

La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua

Álvaro Arango Ruiz

Ingeniero Químico. Especialista en Ingeniería Ambiental. Candidato a Maestría en Ingeniería Ambiental, UPB. Profesor Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería Ambiental, Corporación Universitaria Lasallista.

Correspondencia: Álvaro Arango Ruiz, email: alarango@lasallista.edu.co

Línea de investigación: Tratamiento de aguas, Semillero de investigación en Gestión y Medio Ambiente SIGMA

Biofiltration, an alternative for water potabilization

Resumen

Actualmente, la población de los países en desarrollo experimenta la carencia de condiciones sanitarias adecuadas, incluyendo la de contar con agua potable que satisfaga sus condiciones básicas. La falta de potabilización del agua está asociada con enfermedades y muerte en población infantil por enfermedades de origen hídrico. La no disponibilidad de agua apta para el consumo humano plantea la necesidad de interesarse por proyectos innovadores en este campo, como es el caso de la biofiltración, presentando alternativas de tratamiento, potabilización y distribución eficiente del agua que sean accequibles y económicamente viables.

Palabras clave: Agua potable. Potabilización del agua. Biofiltración. Biorremediación. Filtración lenta.

Abstract

In current times, the population from developing countries is experiencing a lack of basic sanitary conditions, including the potable water to satisfy their needs. The lack of water potabilization is associated to illness and death among children because of hydric origin diseases. The lack of water available and properly treated for human use, brings the need to get interested on innovative projects in this field, as biofiltration, introducing efficient treatment, potabilization and distribution alternatives which must be easy to be reached and economically viable for the people.

Key words: Potable water. Water potabilization. Biofiltration. Bioremediation. Slow filtration.

Introducción

El Segundo inventario Nacional de la Calidad del Agua realizado en el año 1998, reportó que sólo siete de cada diez municipios disponían de agua de buena calidad¹, reflejándose esta condición sanitaria en la Situación de Salud en el año 2001, en la que 22 de cada 100.000 niños colombianos menores de cinco años murieron de enfermedad diarreica aguda².

Ante la imperante necesidad que tiene la población, en especial las pequeñas comunidades de los países en desarrollo, de disponer continua y eficientemente de agua potable, es necesario recurrir al estudio y planteamiento de nuevas alternati-

vas de potabilización del agua, alternativas que sean accequibles y económicamente viables, que satisfagan la demanda de agua para uso doméstico.

En este artículo se hará una revisión y análisis del proceso de biofiltración como alternativa que garantiza un estado de saneamiento básico adecuado para las poblaciones afectadas, mejorando así su calidad de vida. Es conocido que la biofiltración utiliza una sola operación para la purificación del agua, presentando procesos físicos y bioquímicos como consecuencia de bajas tasas de filtración, que generan la formación de una biocapa sobre la superficie del lecho, capa ésta responsable de remover y/o retener los agentes patógenos.

Aunque la biofiltración es una técnica muy antigua y empleada, lo que la hace atractiva, en la actualidad, es la utilización de nuevos materiales que reemplazan a los usados en los medios granulares tradicionales, mejorando así su competencia frente a otras alternativas de tratamiento. Las variaciones que podrían hacerse al proceso evidencian un tema poco explorado a nivel mundial, constituyéndose en un estudio novedoso.

Panorama mundial

Actualmente, una de las mayores necesidades de la población mundial es la disponibilidad de agua potable para tener una calidad de vida óptima, fundamental para un desarrollo justo, sostenible y sano para cualquier país. En los países en desarrollo se manifiesta la carencia de agua potable por varias causas, entre las que se encuentran la falta de recursos hídricos, la contaminación de las fuentes de agua o incluso problemas de orden financiero, que no permiten la implementación de sistemas de tratamiento, potabilización y distribución del agua a la población^{3,4}.

Siguiendo con los países en vía de desarrollo, se puede afirmar que son innumerables los problemas que resultan de las deficiencias de saneamiento básico, como la disponibilidad del agua potable, la remoción sanitaria y la disposición de residuos sólidos, para los cuales encontramos las siguientes estadísticas:

La pobreza y la problemática de saneamiento básico son responsables de la muerte de un niño cada 10 segundos. Según un informe de las Naciones Unidas⁵, 1.100 millones de personas en todo el mundo viven sin agua potable. La cifra aumenta de manera escalofriante al hablar de cuánta gente vive en condiciones de salubridad indignas: son 2.400 millones los hombres y mujeres sin acceso a instalaciones sanitarias decentes para los parámetros estándar de salud mundial. La consecuencia es previsible pero no por eso menos dolorosa. Cada año, 2.2 millones de personas mueren en el mundo por causa de enfermedades vinculadas con aguas contaminadas, tales como diarrea, cólera, poliomielitis y amibiasis, entre otras, como es mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Enfermedades transmitidas por el agua⁶

