

Infografía: Proceso de adsorción utilizando tierra de arriera en soluciones acuosas (aguas eutrofizadas).

Determinación de la máxima capacidad de adsorción de la tierra de Arriera en la eliminación de fosfatos en soluciones acuosas

NIVALDO E. VARGAS SORIANO¹; LAZARO V. CREMADES²; JOSE VILLARREAL³; DITZA MEDINA⁴.

- 1. Doctorando en Ingeniería de Proyecto: Medio Ambiente, Calidad, Seguridad y Comunicación. Universidad Politécnica de Cataluña. España. vnivaldos@hotmail.es*
- 2. Departamento de de Proyectos de Ingeniería, Docente-Investigador PhD. Universidad Politécnica de Cataluña. España.*
- 3. Departamento de Suelos y Aguas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Docente-Investigador PhD. Panamá.*
- 4. Departamento de Química. Docente-Investigadora MSc. Universidad de Panamá. Centro Regional de Veraguas.*

Resumen

Los materiales existentes en el trópico (tierra de arriera), pueden ser usados como una herramienta de bioremediación en procesos de purificación y descontaminación de aguas residuales contaminadas. El objetivo es determinar la máxima capacidad de adsorción de tierra de arriera en la eliminación de fosfatos en periodos de tiempos determinados. La metodología aplicada será la extracción de fosforo adsorbido por las arcillas y la técnica de Melhich, a fin de evaluar el fosforo adsorbido por la arcillas en tiempos de adsorción, se utilizará solución carolina del norte y se medirán la concentraciones en un espectrofotómetro de UV a longitudes de ondas de 680 nm. Las muestras evaluadas que fueron sometidas a tiempos de adsorción, donde reflejan si son consistente y aptas para la investigación. Los resultados obtenidos demuestran que la tierra de arriera variando sus tiempos de adsorción tienen la capacidad de adsorber fosfato disponible en las soluciones acuosas y la que respondió a una mayor eliminación fue la muestra de Macaracas (M2) con un 79% de eliminación de fosfato.

Palabras Claves: Adsorción, tierra de arriera, fosfatos, soluciones acuosas, eutrofización.

ABSTRACT

Existing materials in the tropics (land of Arriera), can be a tool in bioremediation processes of purification and decontamination, contaminated wastewater. The objective is to determine the maximum adsorptive capacity of land f in the elimination of phosphates in certain periods of time. The methodology used has been the removal of phosphorus in clays and the technique of Mellich, in order to assess the phosphorous adsorbed by clay in times of adsorption, use the solution of North Carolina and measure concentrations in a spectrophotometer UV to wavelengths of 680 nm. The samples were subjected to adsorption times, where reflected be consistent and suitable for the investigation- The results obtained show that the land of has the capacity to adsorb phosphate available in aqueous solutions by varying its adsorption time. The sample that shower the greatestr adsorption was the sample Macaracas (M2) with 79% of phosphate removal.

Key Words: *Adsorption, land of Arriera, phosphates, aqueous solutions and eutrophication.*

Introducción

En las zonas tropicales existe una gran variedad de materiales que pueden ser utilizados para desarrollo de investigaciones científicas, tal es el caso del material de suelo conocido como tierra de arriera. Consiste en una arcilla que extrae la hormiga arriera (*Atta cephalote*) de sus cuevas o galerías del fondo del suelo, propia de los trópicos y cuyo material es abundante y sin utilidad para la ciencia.

El proceso de adsorción es conocido desde hace mucho tiempo. Se cree que el término adsorción fue introducido por primera vez por Kayser en 1881 para describir sus observaciones sobre la condensación de gases sobre una superficie (Canadell, 2010).

Dabrowski (2001) plantea que el fenómeno fue descubierto por Sheele, quien observó que el carbón tomaba varias veces su propio volumen de aire y que este fenómeno era reversible: al calentarse, el aire se expulsaba del carbón, y al enfriarse volvía a ser absorbido y también por parte de Fontana en 1777 de forma independiente. En la actualidad, la adsorción se conoce como un fenómeno importante para la mayor parte de los procesos físicos, naturales, biológicos y químicos.

Es por tal razón, que la adsorción, es un fenómeno superficial que puede ser definido como el incremento de concentración de un determinado componente a la superficie entre dos fases. Estas fases pueden ser de las siguientes combinaciones: líquido-líquidos, líquidos-sólidos, gas-sólidos, y gas-líquido.

En la práctica, por adsorción se entiende, como la eliminación de uno o más componentes presentes en una fase líquida o gas mediante un sólido (Canadell, 2010).

