tiempo de contacto óptimo para la adsorción del nivel de arsénico antes y después de la aplicación de carbón activado a base de la pepa de la Ciruela (Spondias Purpurea), resulta más efectivo al compararlo con el carbón activado comercial.

## **METODOLOGÍA**

Es de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño experimental. En cuanto al nivel o alcance es descriptiva. Para este alcance ya existen las características determinadas de un fenómeno y lo que se persigue es manifestar que está ocurriendo en un determinado lugar y afecta a un grupo

humano en específico. En este alcance es posible, pero no obligatorio, proponer una hipótesis que tenga como propósito caracterizar el fenómeno del estudio (Ramos, 2020).

Para complementar esta base de conocimientos, se realizó un procedimiento de toma de muestras directa en el sitio de estudio. Este enfoque combinado de investigación bibliográfica exhaustiva y análisis de muestras permitió establecer una base sólida de información y datos primarios, esenciales para la validación de los resultados en el marco de este estudio.

Para el procesamiento de datos se utilizó un modelo llamado ANOVA FACTORIAL, en la cual el programa desarrolló un proceso de modelación de drenaje de pozos tubulares. “ARGIS” donde se ingresaron los puntos de muestreo del pozo. Tuberías de la zona de Jayanca, además ARCGIS trabaja con Google Earth desde entonces En primer lugar se introducen las coordenadas UTM del Garmin GPSmap 62 S. Las coordenadas muestran en que zona se realizó el estudio 17 S, la ortoimagen también se instaló en el plano límite de la instalación a la que está conectada. En ArcGIS refieren el departamento de Lambayeque donde a partir de investigaciones, la cartografía digital de Lambayeque ya fue instalada en puntos de referencia. que está cerca en el área de Jayanca que también combina todas las características y pruebas examinadas por Labicer, para garantizar el mejor efecto, también en los mapas de concentración de todos los caseríos analizados.

Durante la investigación se enfocó en la disminución del arsénico utilizando el método de adsorción con carbón activado de pepa de ciruela en las aguas subterráneas de Jayanca en el año 2023, se accedió a una amplia gama de fuentes bibliográficas especializadas, entre las cuales se encuentra la plataforma del Ministerio de Agricultura y Riego y la Autoridad Nacional del Agua, en su Resolución Jefatural N° R.J. 007-2015- ANA, Título III, Capítulo 1, que establece los procedimientos en materia de aguas.

Cabe señalar que, se incluyeron artículos científicos de investigaciones previas publicadas en plataformas tales como Scielo Perú, ScienceDirect, Link Springer, Dialnet. Por otra parte, se recopiló información de tesis publicadas en los repositorios de prestigiosas universidades tales como Universidad César Vallejo y Universidad Nacional de San Martín.





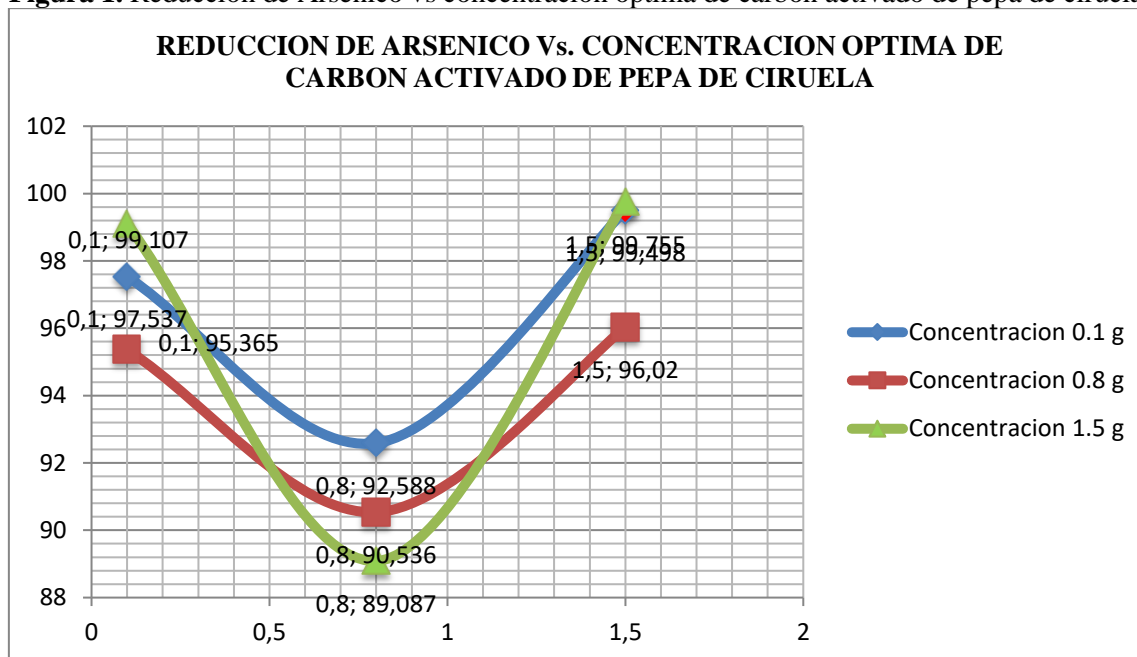
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 1.** Concentración y tiempos de contacto utilizados

