

Potabilización del agua monitoreando con sensores

Autores:

Graciela Muñoz Ramírez (chelamr@yahoo.com)

Marco Antonio Ocampo Ramírez (markovnikov692@gmail.com)

Yolanda Alicia Silva Aguirre (yoalsiag@yahoo.com.mx)

Preparatoria No. 8, Miguel E. Schulz

Rubro:

Impacto ambiental

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el realizar la práctica de tratamiento de agua utilizando la interfase y el sensor de pH de los nuevos laboratorios, así como establecer una curva de calibración de sulfato de bario para la determinación de la turbidez de la muestra durante el tratamiento. El concepto de turbidez es algo abstracto para los estudiantes, y el manejo de la escala de la turbidez en las unidades nefelométricas de turbidez, NTU, les permite observar los cambios en la muestra tratada.

Se realizan los procesos de cribado, coagulación-floculación, filtrado en arena, filtrado en carbón activado y cloración.

Se propone la utilización de material a escala reducida para la etapa de cribado, y filtración mediante la utilización de coladeras pequeñas, y armado de filtros utilizando material de desecho, recipientes de un dulce famoso de tamarindo con chile....

Purificación de agua monitoreando con sensores

Introducción

El agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo necesario no sólo para el desarrollo económico, sino indispensable para cualquier forma de vida. Por ello el adecuado tratamiento de aguas residuales contribuye a la regeneración ambiental de los ecosistemas.

Los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, coloidal o disuelta. Entre los principales contaminantes del agua residual, se encuentran:

- Compuestos órgano-halogenados y sustancias que puedan generarlos en el agua
- Sustancias cancerígenas o mutagénicas que puedan afectar el medio acuático
- Hidrocarburos y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.
- Cianuros
- Biocidas y productos fitosanitarios
- Sustancias que ejercen influencia negativa sobre el balance de oxígeno (DBO, DQO)

Las operaciones seguidas para tratar agua residual son:

1. **Remoción física de sólidos** de mayor tamaño que arrastrar el agua.
2. **Sedimentación.-** Es aprovechar la fuerza de la gravedad para que las partículas más densas que el agua se depositen en el fondo del recipiente.
3. **Coagulación – Floculación.-** Cuando la materia está suspendida en el agua en partículas pequeñas, entre 10^{-6} a 10^{-9} m, formando una suspensión coloidal, es necesaria la adición de reactivos químicos que, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y favorezcan la floculación al obtener partículas sedimentables.

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se emplean sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos que también favorecen la floculación. Por ejemplo sales como FeCl_3 o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, usadas tanto en estado sólido como en disolución. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.

Las sales de Al^{3+} más utilizadas suelen ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. El primero es de fácil manejo en disolución, mientras el segundo da mayor porcentaje en peso de aluminio por kilogramo dosificado.

Los polielectrolitos pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas), aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas).

- 4. Eliminación de materia disuelta.-** Al igual que la materia en suspensión, la materia disuelta puede tener características y concentraciones muy diversas, desde grandes cantidades de sales inorgánicas disueltas (salmueras), hasta pequeñas cantidades de metales pesados; materia orgánica desde compuestos biodegradable procedente de alimentos hasta sustancias de carácter peligroso como pesticidas.
- 5. Precipitación.-** Es la eliminación de una sustancia indeseable disuelta, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo. Algunos autores incluyen la precipitación en la coagulación-floculación. Sin embargo, el término precipitación describe procesos como la formación de sales insolubles, o la transformación química de un ión en otro para provocar la formación de un compuesto insoluble. Un reactivo frecuentemente usado en este tipo de operaciones es el Ca^{2+} , dada la gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo para la eliminación de fosfatos (nutrientes). Además posee cierta capacidad coagulante, lo que hace su uso masivo en aguas residuales urbanas e industriales.
- 6. Filtración.-** Operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, para retener la mayor cantidad de materia en suspensión. Tradicionalmente se usa un lecho de arena dispuesta en distintas capas de partículas entre 0.15 y 0.3 mm.
- 7. Adsorción.-** Uno de los métodos de eliminación de compuestos orgánicos es la adsorción con carbón activado, un parámetro fundamental es la superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. Hay dos formas clásicas de emplear el carbón activo:
 - Carbón activado granular (GAC), La partícula es mayor que el polvo y se emplea en columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado. Se utiliza para eliminar trazas especialmente de sustancias orgánicas que proporcionan mal olor, color o sabor al agua.
 - Carbón activo en polvo (CAP), Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. Se añade al agua a tratar, normalmente con agitación y pasado un tiempo de contacto, se deja sedimentar las partículas para su separación.

