

Tesista: Daiana Simón

Título al que aspira: Doctora en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: "Valorización de residuos agroindustriales como adsorbentes de metales pesados, y su reutilización en la fabricación de ladrillos de construcción "

Director de tesis: Dr. Adrian Cristobal

Co-directora: Dra. Nancy Quaranta

Lugar de Trabajo: Facultad de Ingeniería, UNMdP

Fecha de Defensa: 22 de febrero de 2022

Jurados:

Dra. María del Mar Baeza Labat (Universitat Autònoma de Barcelona, España)

Dra. Marcela Silvia Gerpe (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Dra. Analía G. Tomba Martínez (CDS, Universidad Nacional de Mar del Plata)

Resumen

La contaminación del agua por metales pesados constituye un grave problema ambiental que afecta al ecosistema y los seres vivos. Estos contaminantes no son biodegradables, se acumulan en los organismos vivos, y su toxicidad está dada por sus concentraciones y su comportamiento químico. El sector industrial como galvanoplastia, metalurgia, fabricación de baterías, minería, entre otros, es el principal contribuyente de la presencia de metales pesados en el ambiente. Por este motivo, las industrias deben tratar sus efluentes para que los niveles de estos productos químicos se encuentren dentro de los límites establecidos. Existen diversas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, aún no es posible la eliminación eficiente de metales pesados sin elevados costos o abundante producción de lodos.

Por otro lado, la agroindustria produce toneladas de descartes y subproductos que son una fuente de contaminación ambiental. Por este motivo, el aprovechamiento o disposición segura de estos desechos representa un desafío que debe ser tenido en cuenta.

La recuperación de residuos es la base de la Economía Circular, y en los últimos años, existe un interés creciente en el uso de desechos agroindustriales como adsorbentes de bajo costo de metales pesados de aguas residuales. En el presente trabajo de tesis, residuos de aserrín de pino y biochar de aserrín de pino, cáscaras de semillas de girasol y residuos de maíz se evaluaron como adsorbentes de Ni, Zn y Cd. Estos residuos se caracterizaron para conocer su estructura y composición, y así comprender cómo podría llevarse a cabo la adsorción. Se determinaron y compararon los valores de eficiencia y capacidad de adsorción para los diferentes adsorbentes y adsorbatos, y se analizó cómo estos parámetros se ven afectados cuando se considera una mezcla de todos los metales juntos.

Si bien el proceso de adsorción es reversible, pudiendo ser regenerados los adsorbentes y recuperados los metales pesados, este aspecto se encuentra en estudio y todavía no se ha logrado eficientemente. A pesar de ello, el destino de los bioadsorbentes saturados de contaminantes, generalmente, no es informado en la literatura. En este sentido, este trabajo de tesis propone como novedad la reutilización de los residuos agroindustriales, luego de ser empleados como adsorbentes de los metales pesados mencionados, en la fabricación de ladrillos de arcilla cocida. De esta manera, los metales pesados se fijan a la matriz arcillosa y se contribuye a minimizar la contaminación secundaria generada por la eliminación de los adsorbentes agotados.

Las piezas cerámicas se conformaron por medio de compresión uniaxial y se sometieron a un ciclo térmico para su sinterización, teniendo en cuenta la presión, temperatura y tiempo empleados en la industria. Las biomásas y el biochar actuaron como agentes formadores de poros en los ladrillos cocidos porque a las temperaturas de cocción su combustión produce gases y cenizas. Esto puede ser beneficioso por el bajo peso y la capacidad aislante de los productos. Sin embargo, la calidad y el desempeño mecánico de las piezas cerámicas puede verse comprometido. Por lo tanto, los ladrillos se caracterizaron y se determinaron parámetros importantes como la pérdida de peso por calcinación, porosidad y densidad aparente, resistencia a la compresión y módulo de rotura en la flexión. Finalmente, se evaluó la inmovilización de los metales pesados mediante ensayos de lixiviación, para determinar la aptitud ambiental de los productos fabricados.

Abstract

Water pollution by heavy metals constitutes a serious environmental problem that affects the ecosystem and living beings. These pollutants are not biodegradable, they accumulate in living organisms, and their toxicity is determined by their concentrations and their chemical behavior. The industrial sector such as electroplating, metallurgy, battery manufacturing, mining, among others, is the main contributor to the presence of heavy metals in the environment. For this reason, industries must treat their effluents so that the levels of these chemicals are within established limits. There are various technologies for wastewater treatment, however, efficient removal of heavy metals is not yet possible without high costs or abundant sludge production.

On the other hand, agroindustry produces tons of discards and by-products that are a source of environmental pollution. For this reason, the safe use or disposal of these wastes represents a challenge that must be taken into account.

Waste recovery is the foundation of the Circular Economy, and in recent years, there is a growing interest in using agro-industrial waste as low-cost heavy metal adsorbents from wastewater. In the present thesis work, pine sawdust residues and pine sawdust biochar, sunflower seed husks and corn residues were evaluated as Ni, Zn and Cd adsorbents. These residues were characterized to know their structure and composition, and thus understand how adsorption could be carried out. The efficiency and adsorption capacity values for the different adsorbents and adsorbates were determined and compared, and how these parameters are affected when considering a mixture of all metals together was also studied.

Although the adsorption process is reversible, adsorbents can be regenerated and heavy metals recovered, this aspect is under study and has not yet been efficiently achieved.

Despite this, the fate of contaminant-saturated bioadsorbents is generally not reported in the literature. In this way, this thesis work proposes as a novelty the reuse of agro-industrial waste, after being used as adsorbents for the mentioned heavy metals, in the manufacture of fired clay bricks. In this way, the heavy metals are fixed to the clay matrix and helps to minimize the secondary contamination generated by the elimination of the spent adsorbents.

The ceramic samples were formed by means of uniaxial compression and were subjected to a thermal cycle for sintering, taking into account the pressure, temperature and time used in the industry. Biomass and biochar acted as pore-forming agents in fired bricks because at firing temperatures their combustion produces gases and ashes. This can be beneficial because of the low weight and insulating ability of the products. However, the quality and mechanical performance of bricks can be compromised. Therefore, the bricks were characterized and important parameters such as weight loss on ignition, apparent porosity and bulk density, compressive strength, and flexural modulus of rupture were determined. Finally, the immobilization of heavy metals was evaluated by means of leaching tests, to determine the environmental suitability of the manufactured.