Carbón Activado	Concentración	Tiempo de contacto	Velocidad
Carbón Activado de Pepa de la Ciruela (Spondias Purpurea) y Carbón Activado comercial	0.1 gr	5 min	300 rpm
		30 min	
		55 min	
	0.8 gr	5 min	
		30 min	
		55 min	
	1.5 gr	5 min	
		30 min	
		55 min	

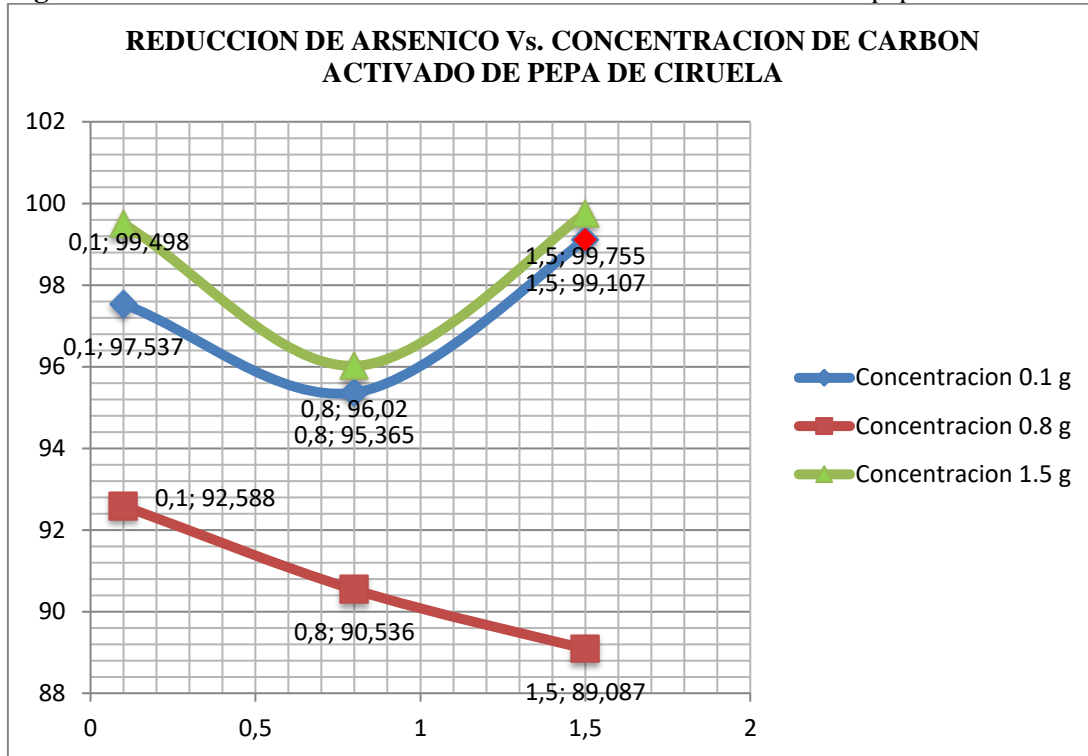
En la Tabla 1 se presenta la concentración y tiempos de contacto utilizados en la realización de carbón activado con pepa de ciruela, con su velocidad.