En ambos caso la viabilidad económica del proceso de adsorción depende de la existencia de un medio eficaz de regeneración del carbón activado. El GAC se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y posterior eliminación de la superficie del sólido en un horno, sus propiedades se deterioran, por lo que es necesario reponer parte del mismo por carbón virgen en cada ciclo. Por otro lado el CAP es más difícil de regenerar, pero también es cierto que es más fácil de producir.

8. Desinfección.- La desinfección pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que puedan causar enfermedades. Se pueden utilizar:

- Tratamiento físico (calor, radiación...), ácidos o bases, etc...
- Agentes oxidantes, entre ellos el clásico con cloro (Cl_2) o con algunos de sus derivados como el hipoclorito de sodio (NaClO)
- Procesos de oxidación avanzada usando ozono.

La Turbidimetría es la técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas en suspensión en el seno de una disolución, la cual mide la turbidez o turbiedad, es decir, la reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el agua para consumo humano no debe ser mayor a 5 NTU e idealmente debe encontrarse por debajo de 1 NTU.

Los métodos turbidimétricos de análisis tienen como fundamento la formación de partículas pequeñas que causen la dispersión de la luz cuando una fuente de radiación incide sobre dichas partículas. El grado de dispersión de la luz es proporcional al número de partículas que se encuentran a su paso, lo cual depende de la cantidad de analito presente en la muestra.

Métodos

Se va a realizar el tren de tratamiento a muestras de agua evaluando su pH y turbidez durante el tratamiento.

Revisar los conceptos siguientes antes de realizar la práctica: tratamiento físico, químico y de desinfección de aguas residuales; filtración, coagulación-floculación, pH, potenciómetro, adsorción.

Material	Reactivos
Filtros de arena y de CA	Soluciones tampón 4, 7 y 10
Coladera pequeña	Óxido de calcio
Probeta 50 ml	Sulfato de aluminio
Recipiente de plástico	Hipoclorito de sodio
Espátula Ni-Cr, en su defecto una cucharita para gelatina	Carbón activado granulado
Tela, dos trozos	Arena
Interfase	Soluciones patrón de turbidez
Sensor de pH	
Espectrofotómetro y celdas	
Vasos de precipitados de 100 mL	
Triángulo de porcelana	
Tubos de ensaye	
Gradilla	
Cucharilla para gelatina	

El tren de tratamiento consta de: cribado, coagulación-floculación, filtración en arena y en carbón activado, y desinfección. Las características a observar en las diferentes etapas son: aspecto, turbidez, color, olor y pH, así como cualquier observación que llame la atención de los estudiantes. Para la determinación de la turbidez se realiza la obtención de una curva de calibración con la formación de sulfato de bario. Se obtiene un rango de 0 a 20 UNT, determinando la absorbancia a 650 nm. Considerando que no se cuenta con un espectro, se puede utilizar la serie de muestras patrón para determinar de manera visual el rango de turbidez que presenta la muestra a lo largo del tratamiento.

A continuación se describen las actividades a realizar en el laboratorio:

- Parámetros iniciales.

- Observe y anote en la tabla 3 las características del agua bruta: aspecto, pH, turbidez. No olvide establecer si hay materia asentada o suspendida en la muestra. La determinación del pH se realizará con la interfase y el sensor en los nuevos laboratorios. Conecte el sistema y calibre el sensor.
- Cribado, eliminar materia suspendida
 - Coloque la coladera sobre el recipiente de plástico, o en su defecto un vaso de precipitado de 20 mL, y proceda a filtrar la muestra a tratar. Observe las características del agua y anote sus observaciones en la tabla 3, en el apartado “Agua cribada”
- Coagulación-floculación, por adición de CaO y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
 - Adicione una punta de espátula de CaO , posteriormente adicione una punta de espátula de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Agite y deje reposar. Anote sus observaciones. Después del tratamiento, determine las características y anote en la tabla 3, en el apartado “Agua coagulada”.
- Filtración en arena, para eliminar los sólidos generados
 - Proceda al armado del filtro de arena, como se muestra en la figura 1, y filtre el agua, reporte sus características en la tabla 3, en el apartado “filtrada”.
- Filtración sobre carbón activado
 - Proceda al armado del filtro de CA, como se muestra en la figura 2. Filtre el agua. Reporte sus características en la tabla 3, en el apartado “Filtrada carbón”.



