

Tratamiento de aguas grises mediante procesos combinados: aerobio humedal

Flores Valverde Erasmo*, Valladares Rodríguez María Rita, Guillén Gómez Luz Rubí

Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México. C.P. 02200. México.

* Autor para correspondencia: efv@correo.azc.uam.mx

Recibido:

18/mayo/2018

Aceptado:

09/septiembre/2018

Palabras clave:

Proceso,
aerobio,
humedal,
agua tratada

Keywords:

Process,
aerobic,
wetland,
treated water

RESUMEN

La presente investigación aborda el tratamiento de aguas grises, en este caso las constituidas por aguas usadas en: lavabos, lavadoras y agua de aseo personal, se construyeron dos prototipos en el laboratorio, uno para el proceso aerobio y otro para el tratamiento en humedal artificial, en el tratamiento aerobio el oxígeno disuelto nunca fue menor de 5 mg/L, en el humedal se cultivaron vegetales conocidos comúnmente como: anturio, cuna de Moisés y linaza. Se corrieron diez experimentos seguidos uno de otro con tiempos de proceso de 24 y 48 horas, en cada una de las corridas se determinaron los siguientes parámetros: grasas y aceites, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, DBO, SAAM, O₂, temperatura y pH y coliformes fecales. Algunos parámetros mencionados sirvieron para evaluar la remoción de contaminantes del agua, basándose en lo establecido en las normas NOM-002-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-2000, cuyos límites máximos permisibles se utilizaron para hacer la comparación de la calidad del agua cruda y la del agua tratada.

ABSTRACT

The present investigation approaches the treatment of greywater in this case those constituted by waters used in: washbasin, washing machines and personal hygiene water. Two prototypes were built at the laboratory level, one for the aerobic process and the other for the treatment in artificial wetland, in the aerobic treatment the dissolved oxygen was never less than 5 mg / L, in the wetland vegetables commonly known as: anthurium were cultivated, cradle of Moses and linen. Ten experiments followed each other with process times of 24 and 48 hours, in each of the times the following parameters were determined: fats and oils, suspended solids, settleable solids, BOD, SAAM, O₂, temperature and pH and fecal coliforms. Some parameters mentioned served to evaluate the removal of pollutants from the water in treatment, the norms NOM-002-SEMARNAT-1996 and NOM-003-SEMARNAT-2000 were used to make the comparison of the quality of the raw water and that of the treated water

Introducción

La contaminación del agua en nuestro país se ha incrementado con el paso de los años, de ahí la necesidad de encontrar métodos que ayuden a aminorar este grave problema. Teniendo en cuenta que sólo se trata el 39% de las aguas residuales generadas, debido al crecimiento de la población, la disponibilidad de agua ha disminuido de manera considerable, para el año 2010 disminuyó a 4230 m³ anuales por cada mexicano. En México el porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua es de casi 89% para el año 2010, esto significa que 74 millones de personas cuentan con este servicio, el resto se abastecen de agua que solo llega fuera de la vivienda, caminando algunos kilómetros, y con servicio de pipas. En cuestión de drenaje sólo el 89% de la población cuentan con él, en los centros urbanos las descargas ascienden a 763 km³ anuales lo cual equivale a 242,000 litros por segundo (INEGI, 2010).

En países en desarrollo como el México, enfrentaremos una mayor competencia por el acceso al agua en las próximas décadas, debido al crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial, sin una adecuada planificación y un mayor cuidado del agua.

Aguas residuales. Son las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticas, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (NOM-001-SEMARNAT-1996). Las aguas grises son aguas residuales que provienen de la utilización de agua potable en duchas, bañeras, lavabos, lavadoras y cocinas. Tomando en cuenta que la disponibilidad de agua potable cada vez es menor, es indispensable darle tratamiento a las aguas residuales para poder reutilizarla en actividades que no requieren de agua de calidad potable, acciones como esta permitirán evitar la sobreexplotación de los mantos acuíferos que es uno de los problemas graves que se presenta actualmente en México (Pérez y Camacho, 2011). Actualmente las aguas grises son mezcladas con las aguas residuales provenientes de los sanitarios y ambas son descargadas al drenaje, en este trabajo se propone que las aguas tengan un tratamiento cerca de donde son descargadas y no lleguen al drenaje, los volúmenes de estas representan entre el 50% y el 80% de las aguas residuales municipales (Vázquez, 2004).