**Figura 1.** Reducción de Arsénico vs concentración óptima de carbón activado de pepa de ciruela



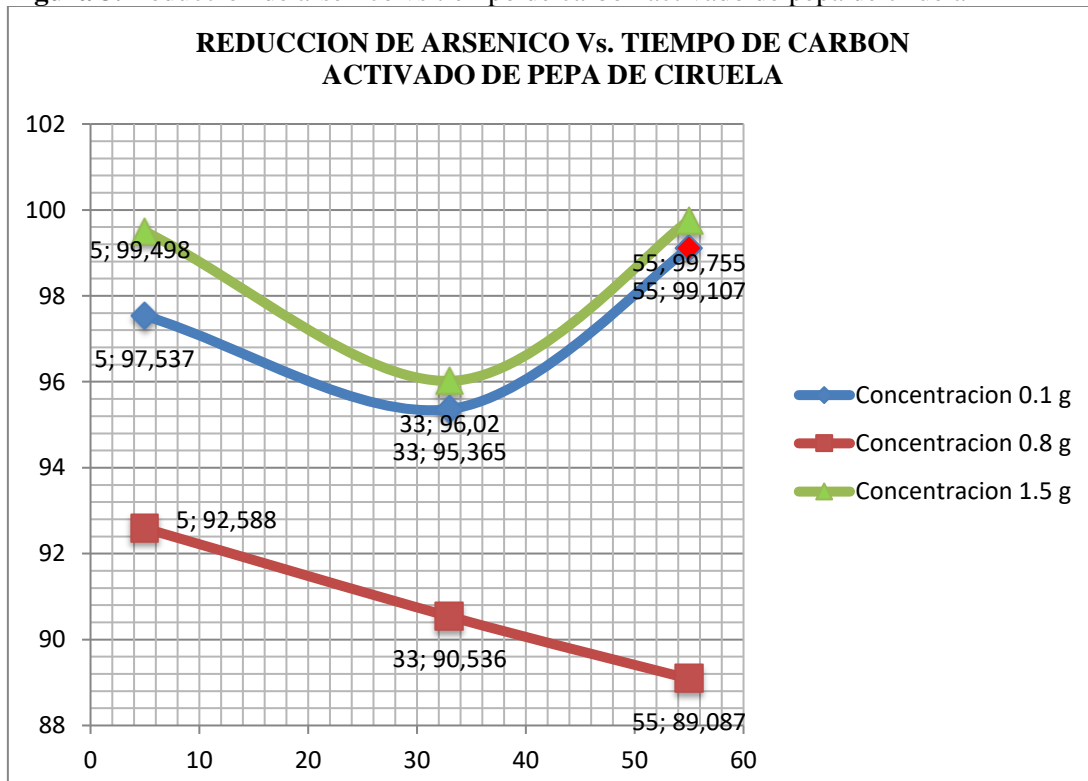
La Figura 1 muestra un gráfico correspondiente a los niveles de reducción de arsénico alcanzados en comparación con la concentración óptima de carbón activado.

