

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CÁSCARA DE
SANKY COMO MATERIAL ADSORBENTE PARA LA
REMOCIÓN DE FOSFATOS EN SOLUCIÓN ACUOSA”**

Presentada por:

ELIANA GABRIELA CONTRERAS LÓPEZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima - Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CÁSCARA DE
SANKY COMO MATERIAL ADSORBENTE PARA LA
REMOCIÓN DE FOSFATOS EN SOLUCIÓN ACUOSA”**

Presentada por:

ELIANA GABRIELA CONTRERAS LÓPEZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Mg.Sc. Wilfredo Baldeón Quispe
PRESIDENTE**

**Mg.Sc. Victor Miyashiro Kiyari
ASESOR**

**Mg.Sc. Jaime Carlos Porras Cerrón
CO-ASESOR**

**Lic. Rer.Reg. Víctor Aguilar Vidangos
MIEMBRO**

**Dr. Víctor Meza Contreras
MIEMBRO**

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar la capacidad del derivado de cáscara de sanky como material adsorbente para usarlo con fines de remoción de fosfatos en soluciones acuosas. El estudio se realizó en dos etapas: primero se elaboraron tres tratamientos de material adsorbente (S01, S02 y S03) y se evaluaron respecto a las variables rendimiento (%), remoción de fosfatos (%), capacidad de adsorción ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), costo ($\text{soles}/\text{kg}^{-1}$) y características texturales con la técnica de adsorción-desorción de Nitrógeno. En la segunda etapa se realizaron estudios de adsorción por lotes en soluciones acuosas que contenían fosfato y iones calcio, con el adsorbente seleccionado en la primera etapa para optimizar las variables de operación: concentración inicial de fosfato ($1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) y pH (4,0; 6,5 y 9,0). La cinética de adsorción y las isothermas de equilibrio fueron estudiadas usando los modelos cinéticos de pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden, Elovich, Weber y Morris y los modelos isotérmicos de Freundlich, Langmuir y Dubinin-Radushkevich. Los resultados experimentales indicaron que el adsorbente presentó la mayor capacidad de adsorción de fosfato a pH 6,5 y concentración inicial de fosfato $10,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ a una dosis de 50 mg de adsorbente por 25 mL de solución y 168 h de tiempo de contacto. La cinética de adsorción siguió el modelo de pseudo-segundo orden y Elovich ($R^2 > 0,9$), además el modelo de Weber y Morris reveló que las tasas de adsorción no estaban controladas únicamente por el paso de difusión. Los datos de equilibrio del adsorbente derivado de la cáscara de sanky se ajustaron mejor al modelo Dubinin-Radushkevich a pH 6,5 y 9,0 ($R^2 > 0,9$). La espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier reveló la presencia de bandas relacionadas a los espectros de brushita (CaHPO_3), posterior a la adsorción de fosfato.

Palabras clave: sanky, fosfato, adsorbente, cinética de adsorción, isothermas de adsorción.

ABSTRACT

The main objective of the present study was to evaluate the capacity of the sanky-peel derivative as an adsorbent to be used for the removal of phosphates in aqueous solutions. The study was carried out in two stages: first, three treatments of adsorbent material were elaborated (S01, S02 and S03) and they were evaluated regarding the variables yield (%), phosphate removal (%), adsorption capacity ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), cost (soles/kg) and textural characteristics with the technique of nitrogen adsorption-desorption. In the second stage, batch adsorption studies were carried out in aqueous solutions containing phosphate and calcium ions, with the adsorbent selected in the first stage to optimize the operation variables: initial concentration of phosphate ($1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) and pH (4.0; 6.5 and 9.0). Adsorption kinetics and equilibrium isotherms were studied using the pseudo-first order, pseudo-second order, Elovich, Weber and Morris kinetic models and the isothermal models of Freundlich, Langmuir and Dubinin-Radushkevich. The experimental results indicated that the adsorbent had the highest phosphate adsorption capacity at pH 6.5; initial phosphate concentration $10.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ at a dose of 50 mg of adsorbent per 25 mL of solution and 168 h of contact time. Adsorption kinetics followed the pseudo-second order Elovich model ($R^2 > 0.9$), and the Weber and Morris model revealed that adsorption rates were not controlled by the diffusion step alone. The equilibrium data of the sanky-peel-derived adsorbent best fit the Dubinin-Radushkevich model at pH 6.5 and 9.0 ($R^2 > 0.9$). Fourier transform infrared spectroscopy revealed the presence of bands related to brushite (CaHPO_3) spectra, after phosphate adsorption.

Keywords: adsorbent, adsorption isotherms, adsorption kinetics, phosphate, sanky.