

Influencia de un campo magnético estático en el proceso de coagulación

Casiano Coureoneaux-Font¹, Guillermo Ribeaux-Kindelán^{2*}, Dania del Toro-Alvarez³

1. Laboratorio Farmacéutico Oriente (LBF), Biocubafarma
Calle 5ta. y Final, Reparto 30 de Noviembre, Santiago de Cuba, Cuba.
2. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente
Avenida de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba.
3. Facultad de Ingeniería Química y Agronomía (FIQA), Universidad de Oriente
Avenida Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba.

* ribeaux@uo.edu.cu

RESUMEN

Introducción. El electromagnetismo ha sido utilizado para diferentes tipos de tratamientos, como los procesos de sedimentación y coagulación, que contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso y el ahorro de coagulante.

Objetivos. Influir, mediante un campo magnético estático, en el proceso de sedimentación y coagulación del agua y eliminar las partículas coloidales, causantes de la turbiedad del agua y de la contaminación medioambiental.

Materiales y métodos. Se realiza el análisis de las propiedades de la muestra sin exposición al campo magnético, antes y después de la prueba de jarra, luego con la aplicación del campo magnético a la muestra y la adición del coagulante, se utilizó la dosis mínima permisible de sulfato de aluminio, agente coagulante para agua potable, según la norma (NC 827 - 2012). La evaluación del comportamiento, antes y después de la prueba de jarra y análisis de la influencia del tratamiento en el proceso de coagulación-floculación.

Resultados y discusión. El experimento mostró similitud con la información existente sobre el campo magnético. Se evidenciaron transformaciones en las características de la muestra: rápida formación de flóculos, aumento de la velocidad de sedimentación, disminución del tiempo de sedimentación, ahorro de energía, reducción de productos químicos, mejora de condiciones de trabajo, costo de producción y un impacto favorable en el medioambiente.

Conclusiones. El tratamiento magnético influye significativamente en los procesos de coagulación-floculación para el tratamiento de aguas y propicia una disminución en la dosis de coagulante (sulfato de aluminio).

Palabras clave. Magnetismo, campo magnético, tratamiento magnético, coagulación-floculación, sedimentación.

ABSTRACT

Introduction. Electromagnetism has been used for different types of treatments, including sedimentation and coagulation processes, contributing to improve process efficiency and coagulant savings.

Objectives. To influence, by means of a static magnetic field, on the process of sedimentation and coagulation of water and to eliminate colloidal particles; this may cause water turbidity and environmental pollution.

Materials and methods. The analysis of the properties of the sample without exposure to the magnetic field before and after the jug test was done. Then with the application of the magnetic field to the sample and the addition of the coagulant, the minimum allowable dose of Aluminum Sulfate for drinking water was used according to the standard (NC 827 - 2012). The evaluation of the behavior before and after the jug test and the analysis of the influence of the magnetic treatment in the coagulation-flocculation process were also taken into consideration.

Results and discussion. The experiment showed similarity with the existing information on the magnetic field. Transformations on sample characteristics were evidenced like: rapid floc formation, increased sedimentation speed, decreased sedimentation time, energy saving, reduction of chemicals, improved working conditions and production cost as well as a favorable impact on the environment.

Conclusions. Magnetic treatment has a significant influence on the coagulation-flocculation processes for water treatment, leading to a decrease in the dose of coagulant (aluminum sulfate).

Keywords. Magnetism, magnetic field, magnetic treatment, coagulation-flocculation, sedimentation

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología juegan un papel fundamental en el desarrollo de las industrias, específicamente, en la industria farmacéutica, pues aumentan la calidad y eficiencia de los procesos productivos. El agua utilizada en la industria farmacéutica es preparada, a partir del agua potable apta para el consumo humano. Por tanto, un primer nivel de descontaminación es el que establecen las normas estatales o autonómicas aplicables en cada zona para obtener agua potable (1). Es de suma importancia diseñar un sistema de tratamiento del agua que disminuya la acción negativa sobre el medioambiente y su entorno social.

El sistema de tratamiento del agua por intercambio iónico ha sido utilizado durante muchos años y su funcionamiento ya no es eficiente, las aguas residuales de su regeneración y enjuagues son vertidas directamente en el suelo, sin ningún tratamiento. La contaminación de las aguas subterráneas se produce por la migración de contaminantes hacia los acuíferos, que alteran sus propiedades físico-químicas y perjudican su calidad. La contaminación del suelo provoca una reacción en cadena pues altera su biodiversidad, reduce la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro. También se contamina el agua almacenada en el suelo y la subterránea y provoca un desequilibrio de sus nutrientes. El electromagnetismo ha sido utilizado para diferentes tipos de tratamientos, entre los que se encuentran los procesos de sedimentación y coagulación, que contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso y al ahorro de coagulante (2-4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de la Planta Potabilizadora de Santiago de Cuba, se empleó el método de la prueba de jarra (PJ) y se utilizaron los equipos necesarios para la prueba: Floculador, 6 Beaker de 1000 ml, solución de sulfato de aluminio al 1 % y Turbidímetro, como se muestra en la figura 1.