**Figura 2.** Reducción de arsénico vs concentración de carbón activado de pepa de ciruela



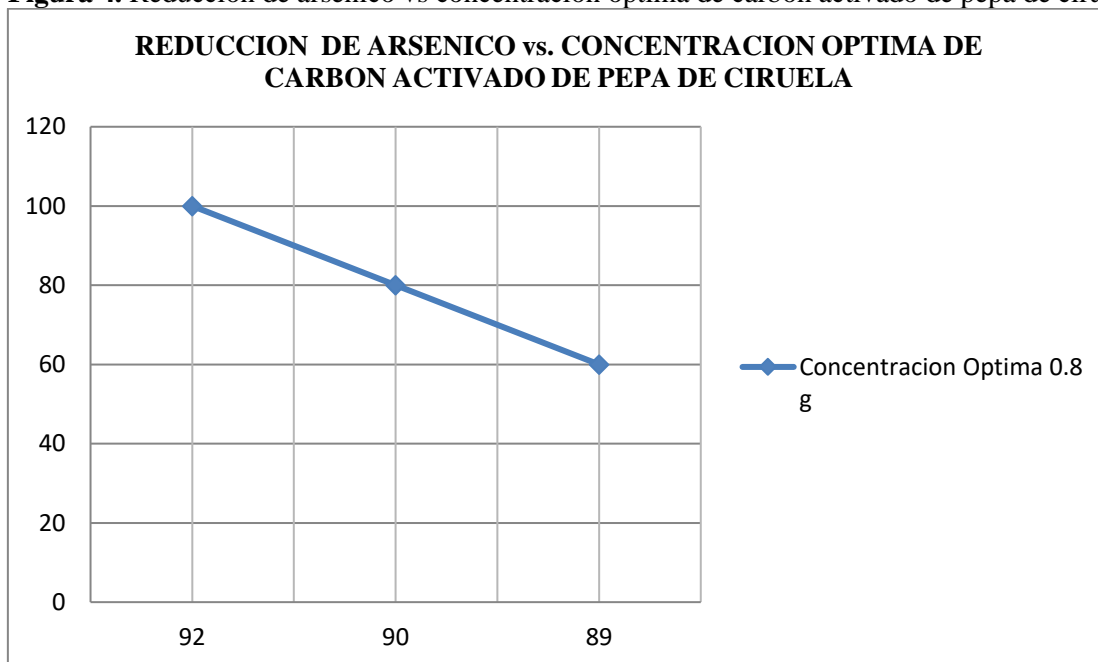
En la Figura 2 se puede observar los niveles de disminución de arsénico a comparación con la concentración de carbón activado de la pepa de ciruela.

**Figura 3.** Reducción de arsénico vs tiempo de carbón activado de pepa de ciruela



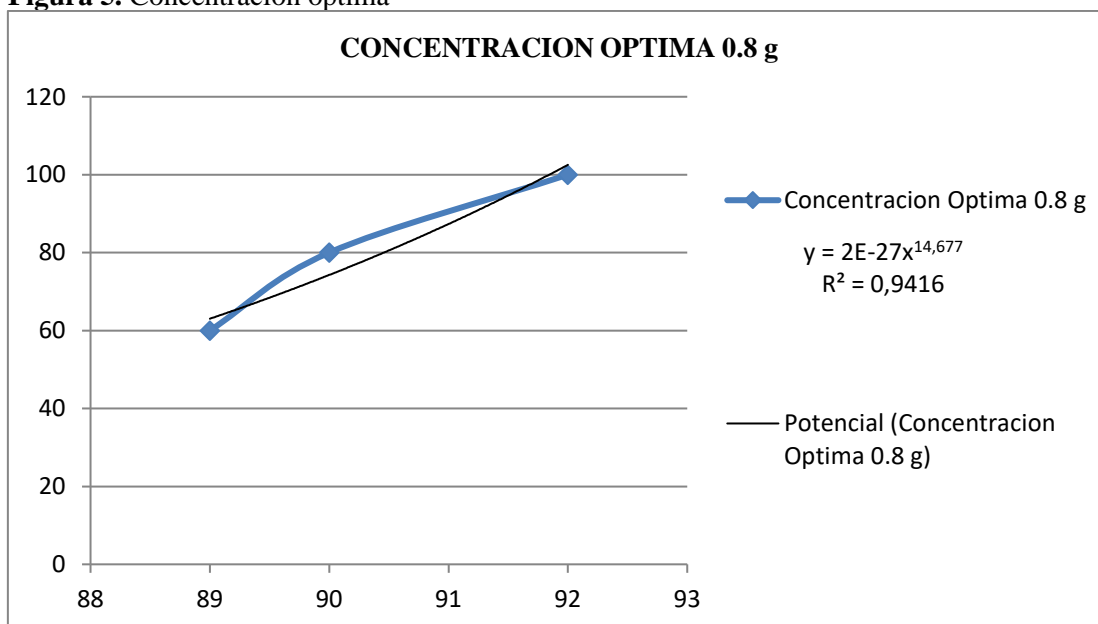
La Figura 3 muestra la disminución de arsénico en comparación con el tiempo de carbón activado de pepa de ciruela.