Causa	Enfermedad	Millones de enfermos
Bacterias	Diarrea	4000
	Cólera	0,04
	Tifoidea	0,70
Virus	Poliomielitis	8
	Hepatitis A	2000
Parásitos	Amibiasis	400
	Dracunculosis	100
	Bilarciasis	200

Asimismo, el 80% de las enfermedades y el 33% de las muertes se deben a la crisis del agua potable. Es así que el 65% de las hospitalizaciones y el 80% de las consultas médicas son causadas por enfermedades gastrointestinales.

El 25% de la población de los países desarrollados no tiene acceso al agua potable ni a la red de alcantarillado. En los países desarrollados (áreas urbanas) 82,5% tienen acceso a redes de agua y 63,1% a redes de alcantarillado, pero 70% de los países pobres no tienen agua tratada y 80% viven sin conexión a las redes de alcantarillado.

En 1996, la demanda mundial de agua era de 5.692 km³/año contra una oferta de 3.745 km³/año (aprovechamiento del potencial viable estimado en 14.000 km³/año).

En la actualidad, la población mundial es cuatro veces mayor que hace 100 años, mientras que el consumo de agua se ha multiplicado por 9 y la necesidad de agua industrial por 40⁴.

El agua puede considerarse como un recurso no renovable en cuanto a que su cantidad es limitada, y, adicionalmente, el ciclo hidrológico hace que el agua presente cantidades variables en el tiempo y la locación. Por esto es importante que las poblaciones recurran a la recolección, almacenamiento y tratamiento del agua para satisfacer sus necesidades básicas, entre ellas la de agua potable.

Los países en vía de desarrollo tienen grandes dificultades para el abastecimiento de agua, para satisfacer todas sus necesidades. Mientras que

los países industrializados tienen prácticamente resuelto su abastecimiento, situación descrita en la tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes de abastecimiento de agua⁶

Lugar	Año				
	1980	1985	1990	2000	2010
Tercer mundo	40	48	52	61	68
China	100	100	100	100	100
Estados industriales	100	100	100	100	100
Todo el mundo	64	67	71	75	80

En relación con la información que se tiene y referida a Colombia, la calidad del agua para consumo humano es deficiente, debido a contenidos de gérmenes patógenos y contaminantes de origen fisicoquímico.

Un estudio realizado en Colombia, en 1993, por el Ministerio de Salud y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) determinó que en el grupo de enfermedades de salud pública más importantes, el 44% están relacionadas con el saneamiento básico y de ellas, aproximadamente un 40%, tienen relación directa con el agua potable⁷.

Según la Superintendencia de Servicios Públicos, quien ejerce labores de inspección, control y vigilancia, en Colombia existen 870 municipios, con una población menor de 12.500 habitantes, los cuales presentan grandes problemas en el suministro de agua, por no cumplir con las disposiciones del Decreto 475 de 1998.^{7,8}

Según el mismo estudio, en 578 municipios, pertenecientes a 18 departamentos, se está suministrando agua potable que cumple con los valores admisibles del Decreto en un rango entre el 95 y 100% a 5.058.410 habitantes, lo que equivale al 42.19%.

En cuanto a las grandes ciudades con más de 500.000 habitantes, suministran agua a su población con un porcentaje de aceptabilidad del 99%, cumpliendo con el Decreto 475. Al nivel nacional, el problema de la calidad del agua potable se centra en los municipios menores, zonas rurales, veredas y corregimientos, en donde se carece de la infraestructura y de los re-

querimientos mínimos para garantizar el suministro con la frecuencia y calidad establecidas en la norma.^{7,9}

Con relación a los costos, las inversiones en el sector de agua potable y saneamiento básico en Colombia, a pesar de ser elevadas, no han logrado un impacto positivo esperado en la calidad de vida de los habitantes, generando con ello un alto desperdicio de recursos económicos. En consecuencia, el problema es mayor en las zonas rurales y en aquellos municipios pequeños y medianos, por cuanto no se dispone de un abastecimiento de agua con algún tipo adecuado de almacenamiento⁷.

La biofiltración, una alternativa de potabilización

La filtración biológica representa una opción diferente a los procesos fisicoquímicos, tradicionalmente utilizados para la potabilización del agua³. Este proceso de biofiltración es uno de los más antiguos que se han aplicado en el tratamiento de aguas para uso urbano, y su objetivo es la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, que no han sido retenidos mediante otros procesos¹⁰⁻¹³.

