

INFLUENCIA DEL PROCESO DE ADSORCION EN LA DEMANDA EN CLORO DE UN AGUA SUPERFICIAL CLARIFICADA

Rosa María Ramírez Zamora^{a*}, Alfonso Durán Moreno^b

^a Instituto de Ingeniería, UNAM, Apdo. Postal 70-472 Coyoacán, 04510 México, D. F.

☎ (5) 622 33 20, Fax (5) 616 21 64, e-mail: rmrz@pumas.ingen.unam.mx

^b Facultad de Química, UNAM Edif. E, Laboratorio 301
Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D. F.

RESUMEN

Este trabajo evalúa la influencia del proceso de adsorción con carbón activado en granos (CAG) sobre la demanda en cloro de un agua superficial clarificada para producción de agua potable. Los procesos de tratamiento aplicados al agua superficial bruta se realizaron en un sistema piloto de laboratorio. Dos carbones activados comerciales fueron utilizados en las pruebas de adsorción (el NC60 de cáscara de coco y el PICABIOL de madera). La demanda en cloro se determinó con base en el método de punto de ruptura.(break point) Los resultados obtenidos indican que la demanda en cloro del agua clarificada disminuye en un factor de dos, si se aplica un proceso de adsorción con el carbón activado en granos NC60. Esta disminución es menos importante para el agua tratada con el carbón activado PICABIOL. Lo anterior, se debe a que el carbón NC60 presenta una eficiencia mayor de eliminación de contaminantes (nitrógeno amoniacal y materia orgánica natural) debido a su mayor área específica y mesoporosidad. Estos resultados ponen en evidencia el efecto benéfico que presenta el proceso de adsorción sobre la disminución de la demanda en cloro debido a una mayor remoción de contaminantes.

INTRODUCCION

Las aguas naturales de tipo superficial han sido tradicionalmente tratadas por procesos convencionales como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración sobre arena y desinfección para la producción de agua potable. Estos tratamientos permiten solamente remover parcialmente contaminantes orgánicos e inorgánicos (materia orgánica natural, plaguicidas, hierro, manganeso, etc.) que consumen una cantidad significativa de la dosis de cloro aplicada en la etapa de desinfección.

La aplicación de procesos de tratamiento avanzados, como la adsorción y la ozonación, permite remover de manera eficiente esta serie de contaminantes (De Laat et al., 1991, Ramírez Zamora y Seux, 1999). La remoción significativa de estos compuestos tiene repercusiones positivas sobre la dosis de cloro necesaria a aplicar en la desinfección para asegurar la calidad microbiológica del agua tratada (Seux, 1991). En efecto, en las reacciones de desinfección con cloro, este oxidante reacciona, en primera instancia, con el nitrógeno amoniacal, sustancias inorgánicas, etc. y, posteriormente el cloro residual restante se utiliza para eliminar microorganismos (Doré, 1989).

Con base en lo expuesto en esta introducción, el objetivo de este estudio es cuantificar el efecto de introducir el proceso de adsorción en un tren de tratamiento clásico sobre la demanda en cloro de un agua superficial clarificada.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Aparatos y reactivos

El sistema experimental utilizado en este trabajo se presenta en la Figura 1. El agua superficial utilizada en este estudio fue el agua bruta del estanque Blue de la comunidad de Paimpont, Francia. Las características iniciales de esta agua son : carbono orgánico total COT = 4.6 mg L^{-1} , nitrógeno amoniacal = 0.5 mg L^{-1} , nitrógeno orgánico = 0.9 mg L^{-1}). Esta agua fue tratada en laboratorio mediante un piloto que reprodujo los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración con arena y adsorción con carbón activado.

El piloto de tratamiento está integrado por reactores en pirex, para cada uno de los procesos simulados, además cuenta con dispositivos de control automático de pH y de adición de reactivos (cloruro férrico) para el proceso de coagulación-floculación del agua.

El agua bruta se alimentó al piloto mediante una bomba peristáltica a un flujo de 4 Lh^{-1} . La primera etapa del tratamiento consistió simultáneamente en un acondicionamiento a $\text{pH} = 5.5$. y una coagulación o mezclado mecánico rápido (cloruro férrico 20 mg L^{-1} , 80 rpm , 1 min). La segunda etapa fue una floculación o mezclado mecánico lento (30 rpm , 30 min .). La tercera una sedimentación ascendente (30 min .), la cuarta una filtración sobre arena (tamaño efectivo 0.75 mm , 5 mh^{-1} , 5 min .).