- **Figura 1.** Armado del filtro de arena. **Figura 2.** Armado del filtro de CA.
- Desinfección, por adición de NaClO
 - Adicione una gota de solución de NaClO comercial. Recuerde que esta agua tratada no es potable. Reporte sus características en la tabla 3 en el apartado “Agua desinfectada”.

Resultados y análisis

Al realizar la práctica, sus observaciones y determinaciones estarán resumidas en la tabla 3, que se muestra a continuación.

Tabla 3. Características del agua tratada a lo largo del proceso.

Agua	Aspecto	Turbidez, UNT	pH	Olor	Color	Observaciones
Bruta						
Cribada						
Coagulada						
Filtrada						
Filtrada carbón						
Desinfectada						

De acuerdo a los resultados obtenidos, tanto de pH como de turbidez, trace una gráfica que muestre las variaciones de dichos parámetros a lo largo del tratamiento, similar al esquema de la figura 3.

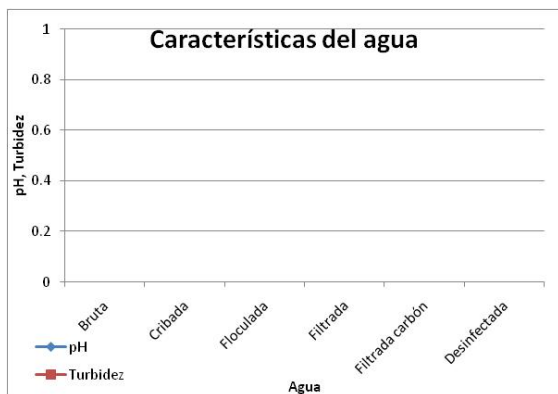


Figura 3. Variación del pH y de la turbidez del agua tratada.

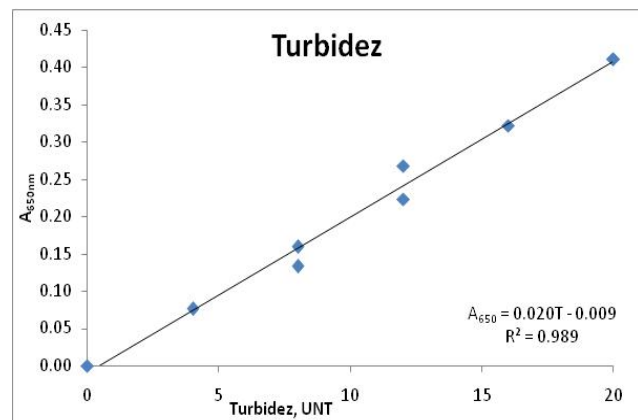


Figura 4. Curva patrón de A_{650} en función de la turbidez.

Para la observación de la turbidez, al realizar la serie de patrones, se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 4, a partir de diluciones obtenidas de una disolución patrón de 20 UNT. Como se puede observar en las determinaciones realizadas, las medidas son repetitivas ya que se realizaron en sesiones independientes.

Como se puede observar en la figura 5, las diferentes disoluciones patrón pueden utilizarse a simple vista para establecer el rango de turbidez del agua tratada. Se obtuvie-

ron muestras sintéticas de agua con tierra, figura 6, las cuales se agitaron antes de determinar la turbidez.

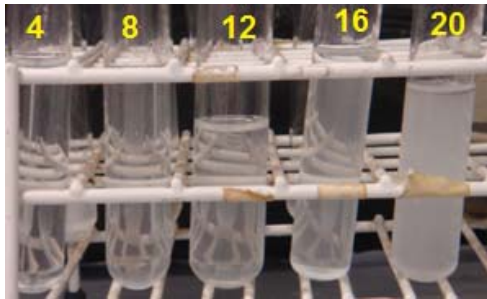


Figura 5. Disoluciones patrón de turbidez en el rango 4 a 20 UNT.