La biofiltración puede efectuarse en medios porosos o en medios granulares como la arena o la antracita, entre otros. Recientemente, se han realizado estudios con miras a mejorar el proceso, sustituyendo los materiales de los medios filtrantes, sustituyéndolos por medios fibrosos³.

Este sistema tiene la particularidad de que purifica el agua en una sola operación, mediante el desarrollo de procesos físicos y bio-químicos que permiten, con la aplicación de bajas tasas de filtración, la formación de una capa biológica sobre la superficie del lecho, que retiene las partículas suspendidas y microorganismos patógenos, removiendo así el material no deseable para darle al agua las características de potable¹⁰⁻¹³.

Aspectos técnicos

La filtración se ha utilizado desde el siglo XIX, cuando el proceso de filtración lenta en arena era generalmente el único método de tratamiento de

agua. La filtración lenta en arena tiene la cualidad de separar los agentes patógenos y mejorar la apariencia estética del agua. La remoción de agentes patógenos no era conocida en el siglo XIX. Un ejemplo del desconocimiento de esta característica está relacionado con hechos que acontecieron en 1892, en los cuales murieron 8.500 personas en Hamburgo, como consecuencia de una epidemia de cólera. Hamburgo utilizaba aguas no tratadas del río Elba, pero su suburbio Altara trataba el agua por sedimentación y filtración lenta en arena y no sufrió la epidemia del cólera¹⁰.

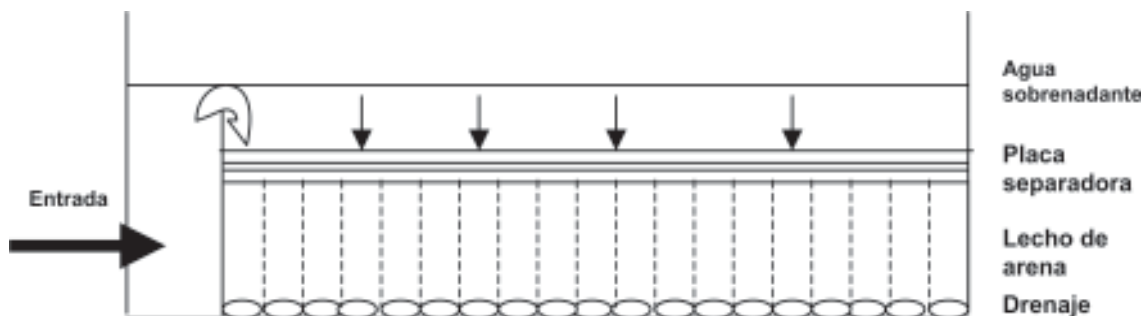
Los sistemas de filtración se pueden clasificar por:

- **Gravedad o presión:** la filtración por gravedad es el proceso en el cual se hace pasar el agua por un filtro, y el proceso se realiza por efectos de la gravedad. Los filtros de presión están contenidos en recipientes y el agua fluye forzada por efectos de presión a través del medio filtrante.
- **Velocidad de filtración:** rápida, lenta o variable. La filtración lenta es aquella que se da a velocidades entre 0,1 y 0,2 m/h, mientras que la filtración rápida se da a velocidades entre 5 y 20 m/h.

- **Filtración de torta o en profundidad:** la filtración de torta es el proceso en filtros lentos de arena, en los que, sobre la superficie del filtro, se desarrolla una torta filtrante y la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. La filtración en profundidad se produce cuando la mayor parte del espesor del medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtrado mejora con la profundidad. Es el caso de los filtros rápidos de arena¹⁰⁻¹³.

La filtración lenta en lechos de arena está pasando por un renacimiento, debido a que recientemente se ha demostrado que mejora la calidad microbiológica del agua, y tiene tasas de separación de hasta un 99.9% para quistes *Giardia* y *Cryptosporidium*. Este sistema puede volver a ser popular, en tanto se sabe que los quistes de *Giardia* tienen cierta resistencia a la cloración.⁷

En la gráfica 1 se muestra la estructura de un filtro lento de arena. La filtración lenta en arena es una estructura formada por una caja abierta rectangular de hormigón que contiene una capa sobrenadante de agua sin tratar, un lecho de arena fina sobre una capa de grava, el sistema de drenaje inferior y una estructura de entrada y salida.



Gráfica 1. Filtro lento de arena⁶

Se considera que la separación de impurezas tiene lugar en la capa biológica. El tamaño efectivo de los granos de arena es de 0,2 mm y esto retiene efectivamente todas las partículas mayores a 0,02 mm. Los quistes de *Giardia* son de aproximadamente este tamaño siendo así filtrados en la capa biológica.