La situación tal como hasta ahora se lleva a cabo conlleva a tener aguas residuales con un alto grado de contaminación, por lo tanto, para sanearlas se requiere la construcción de

plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de alto costo y mantenimiento. La presente investigación consiste en el tratamiento de aguas grises mediante un tratamiento combinado aerobio-humedal artificial, este hecho, trae como consecuencia la propuesta de que desde el inicio de la construcción de una casa, de un conjunto habitacional o de una empresa, las descargas de aguas grises se deben separar, una vez separadas, será posible desarrollar los proyectos de tratamiento, más adecuadas y viables en forma individual para cada tipo de agua, evidentemente construir una planta para tratar aguas grises tendrá un menor costo que construir una planta para tratar el agua que actualmente conocemos como aguas residuales municipales, puede esperarse que al tratar las aguas grises por separado, el resultado será obtener aguas tratadas de mejor calidad y a menor costo y tiempo. Estas opciones de tratamiento pueden tener grandes aplicaciones principalmente en la provincia mexicana, toda vez que se cuenta con superficies de suelo más grandes y es más factible planear la obra civil y el re-uso que puede tener el agua tratada, ya sea en riego de jardines, de cultivos agrícolas, lavado de autos y otros servicios o simplemente para descargarse en un cuerpo nacional, pero cumpliendo con la normatividad (Yonghai et al 2011).

En cuanto al tratamiento de aguas residuales, éstas se pueden tratar por métodos biológicos, los cuales se dividen básicamente en: aerobios donde es indispensable la presencia de oxígeno disuelto en el agua para el desarrollo de los microorganismos llamados, aerobios y métodos anaerobios donde es indispensable la ausencia de oxígeno disuelto para el desarrollo de los microorganismos conocidos como, anaerobios. Un proceso aerobio, por una parte, es un proceso en el que los microorganismos utilizan el oxígeno y la materia orgánica (contaminación) que contienen las aguas residuales y que es susceptible de ser degradada por ellos para crecer y reproducirse. Otra parte del proceso aerobio consiste en que se oxide la materia inorgánica presente y susceptible de ser oxidada. El parámetro para medir el consumo de oxígeno por la materia biodegradable se expresa en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO.) En ambos casos se ha encontrado que el único aceptor de electrones son el oxígeno, el carbono y nitrógeno, que forman parte de la materia orgánica, situación similar ocurre en el caso de especies inorgánicas como son, entre otros los nitritos y las sales amoniacales presentes (Ramaiho, 1996). En un proceso anaerobio los microorganismos para desarrollarse utilizan el oxígeno que constituye la materia orgánica descomponiéndola, dando lugar a productos de reacción distintos a los que se obtienen en un sistema aerobio, siendo el compuesto representativo de la anaerobiosis la obtención de metano, molécula donde el carbono está en su forma más reducida.

Los humedales y los sistemas acuáticos son aquellos que utilizan plantas acuáticas y animales para el tratamiento de aguas residuales municipales o algunos tipos de aguas residuales industriales. Los sistemas de tratamiento acuático incluyen una amplia variedad de sistemas: humedades artificiales, sistemas de plantas acuáticas flotantes y combinación de éstas (Seoánez, 1999). Los humedales artificiales son aquellos construidos por la mano del hombre, pero que se busca que tengan una gran semejanza con los humedales naturales (Cervantes, 2013). En cuanto a los humedales artificiales, las especies vegetales que se utilizan pueden tener aplicaciones como: su venta como plantas ornamentales de la región, para arreglos florales y cuando cumplen con su ciclo de vida, pueden tener diversas aplicaciones, como alimento para el ganado, como mejoradores de suelo y como materia orgánica para hacer composta. En esta investigación se utilizan especies vegetales que tienen propiedades como ingredientes culinarios. En el prototipo de humedal artificial para el presente estudio, aplicado en el tratamiento de las aguas grises, se trabaja con el cultivo de plantas que tienen un valor comercial en el mercado de las flores, éstas son *anthurium* (anturio), *spathiphyllum wallissi* (cuna de moisés) y plantas con aplicación de ingredientes culinarios como son *usitatissimum* (linaza), es decir, plantas comestibles, además de que dichas especies vegetales pueden dar un aspecto visual agradable al entorno.