**Figura 4.** Reducción de arsénico vs concentración óptima de carbón activado de pepa de ciruela



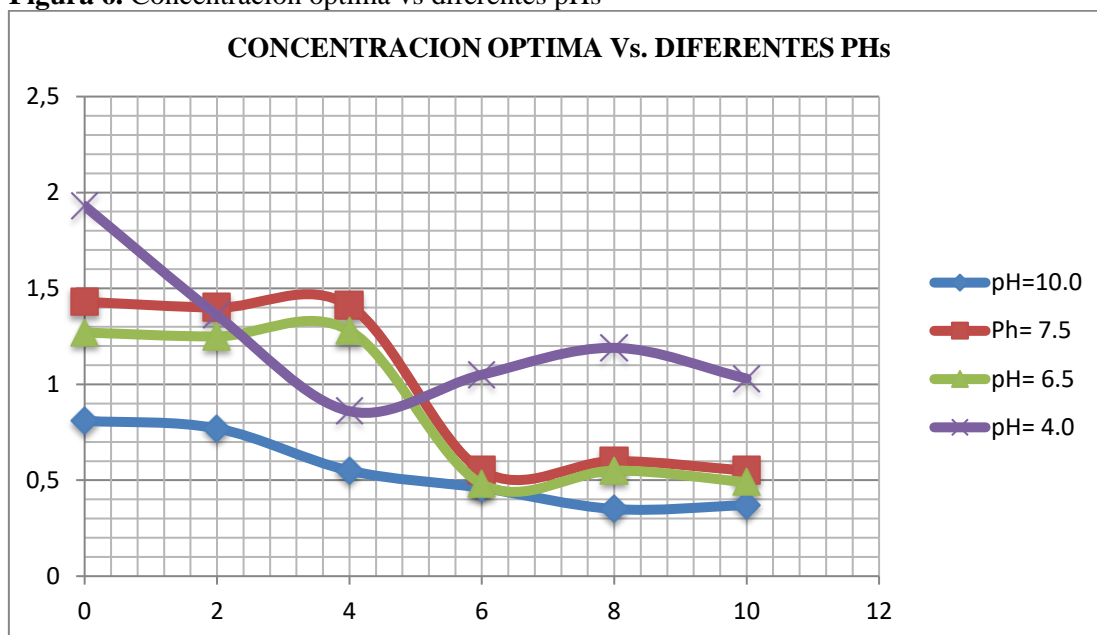
En la Figura 4 se presenta la disminución de arsénico en comparación con la concentración óptima de carbón activado de pepa de ciruela.

**Figura 5.** Concentración óptima



En la Figura 5 se presenta el nivel de concentración óptima que se ubica en un 0.8 g.

**Figura 6.** Concentración óptima vs diferentes pHs



En la Figura 6 se presenta los niveles de concentración óptima vs los diferentes pHs encontrados.

### **Contrastación de la hipótesis**

Análisis de varianza para probar los efectos significativos de cada factor y de las interacciones entre factores.

### **Hipótesis propuestas para el análisis**

#### **Hipótesis general**

La utilización de carbón activado de pepa de Ciruela (*Spondias Purpurea*) en el método de adsorción es eficaz como tecnología para la reducción de arsénico en las aguas subterráneas de Jayanca en 2023, por lo tanto, es una alternativa viable.