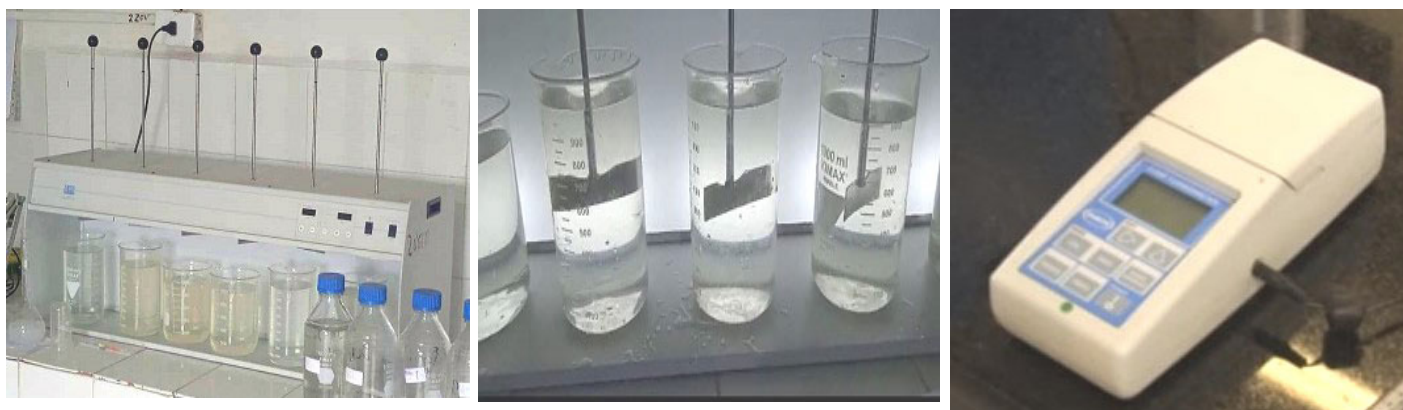


Figura 1. Equipamiento utilizado para la prueba de jarra.

En la figura 2 se muestra el dispositivo magnético empleado acondicionado y un mapa de simulación con la caracterización de este, el valor de inducción magnética B en la zona de trabajo es, aproximadamente, 0.4 T, con 4 pases, según la disposición del conducto.

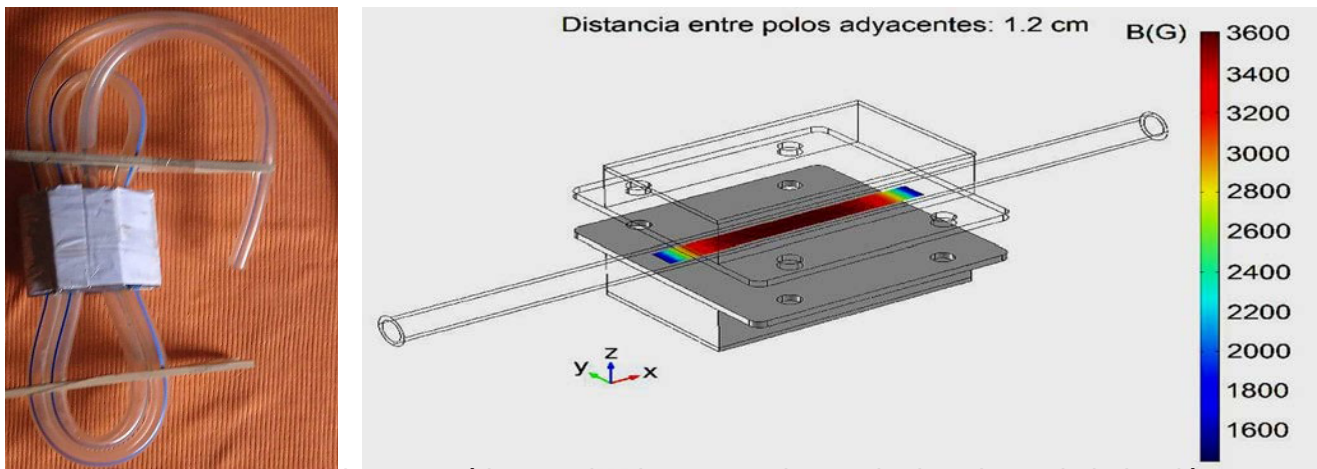


Figura 2. Dispositivo magnético empleado y mapa de escala de valores de inducción del campo magnético (CM), para una distancia entre polos de 1.2 cm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observan menores valores de turbidez; como parámetro de interés se observan con campo magnético, con la dosis mínima de coagulante (15 mg/L), los flóculos con mayor rapidez.