Una parte del efluente de la cuarta etapa se recolectó para determinar su demanda en cloro, de acuerdo al método "break point" para 2, 6 y 24 horas de tiempo contacto con cloro. La otra parte del efluente de la cuarta etapa se alimentó a una etapa final de adsorción con carbón activado, en esta fase del estudio se evaluaron dos tipos diferentes de carbón activado (PICABIOL de madera y NC 60 de cáscara de coco). Estos carbones comerciales son ampliamente utilizados en plantas de tratamiento de agua potable instaladas en Europa.

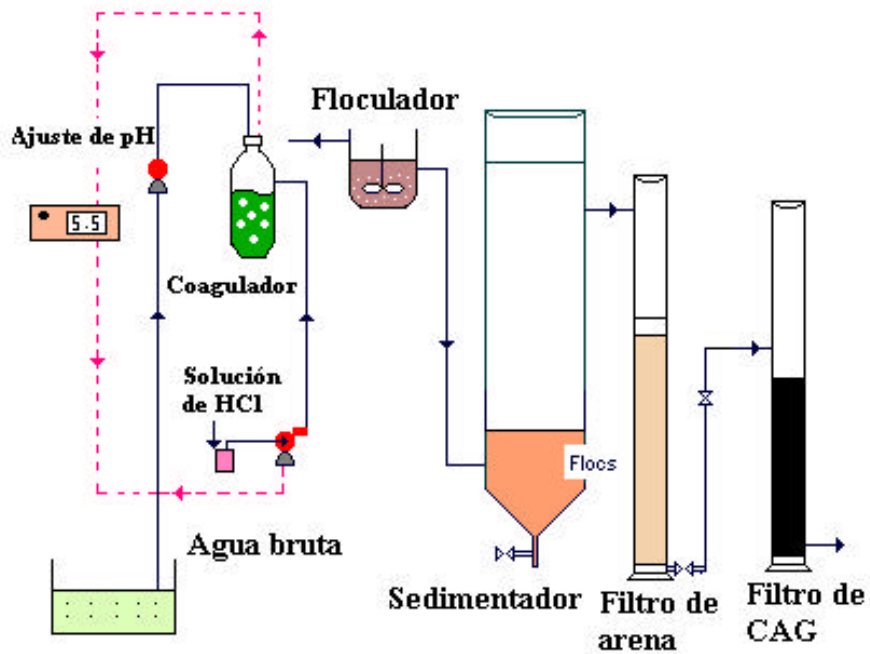


Figura 1. Piloto experimental

Técnicas analíticas

El COT se determinó en un aparato DOHRMAN DC 80, por el método de oxidación simultánea con persulfato de potasio y rayos UV, para producir bióxido de carbono que se mide posteriormente con un detector de luz infrarroja. El nitrógeno orgánico se cuantificó después de una mineralización y destilación, por el método espectrofotométrico del reactivo de Nessler (NFT-90-015). El nitrógeno amoniacal se determinó directamente por la técnica de Nessler.. El cloro libre y el residual combinado se cuantificaron por el método colorimétrico del dietil-p-fenilén diamina (DPD) y por titulación amperimétrica con óxido de fenilarsina.

RESULTADOS

Las Figuras 2 a 4 representan los resultados obtenidos en los análisis de demanda en cloro para el agua clarificada y las clarificadas-filtradas sobre los dos carbones activados evaluados (NC60 y PICABIOL). Estas figuras muestran que el proceso de adsorción con el carbón NC 60 permite disminuir de manera significativa (100%), la dosis requerida de cloro (de 4 mg L para el efluente de clarificación pasa a 2 mgL⁻¹ para el efluente de clarificación-adsorción) para obtener una concentración residual de cloro de 0.5 mg L⁻¹. Este valor residual permite asegurar la calidad microbiológica del agua tratada (Doré, 1989). Este efecto benéfico es menos significativo para el carbón de madera PICABIOL, ya que la demanda en cloro sólo se redujo en un 50% (3 mg L⁻¹).