Pero se puede decir que la adsorción se considera una de las reacciones del fósforo, más estudiada en los suelos, ya que controla la disponibilidad del mismo en la planta (Sawal & Kumar, 1995, citado por Medina, 2003).

Puede verse que el movimiento del fósforo se realiza principalmente por difusión, y en menor grado por flujos de masas (Sitio Agrícola, 2001).

El contenido total de fósforo depende de la textura de los suelos: cuanto más fina es, mayor es el contenido de fósforo. De igual manera, el contenido total de fósforo varía con la profundidad del suelo, lo que se explica por la disminución de materia orgánica y por el avance de la meteorización del perfil (Sawal & Kumar, 1995).

La fijación está determinada por la mineralogía de las arcillas, la cantidad de arcilla, la cantidad de coloides amorfos, el aluminio (Al) y el hierro (Fe) intercambiable y la materia orgánica (Bertsch, 1995). La mayoría de los suelos tienen la capacidad de adsorber y retener grandes cantidades de fosfatos aplicados (Michael, 1998). Cuanto mayor es el porcentaje de arcillas, mayor es la fijación de fósforo y se ha encontrado que los suelos ultisoles poseen la más alta capacidad de fijación de fósforo, (aluminosilicato no cristalizado) y de óxidos de aluminio (Bertsch, 1995).

El fósforo en el suelo puede presentarse en forma orgánica y en forma inorgánica. La mayor parte del fósforo inorgánico se encuentra en la fracción de las arcillas, en forma de fosfatos (calcio en suelos básicos y de hierro en suelos ácidos) (Medina, 2003).

También se encuentra el fósforo en las aguas superficiales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos (orto fosfatos, fosfatos condensados y otros poli fosfatos ligados orgánicamente). Los orto fosfatos aplicados como fertilizantes a la tierra cultivada agrícola son arrastrados a las aguas superficiales por las lluvias (Romero, 2002).

El fósforo, un nutriente que en exceso promueve el crecimiento de macro y microorganismos acuáticos que se transforman en la principal causa de eutrofización de los cuerpos receptores (Karacas, et, al; 2004; Namasivay, & Sanjeetha, 2004).

El problema de la eutrofización está ampliamente estudiado, sin embargo, las últimas tendencias internacionales en tratamiento de aguas dirigen la importancia de este parámetro a la presencia de algas cianofíceas que pueden generar problemas en los sistemas de potabilización (Romero, 1996).

La concentración de fosfatos en los cuerpos de aguas superficiales representa un problema debido a la reproducción en progresión geométrica de los organismos unicelulares que dependen del fósforo como fuente de alimentación (Romero, 1996).

Existen algunas técnicas para la eliminación de fosfatos, tal es el caso de la utilización de coagulantes con sulfato de aluminio y cloruro férrico (Díaz et al., 2007).

En nuestro caso se utilizará un material presente en el neo trópico, la tierra de arriera, producida por la hormiga arriera *Atta cephalotes*, la cual se encuentra mayormente distribuida desde México hasta el sur de Brasil (Fernández y Sandoya, 2004).

La remoción de tierra (Montoya et al., 2006) es uno de los efectos notables causados por la colonización de *Atta* en la aparición de nidos u hormigueros que se distinguen por la presencia de montículos de tierra suelta, producto de las excavaciones en el suelo para construir subterráneamente sus nidos.

El objetivo primordial de esta investigación se basa en determinar la máxima capacidad adsorptiva de la tierra de arriera en la eliminación de fosfato, en periodos determinados de tiempo, para soluciones acuosas. Se desea conocer el grado de utilidad que se le puede dar a este tipo de material como agente adsorbente del ion fosfato, que es el causante de la contaminación de las fuentes de aguas superficiales, mediante el proceso de eutrofización en lagos, ríos, quebradas y aguas estancadas, producto de las descargas de aguas contaminadas en las fincas agropecuarias por el lavado de porquerizas y lechería.

Materiales y Métodos

El material utilizado como adsorbente, la tierra de arriera, existe en grandes cantidades en Panamá, por lo que puede ser un instrumento

natural para la eliminación de fosfatos, producto de la contaminación de aguas emanadas de fincas agropecuarias.

Este tipo de arcilla se ha decidido estudiarla, a fin de garantizar su utilidad, y determinar la capacidad de adsorción que puedan tener del ion fosfato por parte de estos materiales en tiempos determinados de adsorción (1, 6, 12, 24 horas), y con una concentración conocida de 5 mg/l en una disolución preparada en laboratorio.

