

Rio de Janeiro
BRASIL14-18
NOVEMBRO 2022

PROCESOS DE ADSORCIÓN EN RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE FIQUE CON MAGNESIO Y FÓSFORO COMO POSIBLE USO DE BIOFERTILIZANTE

Autores

Fuli Arcos, J.H. (UNIVERSIDAD DEL CAUCA) ; Perez, E.H. (UNIVERSIDAD DEL CAUCA) ; Salamanca Santiago, D.A. (UNIVERSIDAD DEL CAUCA) ; Parra Reyes, J.A. (UNIVERSIDAD DEL CAUCA)

Resumo

Se analizaron mediante los diseños de Plackett-Burman y Box-Behnken la adsorción de P y Mg, en el residuo agroindustrial de fique, teniendo que los factores tamaño de partícula, cantidad de adsorbente y tiempo son los más significativos. Con los datos optimizados se obtuvo una superficie de respuesta optima de 600 μm en tamaño de partícula, cantidad de adsorbente 1,23 g y 1 hora de contacto y un porcentaje de adsorción máximo del 13% para P y de 66% de Mg. Estos métodos de adsorción o modificación de superficies biodegradables residuales de agroindustria tienen potencial como posibles fertilizantes enriquecidos y biodegradables para enmienda y recuperación de suelos agrícolas.

Palavras chaves

magnesio; fosforo; fique

Introdução

Dentro de los procesos de elaboración de productos a nivel mundial, las fibras naturales presentan un papel fundamental debido a su fácil obtención, aprovechamiento y disponibilidad (NACCI et al., 2022), por lo que al aprovechar su facilidad de modificar sus propiedades físicas, químicas y biológicas para emplearlos en distintos usos, es por ello que se ha aprovechado la reutilización, recuperación y reciclaje de materiales agroindustriales, para ser utilizada en diferentes procesos o en la elaboración de nuevos productos con un valor agregado que sean amigables con el medio ambiente y similares a los productos obtenidos con materias primas comerciales (YAASHIKAA et al., 2022). Entre los usos que se pueden aprovechar estos materiales se encuentran la elaboración de enmiendas para el suelo, que suministren diversos nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas, entre ellos el fosforo (P) y el magnesio (Mg). El primero es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, donde su disponibilidad en la solución del suelo depende de la riqueza de los minerales presentes en la solución del suelo, los procesos de disolución, adsorción, desorción y precipitación, entre otras (DÍAZ & SADEGHIAN, 2018); pero también presenta una disponibilidad biológica limitada en el suelo para su aprovechamiento, por lo que requiere de la búsqueda de nuevos procesos alternativos que permitan suplir la necesidad de este elemento y maximizar el crecimiento de las plantas. El Mg por su parte está presente en el suelo del 90 a 98% en forma no disponible para ser absorbido por las plantas, incorporándose a las estructuras cristalina de los minerales (CEDEÑO ZAMBRANO et al., 2021) Por lo tanto, en este trabajo se consideran los diseños experimentales para valorar la capacidad de adsorción de la fibra biodegradable de fique (*Furcraea sp.*) de los nutrientes P y Mg, con el fin de evaluar su uso como potencial enmienda de suelos

deficientes en estos minerales.

Material e métodos

El residuo agroindustrial de fique se obtuvo de una empresa especializada en el aprovechamiento de la cabuya en el municipio de Popayán (Colombia), posteriormente se realizó un tratamiento de adecuación de la muestra (lavado, secado, molienda y tamizaje) Se caracterizaron los grupos funcionales presentes en la fibra usando espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), la caracterización superficial empleando microscopia de barrido electrónico (SEM) y los parámetros fisicoquímicos por protocolos establecidos y basados en normas internacionales (AOAC, 1990) Posteriormente se evaluó la adsorción de P mediante cinco factores (Temperatura, Tamaño de Partícula, pH solución, Tiempo, Cantidad de Adsorbente), con el fin de poder determinar las más significativas e influyentes en la adsorción de este metal en las muestras a estudiar. Se utilizó un diseño de Plackett-Burman para descartar las variables que no son significativas en este proceso y un diseño Box-Behnken para optimizar los valores de los factores que contribuyen a una mayor adsorción de P. En el caso de Mg se estudiaron los factores más significativos por el diseño de Plackett-Burman. La cuantificación de Mg se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica con accesorio de ionización por llama, mientras que la cuantificación de P se realizó con un espectrofotómetro de UV-Vis empleando un método colorimétrico, donde los resultados se analizaron con un nivel de confianza > 95% y empleando el software estadístico IBM SPSS STATISTICS versión 23