Tabla 1. Resultados de los valores de turbidez obtenidos con y sin CM, según dosis óptima de coagulante

	Ac	AG-15	AG-20	AG-25	AG-30	ATM-15	ATM-20	ATM-25	ATM-30
pH	7.20/7.37			7.25/ 7.31	7.29/ 7.24	7.59/ 7.58	7.49/ 7.50	7.44/ 7.43	7.43/ 7.41
Cond.	379.3/380.3			377.2/ 377.8	381.6/ 383.9	383.6/ 380.9	331.9/ 381.3	387.4/ 385.2	391.2/ 394.4
Tb	32.5	4.44	4.42	3.42	2.89	3.42	3.83	3.36	3.24
Color	200	30	15	10	10	10	10	15	15
IFF		4	3	1	2	1	2	3	3
TFS		4	3	1	2	1	2	3	4

Ac: agua cruda, AG-15: agua cruda con 15 mg/L de sulfato de aluminio, AG-20: agua cruda con 20 mg/L de sulfato de aluminio, AG-25: agua cruda con 25 mg/L de sulfato de aluminio, AG-30: agua cruda con 30 mg/L de sulfato de aluminio, ATM-15: agua TM con 15 mg/L de sulfato de aluminio, ATM-20: agua TM con 20 mg/L de sulfato de aluminio, ATM-25: agua TM con 25 mg/L de sulfato de aluminio, ATM-30: agua TM con 30 mg/L de sulfato de aluminio, IFF: inicio de formación de flóculos, TFS: flóculos sedimentados.

Los resultados presentados demuestran que un campo magnético estático es capaz de influir en el proceso de sedimentación y coagulación, ya que las partículas coloidales son las causantes de la turbiedad del agua y, para eliminarlas, se recurre al proceso de coagulación, que es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen, al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas, y facilitar su aglomeración, para lo que deben ser anuladas las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide; es decir, que ocurra una compresión de la doble capa y permita que las partículas coloidales se aglomeren para formar flóculos; se infiere que este proceso sea

el que esté provocando el campo magnético, como plantean Lipus (5) y Rivero (6), quienes refieren que la fuerza de Lorentz pudiera provocar la condensación de la capa de Stern (capa comprimida), a costa de la capa de Gouy-Chapman (capa difusa), como se aprecia en la figura 3. La neutralización de la superficie cargada de la partícula dispersada puede ser valorada sobre la base de la teoría de la doble capa eléctrica. Al finalizar el tratamiento magnético pudiera haber una tendencia a que los contraiones, en exceso en la capa de Stern, se distribuyan uniformemente. Este proceso pudiera durar horas o días y conducir a la heterocoagulación de las partículas. La homogeneización de la capa de Stern, finalizado el tratamiento magnético, intensificaría la agregación de la fase sólida por homocoagulación. Es importante señalar que, precisamente la compresión de la doble capa, es uno de los mecanismos que propicia la coagulación.

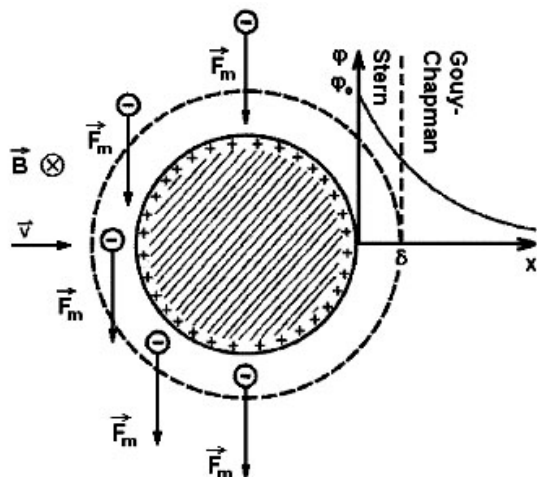


Figura 3. Efecto de la componente magnética de la fuerza de Lorentz sobre la capa de Stern (capa comprimida), en el tratamiento magnético.

CONCLUSIONES

En el caso de la turbidez, al pasar el agua por el campo magnético, hubo una disminución de su valor. El tratamiento magnético (TM) tiene influencia significativa en los procesos de coagulación y floculación para el tratamiento de agua, pues disminuye la dosis de coagulante (sulfato de aluminio) a aplicar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andía Cárdenas, Y. *Tratamiento de aguas*. En: Coagulación y Floculación. Lima: SEDAPAL. 2000.
2. Cefalas, A., et al. *Nanocrystallization of CaCO_3 at solid/liquid interfaces in magnetic field: A quantum approach*. Applied Surface Science, 2008. 254.
3. Danielewicz-Ferchmin, I., Water at ions, biomolecules and charged surfaces. *Phys. Chem. Liquids*, 2004. p.42.
4. García, Y. Efecto del magnetismo en la sedimentación y recuperación de cobalto en procesos con tecnología Caron. Universidad de Oriente, Cuba, 2006.
5. Lipus, L. C. (2001). Dispersion Destabilization in Magnetic Water Treatment *Journal of Colloid and Interface Science*, 2001, 236.
6. Rivero, Y. Utilización de floculantes y el campo magnético en soluciones acuosas. Universidad de Oriente, Cuba, 2003.