Muestras

Las muestras de suelo de arriera fueron tomadas en diferentes sitios de Panamá. Los puntos escogidos junto con sus coordenadas geográficas, fueron los siguientes: Los Santos (Macaracas N 7° 41' 13" y O 80° 31' 57") Herrera (Portobelillo N 8° 02' 01" y O 80° 34' 03"), y Veraguas (Calabacito N 8° 14' 10" y O 81° 04' 40"). Además, se tomó una muestra de mesocarpio del coco (N 7° 41' 53" y O 80° 32' 37"). Este último es un material inorgánico, fibroso que recubre el coco de agua y que podría servir como alternativa a la tierra de arriera en cuanto a material adsorbente de fosfato.

Se tomó una muestra en cada sitio, sumando un total de 5 muestras. Fueron recolectadas en cartuchos plásticos transparentes de 1 kg de peso, y se mantuvieron a temperatura ambiente para su posterior análisis fisicoquímico, donde se rotularon con nombres y procedencia (Idiap, 2009).

Materiales

Se preparó una solución patrón de fosfato (K_2PO_4), a concentración de 5 mg/l, para realizar la corrida de los ensayos en tiempos marcados determinados (1, 6, 12, 24 horas).

Se pesaron 2.5 gramos de suelo seco a temperatura ambiente, se colocaron en frascos

de 50 ml en duplicados, para cada una de las muestras a analizar.

Para medir la concentración de fosfato adsorbido o eliminado por la arcillas, se utilizó un espectrofotómetro serie Génesis 105 UV- Vis Thermo Scientific, calibrado a 680 nm de lectura en absorbencia.

Los equipos de laboratorio utilizados fueron, un agitador de jarras, cristalería (vasos químicos, agitadores vidrios) una centrifugadora Universal, Hettich Zentrifugen, de 5000 rpm, una balanza digital, y reactivos químicos como: ácido ascórbico, molibdato de amonio, y solución de Carolina del Norte.

Método

El método utilizado para determinar la capacidad de adsorción o eliminación del ion fosfato por parte de la arcillas (tierras de arriera) fue el Método de Carolina del Norte o prueba de Mehlich, 1984), para determinación de fósforo en suelos. Según Faca (2000), la prueba de Mehlich es la más aceptable para evaluación de fósforo presente disponible en las arcillas de Panamá.

Cada muestra se analizó por duplicado con las dosis seleccionadas durante el tiempo establecido. Puesto que se ensayaron 5 muestras en doble repeticiones, se le aplicó la corrida a los diferentes tiempos de adsorción (4), se tuvo un total de 24 muestras analizadas.

Se tomaron los 2.5 gramos de suelos y se les agrego 25 ml de solución sintética preparada de 5 mg/l. Luego se agitaron durante 10 minutos, y se dejaron en reposo para los diferentes tiempos de adsorción de 1, 6, 12, y 24 horas. Pasado el tiempo de reposo se les retiró la solución de fosfato y se les incorporó solución Carolina del Norte, donde nuevamente las arcillas muestreadas fueron agitadas y dejadas en reposo 10 minutos. Luego, fueron centrifugadas para la

extracción de la solución líquida que sería analizada.

Una vez terminada la extracción filtrante de la muestra, se toman alícuotas de la solución resultante (2.5 ml), y se le agregó 14.5 ml de solución ácido ascórbico más molibdato de amonio. Se le dejó en reposo 30 minutos para adquiriera una coloración azulada, la cual es utilizada para la determinación del ión fosfato presente en la soluciones por el método basado en un complejo fosfomolibdico usando ácido ascórbico como reductor. La intensidad de esta coloración azul se mide mediante el uso del espectrofotómetro de luz visible a una longitud de onda de 680 nm (Radojevic & Bashkin, 1999).

Resultados y Discusiones

Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 1. Las muestras evaluadas fueron: Santiago (M1), Macaracas (M2), Portobelillo (M3) y Calabacito (M4), y Mesocarpio del coco (M5), las cuales se les extrajo el fósforo disponible presente.

Muestras	Lecturas tramitancia	mg/l	Observación
Santiago (M1)	82	12	Descartada
Macaracas (M2)	96	2	
Portobelillo (M3)	97	1	
Calabacito (M4)	96	2	
Mesocarpio coco (M5)	12.5	143	Descartada

Tabla 1. Resultados de evaluación de fósforo disponible en las arcillas y en el mesocarpio coco.

De la Tabla 1, destaca que el mesocarpio del coco tiene una disponibilidad presente de 143 mg/l de fósforo.

Se realizó una depuración de las muestras con altas concentraciones de fósforo en su estructura y que no ayudarían al desarrollo de la investigación como fueron: Santiago (M1) y mesocarpio de coco (M5).