#### **Hipótesis específicas**

- La reducción más alta del nivel de arsénico en aguas subterráneas se logra mediante el método de adsorción utilizando carbón activado de pepa de Ciruela (*Spondias Purpurea*).
- La concentración de carbón activado de la pepa de Ciruela (*Spondias Purpurea*), es eficaz para en la reducción de los niveles de arsénico en las aguas subterráneas.

- El tiempo de contacto óptimo para la adsorción del nivel de arsénico antes y después de la aplicación de carbón activado a base de la pepa de la Ciruela (Spondias Purpurea), resulta más efectivo al compararlo con el carbón activado comercial.

### ANOVA del experimento

**Tabla 2.** Tabla ANOVA del experimento

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	598,558 <sup>a</sup>	17	35,209	330891,482	,000
Intersección	849,168	1	849,168	7980348,598	,000
Carbón	15,471	1	15,471	145395,269	,000
Concentración	279,606	2	139,803	1313848,067	,000
Tiempo	1,425	2	,712	6694,913	,000
Carbón * Concentración	197,950	2	98,975	930151,262	,000
Carbón * Tiempo	50,764	2	25,382	238538,106	,000
Concentración * Tiempo	15,247	4	3,812	35822,914	,000
Carbón * Concentración * Tiempo	38,094	4	9,524	89500,894	,000
Error	,004	36	,000		
Total	1447,730	54			
Total corregido	598,562	53			

Según la Tabla 2, se observa que el valor Sig de los efectos para todas las combinaciones de los tres factores son menores a 0.05, por lo tanto, su influencia no es despreciable, siendo muy importantes tanto los factores independientes como sus interacciones. Por otro lado, también se observa que el modelo elegido es el adecuado (Sig. = 0.000). Habiendo diferencias en la reducción de arsénico de acuerdo con los dos tipos de carbón activado, las tres concentraciones y los tres tiempos de contacto (Sig. < 0.05), como también en las diferentes interacciones que existen entre los 3 factores, existiendo diferencias entre los grupos si combinamos estos 3 factores (tipos de carbón activado, concentraciones y tiempos de contacto) (Sig. < 0.05). De acuerdo con lo anterior se descarta la hipótesis nula, quedándonos con la hipótesis alternativa.

### Pruebas post hoc

Para hacer las comparaciones múltiples entre las categorías de las variables se usó la prueba de Tukey.



De acuerdo a la Tabla 3 donde se muestra las diferencias entre los dos tipos de carbón activado, se observa que el carbón activado de pepa de ciruela aumentó (diferencia entre medias = 1,071) la reducción de arsénico, siendo significativa (sig. < 0.05)

**Tabla 3.** Comparaciones múltiples entre las categorías de la variable tipo de carbón activo

**Comparaciones por parejas**

Variable dependiente: Reducción de arsénico (%)

(I) Carbón activado	(J) Carbón activado	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
Carbón de pepa de ciruela	Carbón de la comercial	1,071*	,003	,000	1,065	1,076
Carbón comercial	Carbón de pepa de la ciruela	-1,071*	,003	,000	-1,076	-1,065

De acuerdo a la Tabla 3 se observan diferencias significativas al realizar las comparaciones entre los diferentes niveles de concentración, siendo mayor la reducción de arsénico cuando el nivel de concentración de 0.8 gr comparado con los demás niveles (0.1 gr y 1.5 gr).

**Tabla 4.** Comparaciones múltiples entre las categorías de la variable tipo de carbón activo**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Reducción de arsénico (%)

HSD Tukey

(I) Concentración	(J) Concentración	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.1 gr	0.8 gr	-5,55178*	,003438	,000	-5,56018	-5,54337
	1.5 gr	-2,34711*	,003438	,000	-2,35552	-2,33871
0.8 gr	0.1 gr	5,55178*	,003438	,000	5,54337	5,56018
	1.5 gr	3,20467*	,003438	,000	3,19626	3,21307
1.5 gr	0.1 gr	2,34711*	,003438	,000	2,33871	2,35552
	0.8 gr	-3,20467*	,003438	,000	-3,21307	-3,19626

De acuerdo a la Tabla 4 se observan diferencias significativas al elaborar las comparaciones entre los diferentes tiempos de contacto, siendo mayor la reducción de arsénico cuando el nivel de tiempo de contacto es 55 minutos comparado con los demás niveles (5 min. y 30 min.).