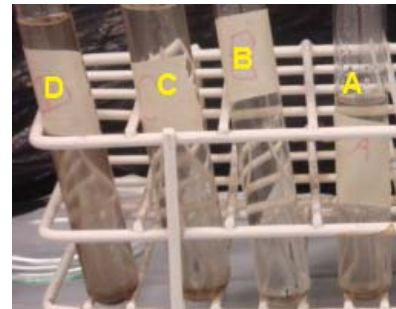


Figura 6. Muestras sintéticas para la determinación de turbidez.

El agua analizada fue un agua de pecera, de la cual se presenta el aspecto durante el tratamiento en la figura 7. Así mismo en la figura 8, se puede observar la variación de los parámetros turbidez y pH.

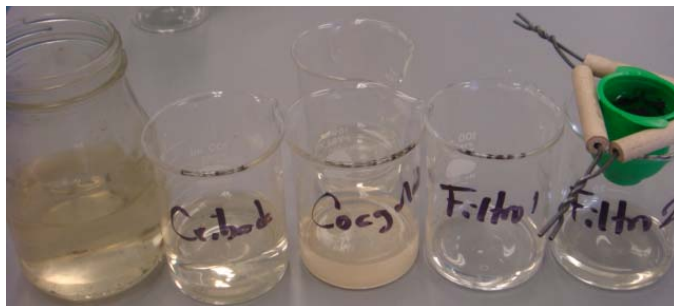


Figura 7. Diferentes muestras obtenidas durante el tren de tratamiento.

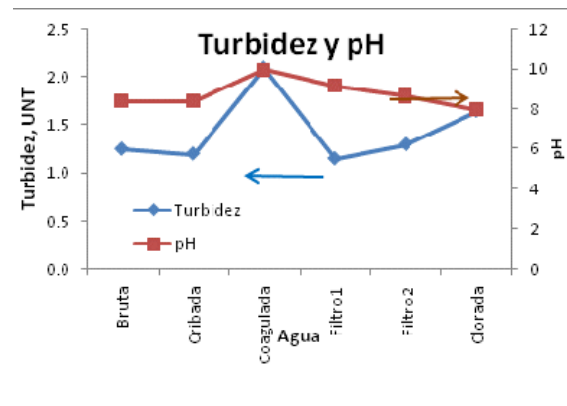


Figura 8. Variación de la turbidez y el pH durante el tratamiento.

Conclusiones

De acuerdo al desarrollo de la experimentación, la utilización de la interfase y el sensor de pH permite a los estudiantes el uso de los nuevos laboratorios, transportando sus resultados para tratarlos directamente en el paquete de excel de office.

Les permite observar los cambios que se van efectuando en la calidad del agua a lo largo del tren de tratamiento

La curva de calibración obtenida para la determinación de la turbidez permite a los estudiantes comprender el concepto de turbidez, que no les es familiar.

Les permite observar los cambios que se van efectuando en la muestra con los diferentes procesos aplicados

Referencias

Flores Jasso, Y. coordinadora *et al.* (2008). *Química III. Un acercamiento a lo cotidiano*. Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Preparatoria. México.

Flores Jasso, Y. coordinadora *et al.* (2005). *Prácticas de Química III*. Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Preparatoria. México.

Gutiérrez Rodríguez, E.A., Coordinadora, *et al.* (2008). *Guía de estudio. Química III*. Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Preparatoria. México

Lewis, M. & Waller, G. (1995). *Química razonada*. Editorial Trillas, México.

Morris H., (1990). *Química*. Grupo Editorial Iberoamericana, S.A de C.V. México.

http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

L. MARCÓ, R. AZARIO, C. METZLER, M. C. GARCIA. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. *Hig. Sanid. Ambient.* **4**: 72-82 (2004) Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand7.pdf>

Robert G Blanck / Francisco M. Paz. Tecnologías de Ultrafiltración: Una alternativa sustentable para el tratamiento del agua. ACS Medio Ambiente® Disponible en: http://www.acs.com.mx/publicaciones/uf_sustitucion_de_alternativas.pdf consultado abril 2011

DETERMINACIÓN DE SULFATOS POR TURBIDIMETRÍA. Disponible en

<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/sulfatos.pdf> consultado abril 2011