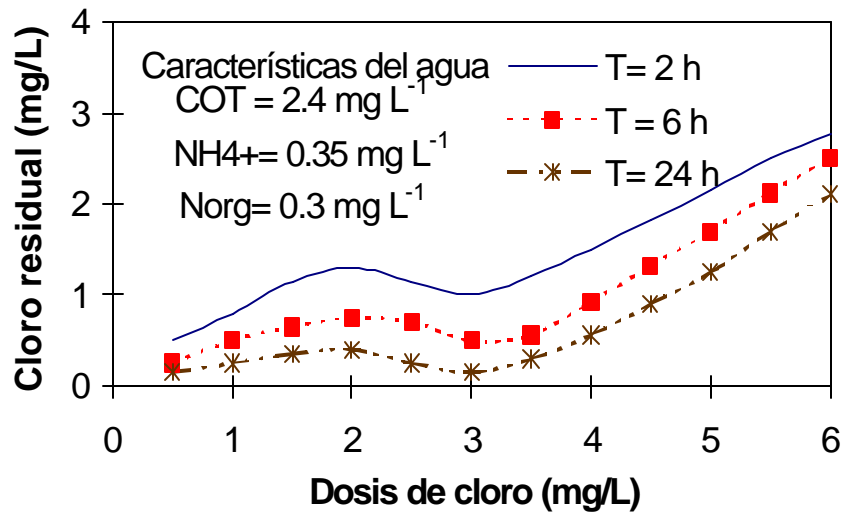


Figura 2. Cloro residual en función de la dosis de cloro aplicada en agua clarificada y filtrada sobre arena.

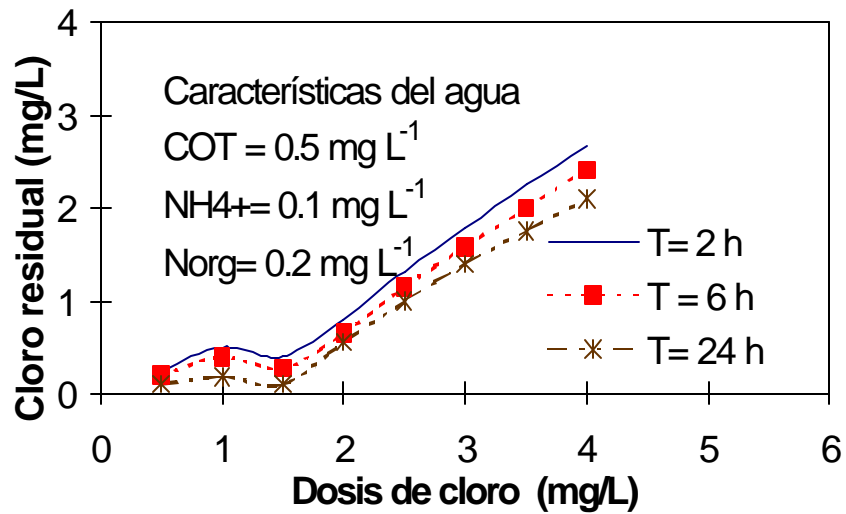


Figura 3. Cloro residual en función de la dosis de cloro aplicada en el agua clarificada, filtrada sobre arena y tratada con adsorción con carbón activado NC60.