Resultado e discussão

En los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica (Tabla 1) de la muestra de fique, se observa un contenido de carbono de 48,95%, correspondiente a los grupos funcionales carboxílicos (-COOH), amida (-CONH₂) y carbonilo (-C=O) que presenta en su composición y que se corrobora con el espectro Infrarrojo (Figura 1), a estos grupos funcionales se les considera responsables de la unión de iones metálicos en la superficie de los biosorbentes. La micrografía SEM (Figura 2) permite observar que la fibra de fique esta ordenada y empaquetada de una forma rectangular, rugosa, aspecto rígido y heterogénea, la cual no presenta homogeneidad por compuestos como lignina, hemicelulosa y pectina que van actuar como aglutinantes que impiden la desfibrilación de las cadenas de celulosa. Los resultados del diseño Plackett-Burman, implementado para determinar la influencia de los factores estudiados en la biosorción de P, permite observar que de acuerdo con el análisis de varianzas ANOVA (Tabla 2), los factores que tienen mayor influencia en el porcentaje de adsorción ($p < 0,05$) son el tamaño de partícula, la cantidad de adsorbente y el tiempo, lo cual se puede corroborar gráficamente con el diagrama de Pareto (Figura 3), por lo cual estos parámetros fueron optimizados mediante un diseño Box-Behnken y se dejaron constantes la temperatura (25 °C) y el pH (5,0). Los resultados del diseño Box-Behnken muestran que la cantidad del adsorbente es el factor más influyente en la biosorción de P, teniendo en cuenta que la interacción principal del factor, su interacción cuadrado y la interacción con el factor tiempo fueron las únicas con significancia $p < 0,05$ como se observa en la tabla ANOVA (Tabla 3) y el diagrama de Pareto (Figura 4), el cual adicionalmente nos indica que este factor tiene un efecto positivo sobre la biosorción, por lo cual al aumentar el valor de este factor se aumenta la concentración de P adsorbido. Teniendo en cuenta el grafico de superficie de respuesta (Figura 5), los parámetros optimizados para la biosorción de P son: Tamaño de partícula (600 μm), tiempo (1 hora) y cantidad de adsorbente de (1,23 g) para un 13,87 % de adsorción. Respecto a los resultados de adsorción de Mg, se puede observar que la tendencia de la fibra de fique a la retención de este metal es alta, registrándose del 49 al 66 %, de acuerdo a los resultados del diseño de Plackett-Burman, donde la cantidad de adsorbente, el tiempo y el tamaño de partícula son los parámetros más significativos, de acuerdo con el análisis de ANOVA (Tabla 4) y el diagrama de parámetro (Figura 6). Los resultados de Mg²⁺ permiten pensar que aplicando la metodología de modificación de la fibra con otros compuestos se pueda mejorar la biosorción de P. SANTANA (2011) reporta una modificación primero con Fe²⁺ y luego adsorción de fosforo en forma de fosfatos (PO₄²⁻).

tablas

Tabla 1. Caracterización físico-química de la fibra de fique

Parámetro / Análisis	Resultado porcentual (%)
Humedad	11,73 ± 0,08
Cenizas	7,37 ± 0,05
Carbono	48,95 ± 7,81
Nitrogeno	0,72 ± 0,02
Fosforo	0,22 ± 0,01
Azufre	3,12 ± 0,42
Otros elementos	27,89 ± 0,79

Tabla 2. ANOVA diseño Plackett-Burman adsorción de P

Fuente	GL	SC Ajust	MS Ajust	Valor F	Valor P
Modelo	5	1884,78	376,956	5,55	0,003
Lineal	5	1884,78	376,956	5,55	0,003
pH	1	173,57	173,566	2,56	0,127
Tamaño partícula (µm)	1	730,05	730,048	10,85	0,004
Temperatura (°C)	1	66,20	66,20	0,98	0,337
Cantidad adsorbente (g)	1	540,02	540,021	7,95	0,011
Tiempo (h)	1	184,94	184,943	2,67	0,029
Error	18	1222,12	67,896		
Falta de ajuste	6	1124,33	187,389		0,000
Error puro	12	97,79	8,149		
Total	23	3106,90			

Tabla 3. ANOVA diseño Box-Behnken adsorción P

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
A: Tamaño partícula	9,76563	1	9,76563	0,53	0,4748
B: Cantidad de adsorbente	333,063	1	333,063	18,13	0,0004
C: Tiempo	10,0806	1	10,0806	0,55	0,4679
AA	48,8063	1	48,8063	2,66	0,1195
AB	9,90125	1	9,90125	0,54	0,4718
AC	1,62	1	1,62	0,09	0,7697
BC	181,531	1	181,531	9,88	0,0033
ABC	108,781	1	108,781	5,92	0,0250
CC	4,10782	1	4,10782	0,22	0,6417
Interacciones	5,30633	19	0,282437	0,32	0,5776
Error total	348,978	29	12,0341		
Total	1045,57				