**Tabla 5.** Comparaciones múltiples entre las categorías de la variable tiempo de contacto**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Reducción de arsénico (%)

HSD Tukey

(I) Tiempo de contacto	(J) Tiempo de contacto	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
5 min	30 min	-,38522*	,003438	,000	-,39363	-,37682
	55 min	-,27883*	,003438	,000	-,28724	-,27043
30 min	5 min	,38522*	,003438	,000	,37682	,39363
	55 min	,10639*	,003438	,000	,09798	,11479
55 min	5 min	,27883*	,003438	,000	,27043	,28724
	30 min	-,10639*	,003438	,000	-,11479	-,09798

De acuerdo a la Tabla 5 se observa diferencias significativas al elaborar las comparaciones entre las interacciones entre tipo de carbón activado, concentración y tipo de contacto, siendo mayor la reducción de arsénico cuando se utiliza el carbón activado es de la pepa de la ciruela, el nivel de concentración es de 0.8 gr. y el nivel de tiempo de contacto es 55 minutos comparado con el resto de interacciones, siendo además este promedio significativo.

**Tabla 6.** Comparaciones múltiples entre las categorías de las diferentes interacciones de las tres variables

<b>Carbón activado * Concentración * Tiempo de contacto</b>						
Variable dependiente: Reducción de arsénico (%)						
Carbón activado	Concentración	Tiempo de contacto	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Carbón activado de pepa de la ciruela	0.1 gr	5 min	2,463	,006	2,451	2,475
		30 min	4,635	,006	4,623	4,647
		55 min	,893	,006	,881	,905
	0.8 gr	5 min	7,412	,006	7,400	7,424
		30 min	9,464	,006	9,452	9,476
		55 min	10,913	,006	10,901	10,925
	1.5 gr	5 min	,502	,006	,490	,514
		30 min	3,980	,006	3,968	3,992
		55 min	,245	,006	,233	,257
Carbón activado comercial	0.1 gr	5 min	,002	,006	-,010	,014
		30 min	,001	,006	-,011	,013
		55 min	,001	,006	-,011	,013
	0.8 gr	5 min	5,784	,006	5,772	5,796
		30 min	3,400	,006	3,388	3,412
		55 min	4,333	,006	4,321	4,345
	1.5 gr	5 min	6,302	,006	6,290	6,314
		30 min	3,296	,006	3,284	3,308
		55 min	7,753	,006	7,741	7,765

La Tabla 6 muestra las distintas interacciones de las variables carbón activado, concentración y tiempo de contacto.

## CONCLUSIONES

- Se encontró que la zona de mayor impacto afectada por la contaminación de arsénico fueron 6 pozos tubulares de los 10 estudiados, de los cuales 2 sobre pasan los valores máximos de la normativa peruana.
- El carbón activado de pepa de ciruela se elabora con materias primas de origen orgánico e inorgánico. alta porosidad y área superficial con alto valor añadido.
- Se confirma que la eficiencia de la reducción es inversamente proporcional a la diferencia entre los valores determinados y los valores reales de los parámetros estudiados.
- Los errores vinculados a la evaluación de la calidad corresponden a la suma del muestreo, los errores analíticos y la variación en la calidad del medio de muestra.