Existe alguna discusión contradictoria respecto a si la capa biológica es esencial en la separación

de la *Giardia*, debido a que algunas investigaciones han demostrado que esta se elimina en filtros de arena que no tienen capa biológica completamente desarrollada. Según investigaciones de Logsdon y Fox (1988), la filtración lenta de arena mejora significativamente los parámetros de calidad del agua. La separación de bacterias coliformes totales fue de 99.4% o mayor. Esta tasa dependía de la profundidad del lecho y se reducía a medida que lo hacía la profundidad. Los quistes

de tamaño entre 7 y 12 μm tenían tasas de separación del 96.8% o mayores. Las partículas de tamaño 1 a 60 μm fue de 98.1 o mayores^{10-12,14}.

La eliminación de color no es significativa con tasas de separación sólo del orden del 25%, la disminución de turbidez con altas tasas y valores que se reducen a 0,5 UNT.

La limpieza que es un proceso para quitar la capa biológica, y volver a arrancar el proceso tiene una duración de dos días.

Mejoramiento del proceso de biofiltración

El interés científico que ha recobrado el proceso de filtración lenta, se debe a la utilización de otros materiales para la conformación del lecho filtrante, que son un potente recurso a disposición de la ingeniería, a la hora de presentar una alternativa para diseñar una planta depuradora de aguas residuales urbanas.

En general, esta técnica ofrece las siguientes ventajas³:

- Disminuye los gérmenes patógenos del agua hasta en un 100%.
- Alta relación entre la superficie disponible y el volumen ocupado por los nuevos materiales del lecho filtrante (fibras sintéticas), unido a un elevado valor de espacios huecos, facilita un mayor rendimiento de los filtros y, a la vez, un mejor funcionamiento mecánico.
- Ocupa poco espacio, tiene gran facilidad de operación y mantenimiento y puede aplicarse a cualquier núcleo de población, independientemente del tamaño.
- Reduce los niveles de cloro residual en la red de distribución de agua potable.
- Este sistema es más económico que los sistemas tradicionales.

Conclusión

El proceso de biofiltración, por presentar una alta eficiencia en el proceso de potabilización de agua, debe ser motivo de estudio e investigación con el objeto de mejorar su diseño, manejo y operacio-

nes de mantenimiento. Lo anterior presupone beneficios económicos que, a su vez, favorecerían las condiciones de las poblaciones con la necesidad de satisfacer sus requerimientos de agua potable.

Referencias

1. COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Segundo Inventario Nacional de la Calidad del Agua. Bogotá: El Ministerio; 1998
2. COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Situación de Salud de Colombia. Indicadores básicos 2002. Bogotá: El Ministerio; 2003.
3. LOZANO RIVAS, William Antonio. Una nueva manera de potabilizar el agua. Revista Acodal, No. 206, agosto 2004, 25-29.
4. VISSCHER, J.T y otros. Filtración lenta en arena, Tratamiento de agua para comunidades. Cinara. Cali, Colombia, 1992. 163 p.
5. BARRAMEDA SOFT CORPORATION. Informe de Naciones Unidas. Tercera Jornada de la Cumbre Internacional sobre Desarrollo Sustentable, en Johannesburgo. [on line]. [Citado el 29 de agosto de 2002]. Disponible en <http://www.barrameda.com.ar/noticias/johann14.htm>
6. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. El Agua. [on line]. [Citado el 25 de mayo de 2004]. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/elagua.html>
7. ARRIETA, Giovanni. Calidad del Agua en Colombia [on line]. 2002. s.l.: Superintendencia de Servicios Públicos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud/Colombia, 2002. Disponible en <http://www.col.ops-oms.org/DIAA/2002/COLOMBIA.pdf>
8. SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Decreto 475 de 1998. Disponible en <http://www.superservicios.gov.co/normatividad>

9. CRITES, Ron y TCHOBANOGLIOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santa Fé de Bogotá, 2000, 776p.
10. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua, Tomo 2. Mc Graw Hill, Santa Fé de Bogotá, febrero 2000, 793p.
11. KIELY, Gerard. Ingeniería Ambiental, Volumen II. Mc Graw Hill, Madrid, 1999, 841p.
12. PONTIUS, Frederick W. Water Quality and treatment. Fourth Edition. Mc Graw Hill. USA, 1990, 1193p.
13. STEVENSON, David G. Water Treatment Unit Processes. Imperial College Press, London, 199, 474p.
14. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de ingeniería. Santa Fé de Bogotá, Enero 2000, 1232p.