Tabla 4. ANOVA diseño Plackett-Burman adsorción de Mg

Fuente	GL	SC Ajust	MS Ajust	Valor F	Valor P
Modelo	5	336,844	67,369	6,33	0,001
Lineal	5	336,844	67,369	6,33	0,001
pH	1	0,094	0,094	0,01	0,928
Temperatura (°C)	1	2,339	2,339	0,22	0,645
Tamaño partícula (µm)	1	223,016	223,016	20,96	0,000
Cantidad adsorbente (g)	1	53,875	53,875	5,06	0,037
Tiempo (h)	1	57,620	57,620	5,41	0,032
Error	18	191,560	10,642		
Falta de ajuste	6	150,108	25,018		7,24
Error puro	12	41,452	3,454		
Total	23	528,504			

figuras

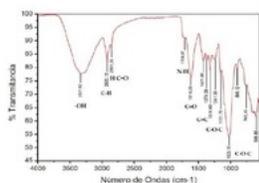


Figura 1. Espectro FTIR de la fibra de fique

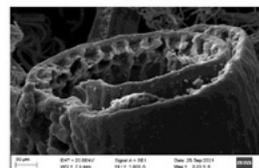


Figura 2. Micrografía SEM de la fibra de fique

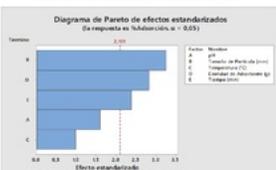


Figura 3 Diagrama de PARETO obtenido para la adsorción de P del diseño Plackett-Burman

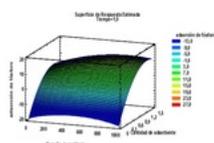


Figura 4 Diagrama de superficie de respuesta para adsorción de P del diseño Box-Behnken

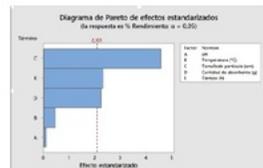


Figura 5 Diagrama de PARETO obtenido para la adsorción de Mg del diseño Plackett-Burman

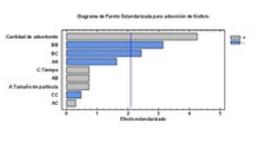


Figura 6 Diagrama PARETO obtenido para la adsorción de P del diseño de Box-Behnken

Conclusiones

Según los datos obtenidos en los experimentos con el residuo agroindustrial de fique se observa que la adsorción de fosforo es relativamente baja, obteniendo un máximo P de 13,87%, es por ello que se hace necesario pensar en realizarle primero una modificación, en este caso con un metal como el Mg, donde los experimentos realizados demuestran tener una alta adsorción que varía entre el 49 al 66 %, esto podría ayudar a que este porcentaje de adsorción de fosforo aumente y pensar en su uso como enmienda para suelos de baja fertilidad.

Agradecimientos

A la Universidad del Cauca, departamento de Química, grupo de investigación Agroindustrial, UAI-Química y al laboratorio de Análisis Ambientales SENA Cauca por permitir realizar estos estudios.

Referências

- CEDEÑO ZAMBRANO, J.R., GARCIA PÁRRAGA, J.V., SOLÓRZANO COBEÑA, C.M., JIMÉNEZ-FLORES, L.A.J., ULLOA CORTAZAR, S.M., LÓEZ-MEJIA, F.X.- AVELLÁN VÁSQUEZ, L.E., BRACHO BRAVO, B.Y., & SÁNCHEZ URDANETA, A.B. Fertilización con magnesio en platano "Barragnete" (Musa AAB) Ecuador. La Granja, n 35(1), p 8-19, 2021
- DÍAZ, V.C., & SADEGHIAN, S. Adsorción de fosforo en suelos de la zona cafetera de Colombia. Cenicafé, n 69(2), p 7-16, 2018.
- NACCI, T., SABATINI, F., CIRINCIONE, C., DEGANI, I., & COLOMBINI, M.P. Characterization of textile fibers by means of EGA-MS and Py-CG/MS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, n 165(May), p 105570, 2022.
- SANTANA CARVALHO, W., FERREIRA MARTINS, D., ROSA GOMES, F., RAMOS LEITE, I., GUSTAVO da SILVA, L., RUGGIERO, R., MATHIAS LEITE, E. Phosphate adsorption on chemically modified sugarcane bagasse fibres. Biomass and Bioenergy, n 35, p 3913-3919, 2011.
- YAASHIKAA, P.R., SENTHIL KUMAR, P., & VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wates for biorefenery process and circular bioeconomy: A critical review. Bioresorce Technology, n 343(October 2021), p 126126, 2022.

Patrocinador Ouro

Patrocinador Prata

Patrocinador Bronze

Apoio



Copyright © 2022 All Rights Reserved by ABQ