Esta muestras fueron descartadas, ya que los parámetros permitidos por la norma panameña admiten valores de fósforos totales hasta 5 mg/l, para vertidos a efluentes superficiales (COPANIT- 35-2000).

Tiempos	Concentraciones en mg/l y porcentajes de adsorción					
	M2	%	M3	%	M4	%
1 hora	4.7	94	2.0	40	3.2	64
6 horas	4.7	94	4.7	94	4.0	80
12 horas	3.2	64	4.2	84	2.5	50
24 horas	3.2	64	4.0	80	2.5	50

M2= Macaracas, M3= Portobelillo, M4= Calabacito

Tabla 2. Resultados de capacidad de eliminación de fosfato por las arcillas en tiempos determinados.

Las muestras de Macaracas, Portobelillo y Calabacito, presentaron la menor disponibilidad de fósforo presente en su estructura, lo que nos ha permitido utilizarla para la eliminación de fosfato en soluciones.

En la Tabla 2, se determina la capacidad de adsorción o eliminación de fosfato en periodos de tiempos determinados por parte de las arcillas evaluadas.

Los datos obtenidos demuestran que el periodo de 6 horas de adsorción o eliminación de fosfato por parte de las muestras evaluadas (M2, M3 y M4), es el que ha dado mejores resultados. Entre

las tres tierras de arrieras ensayadas, la muestra de Macaracas es la que obtuvo mayores porcentajes de adsorción.

Las Figuras 2, 3 y 4 reflejan el comportamiento gráfico de las muestras evaluadas.

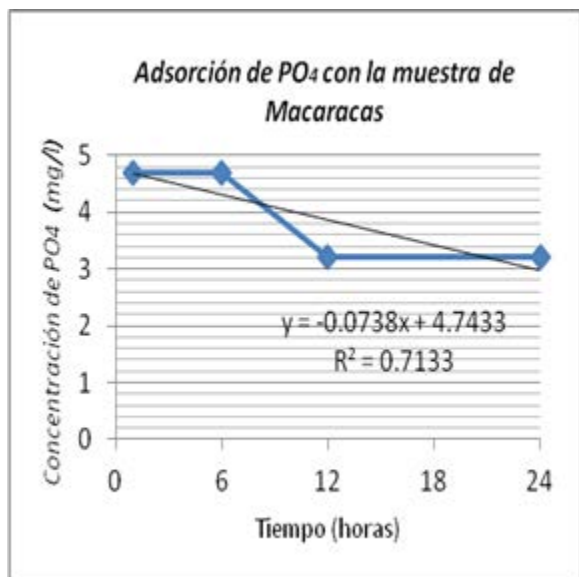


Figura 2. Eliminación de fosfato en la muestra de Macaracas a lo largo del tiempo.

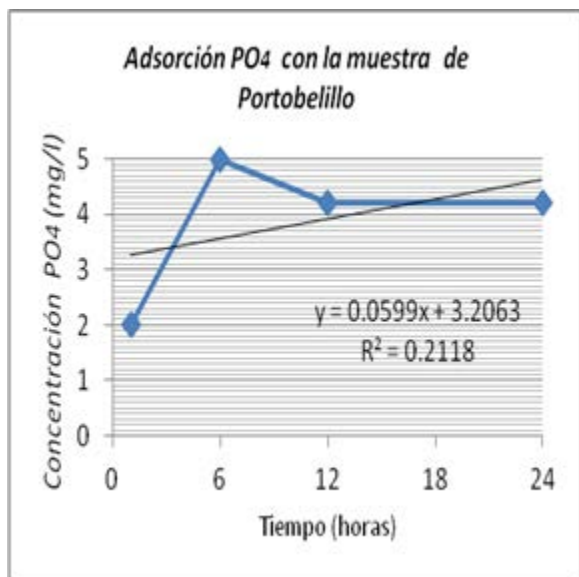


Figura 3. Eliminación de fosfato en la muestra de Portobelillo a lo largo del tiempo.

