



**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS RESIDUOS DE  
CACAO EN LA REMOCIÓN DE CADMIO EN AGUA POR  
ADSORCIÓN”**

Tesis para optar el título profesional de:  
INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:  
Deyanira Milla Luna (0000-0002-2180-1101)

Asesor:  
Jorge Luis Cárdenas Ruiz (0000-0001-9313-905X)

Co asesor  
Luis Fernando Pérez Falcón (0000-0002-9463-0489)

Lima – Perú

2023

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 19 de septiembre del 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Santiago Hilarion Pastor Soplín
Miembro: Mg. Marisol Nuñez Martínez
Miembro: Mg. Vladimir Alfonso León Menacho

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS RESIDUOS DE CACAO EN LA REMOCIÓN DE CADMIO EN AGUA POR ADSORCIÓN”**

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Deyanira Milla Luna**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Deyanira Milla Luna			Nota (en letras): (Diecisiete) 17	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( X )	Aprobado Sobresaliente ( )	-	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Mg. Santiago Hilarion Pastor Soplín**  
Presidente



**Mg. Marisol Nuñez Martínez**  
Miembro 1



**Mg. Vladimir Alfonso León Menacho**  
Miembro 2



**Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz**  
Asesor

**ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR**

**DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN<sup>1</sup>**

Lima, 3 de octubre del 2023

Señor,

Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación  
Universidad Científica del Sur  
Presente. –**

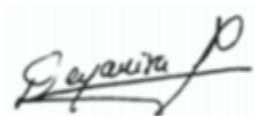
De nuestra consideración,

Yo: Deyanira Milla Luna, estudiante/egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor/la asesora de tesis Jorge Luis Cardenas Ruiz, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: Evaluación de la eficacia de los residuos de cacao en la remoción de cadmio en agua por adsorción, sustentado para obtener el título/grado de Ingeniera Ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos<sup>2</sup>, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



**Firma tesista  
DNI: 72393224**



**Firma del asesor de tesis  
DNI: 06627695**

<sup>1</sup> En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

<sup>2</sup> Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

## INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

**Título del documento evaluado.** Evaluación de la eficacia de los residuos de cacao en la remoción de cadmio en agua por adsorción

**Autores.** Deyanira Milla Luna.

**Mecanismo de revisión de originalidad.** Evaluación con Turnitin (ID 2224441454).

**Resultado de la evaluación.** 9%

**Revisado por.** Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

**Comentarios sobre la revisión.** Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



**Dedicatoria**

*A mi madre y a mi abuelita:*

*Genny Luna y Luisa Mercado*

## EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS RESIDUOS DE CACAO EN LA REMOCIÓN DE CADMIO EN AGUA POR ADSORCIÓN

Deyanira Milla-Luna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

### Resumen

Una alternativa de solución frente a la contaminación de metales pesados en el agua constituye el uso de adsorbentes a partir de residuos agroindustriales, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de la cáscara de cacao activada con tres tratamientos: térmicos (TT), químico (TQ) y control (TC), para la remoción de cadmio en agua. Para ello se realizó la caracterización química de la cáscara de cacao que posteriormente fue activada y nuevamente caracterizada mediante análisis físicos (dispersión de rayos X – EDX, grupos funcionales por FTIR, granulometría) y análisis fisicoquímico (densidad aparente, densidad real, porosidad y rendimiento). Luego se realizó la evaluación de la eficacia de los residuos de cacao activados para cada tratamiento (TT, TQ y TC). Finalmente, se evaluó el efecto tiempo de contacto de los residuos de cacao activados en la remoción de cadmio mediante la Cinética de Adsorción.

Las características químicas encontrados en la cáscara de cacao mostraron buenas propiedades como adsorbente, sin embargo, la porosidad, la homogeneidad de los poros, la presencia de grupos alifáticos y aromáticos producidos en el tratamiento térmico resultó más eficaz para la adsorción de cadmio (92,7%). La cinética de adsorción del tratamiento térmico se ajustó a los modelos cinéticos de pseudo- segundo orden, Elovich y difusión intraparticular, donde los mecanismos de adsorción estarían determinados por una adsorción química, física y de difusión en la estructura interna de los poros.

Palabras Clave: cáscara de cacao, caracterización, remoción, cadmio, cinética de adsorción

### **Abstract**

An alternative solution to heavy metal pollution in water is the use of adsorbents derived from agro-industrial waste. The objective of this research was to evaluate the efficiency of activated cocoa shell with three treatments: thermal (TT), chemical (TQ), and control (TC) for cadmium removal. To achieve this, the chemical characterization of the cocoa shell was performed, which was then activated and characterized through physical analysis (X-ray dispersion-EDX, functional groups by FTIR, granulometry) and chemical analysis (apparent density, real density, porosity, and yield). Next, the efficiency of activated cocoa shell was evaluated for each treatment (TT, TQ, and TC). Finally, the contact time effect of activated cocoa residues on the removal of cadmium was evaluated using Adsorption Kinetics.

The chemical characteristics found in the cocoa shell showed good adsorbent properties, however, the porosity, homogeneity of the pores, and the presence of aliphatic and aromatic groups produced in the thermal treatment resulted the most effective for cadmium adsorption (92,7%). The adsorption kinetics of the thermal treatment fit the kinetic models of Pseudo-second order, Elovich, and Intraparticle diffusion, where the mechanisms of adsorption would be determined by chemical, physical, and diffusion in the internal structure of the pores adsorption.

Keywords: cocoa shell, characterization, removal, cadmium, adsorption kinetics.