Metodología

Muestreo del agua residual

El agua de estudio se obtuvo en el punto ubicado en la colonia Loma del Padre, Delegación Cuajimalpa, donde se toman las muestras de aguas residuales grises de una casa habitación, se hicieron 10 muestreos entre los meses de enero a julio, en cada muestreo se obtienen de 20-30 L, las muestras se colocan en hielo a 4°C y se llevan al laboratorio para su análisis. Cada muestra, se caracteriza antes de ingresar al proceso aerobio, la caracterización se lleva a cabo determinando los parámetros de estudio, conforme a lo establecido en la norma NOM-002-SEMARNAT-1996, los parámetros analizados son los que se han seleccionado para medir la eficiencia del proceso en estudio, estos resultados se muestran en las tablas 1, 2, y 3; son ejemplos de los estudios de laboratorio que se realizan en las diez muestras que se analizaron en la investigación (Ramírez, 2011).

La siguiente etapa consiste en acondicionar los lodos activados en los cuales van los microorganismos aerobios degradadores de la materia orgánica, dichos lodos se obtuvieron de un almacenamiento de aguas residuales

a cielo abierto ubicado en el poblado de Ignacio Allende en el municipio de Huixquilucan, Estado de México. Posteriormente se llevaron al laboratorio donde se realizó su acondicionamiento, inicialmente sometiéndolos a una aereación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la capacidad especialmente de oxidar la materia orgánica; así también se mantienen en condiciones de temperatura ambiente hasta su incorporación al reactor aerobio, dentro de este los organismos entran en contacto con las aguas residuales materia de estudio, los materiales orgánicos se oxidan, y se generan partículas en suspensión y otras que tienden a formar un precipitado. Los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que esta, es el alimento para su reproducción (Flores et al 200., 6).

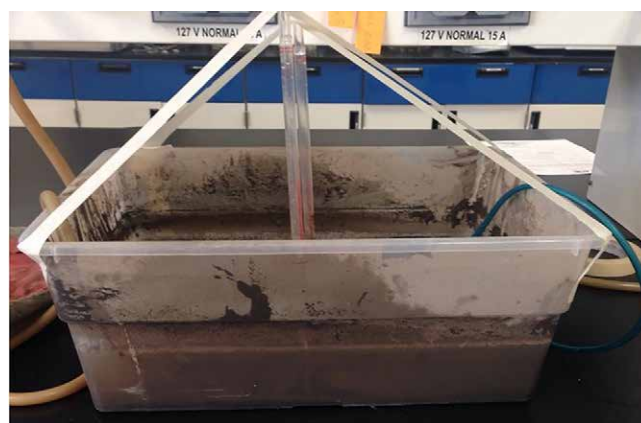


Figura 1. Prototipo del reactor aerobio.

El reactor aerobio tiene una capacidad de 20L (ver Figura 1), es construido para poner en contacto el agua residual, los lodos que contienen a los microorganismos aerobios (biomasa) y el O₂ disuelto, el cual se genera mediante aereación utilizando una bomba de 0.5 CV, las condiciones descritas permiten mantener la biomasa en suspensión, asegurando un buen contacto con el O₂ disuelto, el cual registró siempre una concentración mayor o igual a 5 mg/L.

Para el funcionamiento del reactor aerobio, se colocan dentro de este los lodos ya acondicionados, se agregan 10L de agua residual gris.