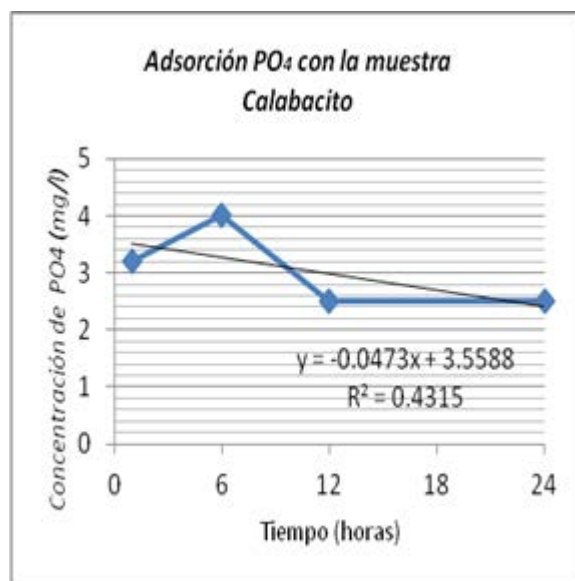


Figura 4. Eliminación de fosfato con la muestra de Calabacito a lo largo del tiempo.

Conclusiones.

Esta investigación ha probado que las tierras de arrieras estudiadas, podrían ser utilizadas para procesos de eliminación de fosfatos en aguas contaminadas producto de las actividades agropecuarias.

Queda determinado que la muestra de Macaracas (M2), refleja tener el mayor grado de adsorción o eliminación de fosfato, presente en la solución acuosa propuesta de 5 mg/l, con valores promedio de adsorción de 79 %.

Referencias Bibliográficas

Dabrowski, K. (2010). *Ascorbic Acid in Aquatic Organisms: Status and Perspectives*. Boca Raton, FL; CRC Press.

Canadell, A. E. (2010). *Comparación de la adsorción del boro en perlas de alginato y alginato/alúmina*. Proyecto final de Carrera. Ingeniería Química. Universidad Politécnica de Catalunya. España. Pág. 58-59.

- Sawal, O & Kumar, V. (1995). Común. *SoilSci. Plant anal.* 26: 3181-3192.
- Medina, Ditzá. (2003). *Estudio de Fósforo en un Ultisol en Sistema de Frijol Tapado*. Tesis de Maestría en Química. Universidad de Costa Rica. Rodrigo Facio. Costa Rica. Pág. 4.
- Bertsch, F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencias del Suelos. Costa Rica.
- El Sitio Agrícola. (2001). *Movilidad del fósforo en el Suelo*.
[http://www.elsitioagricola.com/art.../Movilidad del fósforo en el suelo.as](http://www.elsitioagricola.com/art.../Movilidad%20del%20f%C3%B3sforo%20en%20el%20suelo.as), 10 de Octubre 2001.
- Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (1985). *Soil organic and biological activity*. The Institute for Soil Research. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk. Publisher. Scotland.
- Mehlich, A. (1984). Soil Test Extractant: A modification of Mehlich II Extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(12): 1409-1416.
- Romero, R. & Jairo A. (2002). *Calidad del Agua*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1ra Edición, Bogotá. Colombia.
- Romero, R. & Jairo A. 1996. *Acuaquímica*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Editorial Presencia, 1ra Edición, Bogotá. Colombia.
- Díaz, H.; Wilson, M.; Gonzaga, Balmes, L. & Contreras, N. (2007). *Determinación del Coagulante que Permita la Máxima Remoción de Fosfatos en Agua Cruda del Río Otún*. Scientia Et Technical, Mayo, año/vol. XIII. Número 034. Universidad Tecnológica de Pereira. ISBN (versión Impresa): 0122-1701. Colombia. pp. 607-612
- Fernández, F. & Sandoya, S. (2004). *Lista de la hormigas Neotropicales*. (Hymenoptera: Formicidae). *Biota Colombiana* 5(1): 3-93
- Montoya, J. L.; Chacón, P., & Manzano, M. (2006). *Caracterización de nidos de la hormiga arriera Attacephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 32(2): 151- 158
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IDIAP) (2009). Manual. *El Muestreo de suelos para análisis de fertilidad*. Elaborado por: Especialista de Suelos: Agudo, Lwonel, Villalaz, Jhon, Villarreal, José. Panamá.
- Radojevic, M.; Bashkin, V. N. (1999). *Practical Enviromental Analysis*, MPG Books Ltd., Cornwall, England.
- Ministerio de Comercio E Industrias. (2000). Normas de Calidad de Aguas. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpo y masas de aguas superficiales y subterráneas. DGNTI-COPANIT 35-2000. Panamá. Pág. 32.
- Michael, R. & et, al. (1998). Manual de Agronomía. Análisis de suelos y Plantas. Laboratorio Agrícola A&L. Mexico. pp. 132.
- Karaca, A., Gurses, M.; Edjer, M.; Acikyildiz, J. (2004). *Colloid Interface Sci.* 277. pp 257-263.
- Namasivayam, D. & Sangeeth, J. (2004). *Colloid Interface Sci.* 280. pp 359-365.