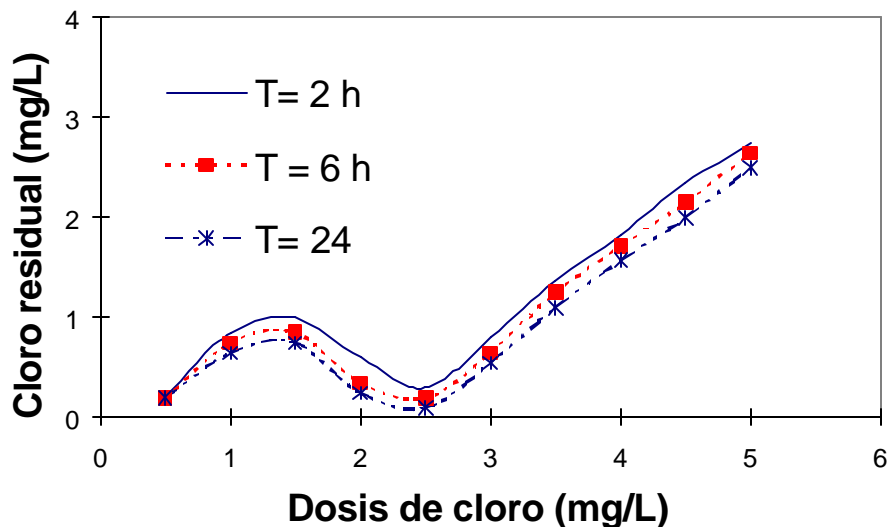


Figura 4. Cloro residual en función de la dosis de cloro aplicada en el agua clarificada, filtrada sobre arena y tratada con adsorción con carbón activado PICABIOL.

La figura 4 permite observar que la dosis de cloro, para tener un residual de 0.5 mg L^{-1} y asegurar la calidad microbiológica del agua potable (NOM-127-SSA-1994), disminuye de 4 a 3 mg L^{-1} , si se aplica un proceso de adsorción con carbón PICABIOL al agua clarificada y filtrada sobre arena. Esta disminución es menos significativa con respecto a la obtenida con el carbón activado NC60. Si se comparan las características fisicoquímicas de ambos efluentes, se puede observar que el efluente del carbón NC60 presenta una mejor calidad. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal y de carbono orgánico total son menos elevadas que las del carbón PICABIOL, lo que significa que el primer efluente contiene una carga menos elevada de compuestos que consumen cloro.

En las reacciones que se desarrollan durante la cloración de compuestos inorgánicos y orgánicos presentes en el agua a clorar, el cloro reacciona en primer lugar con el nitrógeno amoniacal, en una proporción másica de 7.6 mg de cloro por mg de nitrógeno amoniacal (Doré, 1989). Después de reaccionar con este compuesto, el cloro oxidará los otros contaminantes presentes. Lo anterior permite explicar la diferencia de dosis necesaria para cada efluente del proceso de adsorción. El carbón NC60 presenta una porosidad más elevada que el PICABIOL, es decir, este adsorbente presenta un área específica más elevada que permite eliminar de manera más eficaz una gran variedad y cantidad de contaminantes.

Aunque el carbón NC60 es más eficiente para eliminar contaminantes y, por ende, disminuir la dosis de cloro a aplicar en la etapa de desinfección de un agua clarificada para potabilización, es necesario señalar que la selección final de uno u otro de estos materiales se debe realizar con base en un estudio económico.

CONCLUSIONES

El proceso disminuye de manera significativa la dosis de cloro a aplicar en la etapa de desinfección final de aguas potables. La magnitud de la disminución de la dosis es función del tipo de carbón activado aplicado. De los dos carbonos evaluados, el de origen de cáscara de coco resultó ser el más eficiente debido a su mayor área disponible y a su meso-porosidad.

En conclusión, este estudio muestra el efecto benéfico en la calidad del efluente y en la dosis de cloro necesaria para la desinfección que se obtiene por la implementación del proceso de adsorción sobre un tren de tratamiento clásico. El proceso de adsorción permite disminuir el riesgo de salud pública debido a la eliminación más eficiente de compuestos precursores de trihalometanos. Las ventajas técnicas observadas en este estudio permitirían aumentar la factibilidad económica de este proceso por la reducción de costos implicados en el proceso de desinfección.

REFERENCIAS

- De Laat J., Doré M., Mallevalle J., (1991). Influence d'une préozonation sur l'adsorbabilité et la biodegradabilité des substances humiques d'origine aquatique et sur les performances des filtres de charbon actif, *Water Research*, **25** (2), 151-164.
- Doré M. (1989). Chimie des oxydants et Traitement des Eaux, *Edit. Technique et Documentation Lavoisier*, PUF Vandôme.
- Ramírez-Zamora R. M., Seux R. (1999), Oxydation radicalaire du diuron : Identification des sous-produits de la réaction, *Journal of Water Science-Revue de Sciences de l'Eau*, vol. 12, No. 3, pp. 545-560.
- Seux R. (1991), Etude des facteurs qui influencent la demande en chlore d'une eau, *Journées AGTM*, Institut Pasteur, Lyon