Por cada uno de los diez muestreos, se hicieron corridas de 24 y 48 horas, esta selección se llevó a cabo después de que se efectuaron corridas de prueba a 8, 16, 24, 36 y 48 horas, en éstas pruebas se encontró que a las 24 y 48 horas se logra obtener agua tratada con mejor calidad. Al final de cada corrida del proceso aerobio se determinan los siguientes parámetros: grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, coliformes

fecales, DBO, SAAM, oxígeno disuelto, temperatura y p H. (NOM-003-SEMARNAT-1997).

El proceso de tratamiento continúa cuando el efluente del reactor aerobio ingresa al prototipo del humedal artificial de flujo superficial que tiene las siguientes características. Se construye con metal, madera y plástico, se divide en tres partes usando en su interior grava de 8, 1, y 1.5 mm aproximadamente de diámetro y en él se tratan 10 L/día de agua residual, en batch. El proceso se efectúa durante la circulación continua del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación. Respecto a los vegetales del humedal las plantas propuestas a desarrollar son cuatro, dos de ellas pertenecen al tipo culinario es decir que se puedan emplear en la cocina como son: *Linum usitatissimum* (linaza), *Petroselinum crispum* (perejil) y las otras 2 tienen un valor comercial como son: *Anthurium* (anturio), *spathiphyllum wallisii* (cuna de moisés), como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Vista de las plantas en el humedal.

Al término del tratamiento a través del humedal con tiempos de retención seleccionados de 24 y 48 horas, se determina la calidad del agua, para lo que se analizan los parámetros: grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, coliformes fecales, DBO, SAAM, oxígeno disuelto, temperatura y pH conforme lo establecido en la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se re-usen en servicios al público. Los valores registrados de los parámetros analizados están en las tablas 1, 2 y 3.

Resultados y discusión

Las tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de los parámetros medidos de tres de las diez corridas que se llevaron a cabo a 24 y 48 horas. De los procesos aerobios y en humedal artificial, los valores observados

corresponden a la calidad del agua al final de cada proceso, siendo el producto de mayor interés el efluente del humedal a las 48 horas.

Tabla 1. Resultados obtenidos del agua tratada en la corrida 3.

Muestra	Grasas y Aceites	SS	Coliformes Fecales	DBO	SST	SAAM	Oxígeno Disuelto	Temperatura	pH
	(mg/l)	(ml/l)	[NMP/100 ml]	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm	°C	
Agua cruda	50.2	1	1600	844	0.3	35.34			9.6
Proceso aerobio 24 h	15.5	0.8	740	381	<0.044	17.52	6.7	19	8.7
Proceso aerobio 48 h	14.2	0.5	350	174	<0.0256	13.96	7.1	18.3	8.2
Proceso humedal 24 h	11.4	0.2	5	48	<0.0378	9.27	-	20.4	8
Proceso humedal 48 h	9.9	0.15	2	27	<0.0183	2	-	21.7	8

Tabla 2. Resultados obtenidos del agua tratada en la corrida 6.

Muestra	Grasas y Aceites	SS	Coliformes Fecales	DBO	SST	SAAM	Oxígeno Disuelto	Temperatura	pH
	(mg/l)	(ml/l)	[NMP/100 ml]	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm	°C	
Agua cruda	36.5	0.8	450	664	0.58	35.12			9.5
Proceso aerobio 24 h	15.9	0.7	220	473	<0.0550	12.15	5.5	19.3	9
Proceso aerobio 48 h	10	0.55	130	270	<0.0339	7.19	6.7	18.6	8.8
Proceso humedal 24 h	11.9	0.2	6	87	<0.0359	3.39	-	20.4	8.3
Proceso humedal 48 h	8.7	0.15	4	12	<0.0322	1.02	-	20.9	8.3

Tabla 3. Resultados obtenidos del agua tratada en la corrida 9.