- Con el carbón activo de pepa de ciruela se obtiene una mayor reducción de arsénico, siendo significativo.
- La mayor reducción de arsénico sucede cuando se utiliza el carbón activado de la pepa de la ciruela, el nivel de concentración es de 0.8 gr. y el nivel de tiempo de contacto es 55 minutos comparado con el resto de interacciones, siendo además este promedio significativo.
- Todas las variables junto con sus interacciones fueron significativas.
- El modelo de Análisis Factorial con tres factores fue el adecuado para el presente experimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara Z., & Casamayor, Y. (2019). Efecto del agente activador y granulometría del carbón activado en Musa paradisíaca en adsorción de arsénico del río Chichircucho. Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de

[https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50911/Alc%c3%a1ntara\\_PZD-Casamayor\\_VYM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50911/Alc%c3%a1ntara_PZD-Casamayor_VYM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Aguirre Chávez, J. F., Franco Gallegos, L. I., Ivett Robles Hernández, G. S., Montes Mata, K. J., & Ponce de León, A. C. (2024). Actividad Física como Estrategia Terapéutica en el Manejo de la Diabetes Tipo 2: Evidencia Actual. Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica , 4(2), 48–65. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2.197>

Agrela Rodrigues, F. de A. (2024). Aperfeiçoamento do Método 40P/30G/30C para o Emagrecimento. Emergentes - Revista Científica, 4(1), 381–389. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i1.115>

Banco Mundial (2020). Country Environmental Analysis.

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/356211556727592882/pdf/Tanzania-Country-Environmental-Analysis-Environmental-Trends-and-Threats-and-Pathways-to-Improved-Sustainability.pdf>

Banco Mundial (2023). Water. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview>

Berbel, J. (2020). Externalidades positivas del regadío. FENACORE.



- Cortez, D. (2022). Determinación de la dosis óptima del carbón activado de Citrus Sinensis para la remoción de arsénico en Pacora. Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104525/Cortez\\_ADA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104525/Cortez_ADA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dayal, D., Mant, J., Kumar, A., Srivastava, N., Hashem, A., Alqarawi, A., Fathi, E., & Bahadur, D. (2021). Java plum and amaltash seed biomass based bio adsorbents for synthetic wastewater treatment. *Environmental pollution*, 280(1), 1-12. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121004723>
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 1(1), 46–59. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- Fiestas, M., & Millones, A. (2019). Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de Mórrope. Tesis de posgrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo . Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4028/BC-TES-TMP-2821.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, S. (2023). Desarrollo de productos y servicios sostenibles y ecológicamente responsables. Una revisión de la literatura, 2021. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 4(2), 102–119. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i2.49>
- Málaga, J. (2023). Contenido de arsénico, conocimiento y actitud en el consumo del agua de pozo familiar. *Vive Revista de Salud*, 6(18), 1-15. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v6i18.264>
- Morales, G., Vivanco, A., Segura, M., Cortez, L., & Sánchez, F. . (2021). Respuesta inmunológica a la exposición al arsénico inorgánico. . *Dominio de las Ciencias* , 7(5 ), 345-359. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383866.pdf>
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales



- pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Ramos, C. (2020). Los Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rodríguez, C. (2021). Intoxicación por arsénico. *Medicina Legal de Costa Rica*, 38(2), 4-16. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v38n2/2215-5287-mlcr-38-02-4.pdf>
- Sankar, U., Chandra, P., & Radhika, G. (2022). Optimization of multiple parameters for adsorption of arsenic from aqueous solution using psidium guajava leaf powder. *Water Science & Technology*, 85(1), 515-534. Obtenido de <https://iwaponline.com/wst/article/85/1/515/85743/Optimization-of-multiple-parameters-for-adsorption>
- Sumon, M., Sing Y., Afroze, S., Radenahmad, N., Abu, M., & Saidur, R. (2020). Preparation of activated carbon from biomass and its applications in water and gas purification. *Arab Journal of Basic and Applied Sciences*, 27(1). Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25765299.2020.1766799>
- Salazar Ayala, C. M., Maribhy Dinorha Cruz Galindo, Murillo Ortiz, B. O., Luna Ruiz, M. Ángel, & Razo Mendoza, L. F. (2024). Relación de Niveles de Endocannabinoides y Perfil Metabólico en Pacientes con Síndrome de Ovario Poliquístico. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(1), 269–288. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i1.90>
- Villaamil, E. (2024). El arsénico en los alimentos. ¿debemos preocuparnos?. *Actualización en Nutrición*, 25(1), 1-10. <https://doi.org/10.48061/SAN.2024.25.1.24>