Muestra	Grasas y Aceites	SS	Coliformes Fecales	DBO	SST	SAAM	Oxígeno Disuelto	Temperatura	pH
	(mg/l)	(ml/l)	[NMP/100 ml]	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm	°C	
Agua Cruda	30.6	0.6	1060	724	0.7	36.44			9.3
Proceso aerobio 24 h	15	0.4	450	287	<0.0320	14.88	6.1	19.9	8.4
Proceso aerobio 48 h	14.1	0.25	180	103	<0.0278	9.84	5.6	19.3	8.2
Proceso humedal 24 h	11.2	0.1	4	60	<0.0300	3.76	-	21.3	8.2
Proceso humedal 48 h	9.7	0	2	25	<0.0261	1.73	-	20.5	8

Discusión de resultados

Los resultados observados en las tablas 1, 2 y 3, muestran que los valores de grasas y aceites que se registran a lo largo de las dos etapas del proceso van disminuyendo a medida que éste avanza, finalmente a la salida del humedal después de 48 horas, se observa que la remoción se ha llevado a cabo y que el agua residual tratada respecto a dicho parámetro cumple con la NOM-003-SEMARNAT-2001, siendo el LMP para grasas y aceites conforme a la norma mencionada de

15 mg/L promedio mensual. Referente al parámetro de coliformes totales, se registra que los microorganismos van disminuyendo a medida que el proceso avanza, se observa en los tres casos, que la norma se puede cumplir antes de que termine la última etapa del proceso, toda vez que el LMP de coliformes fecales es de 240 UFC/100 mL. En el caso de la DBO en las tablas 1 y 3 al final del proceso se registran valores muy cercanos arriba del LMP de 20 mg/L y solo el valor de la tabla 2 cumple con la normatividad. Los sólidos suspendidos, muestran una disminución a través del proceso, sin embargo, desde el inicio este parámetro está dentro de norma, ya que el LMP es 20 mg/L. Finalmente los sólidos sedimentables y las SAAM disminuyen a lo largo del proceso y aunque no están contemplados en la norma para reusó del agua, son de utilidad como referencia de la eficiencia del proceso.

Conclusiones

Siendo el objetivo central de la presente investigación el poder presentar una opción de tratamiento de las aguas residuales grises, se puede decir que, conforme a los resultados obtenidos, el tratamiento propuesto aerobio-humedal artificial es factible, toda vez que el agua tratada que se obtiene cumple con los requisitos de la norma para reusó del agua. La presente propuesta contribuye a romper el paradigma que actualmente se sigue de que las aguas residuales hay que tratarlas en una sola planta y mediante un solo proceso.

Referencias

Cervantes D, Mora A. (2013). Evaluación de la calidad del agua tratada en un sistema de humedales de flujo subsuperficial, para uso recreativo. Tesis en Biólogo, Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Flores E.V, Valladares Ma. R, Breña A, Pomares J. M. (2006). Tratar el agua residual: una necesidad. Primera edición. México. Editorial Universidad Autónoma Metropolitana.

INEGI, (2010). Cuéntame territorio, agua potable y drenaje. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/> [fecha de consulta 5 de febrero del 2015].

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003.

Pérez Alarcón F. E. y Camacho Alcalá K. L. (2011). Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas. Tesina en Ingeniería Ambiental, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas.

Ramalho R.S. (1996), Tratamiento de Aguas Residuales, Quebec, Canadá. Editorial Reverté. Pag.411-629

Ramírez Herrera S. T. (2011). Estudio de las variables de operación para el acondicionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema anaerobio y humedales artificiales. Proyecto Terminal en Ingeniería Química, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Seoáñez Calvo M. (1999). Aguas residuales urbanas tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Barcelona, España. Ediciones mundi-prensa. Segunda edici. Pag. 160-171

Seoáñez Calvo M, Gutiérrez de Ojesto A. (1999). Aguas residuales: Tratamiento por Humedales Artificiales, fundamentos científicos, tecnologías, diseño. España. Ediciones mundi-prensa.

Vázquez Márquez M. (2004). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, empleando eco tecnologías (humedales artificiales). Tesis en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón.

Yonghai S, Genyu Z, Jianzhong L, Yazhu Z, Jiabo X. (2011), Performance of a constructed wetland in treating brackish wastewater from commercial recirculating and super-intensive shrimp growout systems, *Bioresource Technology*, vol. 102, 9416 – 9424.