



## DISMINUCIÓN DE SÓLIDOS DE AGUAS GRISES MEDIANTE UN PROCESO DE AIREACIÓN

## DECREASE OF SOLIDS IN GRAY WATER BY AERATION PROCESS

Gerardo Alonso **Torres-Avalos**<sup>1</sup> y Edith Ariadna **Lozano-González**<sup>2</sup>

1,2 Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Lagos de Moreno, Gobierno del Estado de Jalisco. Libramiento Tecnológico No. 5000 Col. Portugalejo de Los Romanes. Lagos de Moreno, Jalisco. C.P. 47480 A.P. 240

## RESUMEN

El proceso de lodos activados es un tratamiento biológico que consiste básicamente en la agitación y aireación de una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos seleccionado. Se determinó experimentalmente la oxidación de la materia orgánica mediante algunas pruebas de análisis de aguas, como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Totales Sedimentados (STS), Sólidos Sedimentables (SS), Sólidos Disueltos (SD), Sólidos fijos y volátiles (SVS) y por último una medición de la turbidez del agua tratada.

Los resultados obtenidos en la reducción de la carga orgánica, durante los primeros dos días de tratamiento (muestras 1, 2 y 3) son visibles en cada una de las pruebas. Los últimos dos días de acuerdo a las muestras 4 y 5 los sólidos mostraron un aumento de carga orgánica. Las propiedades organolépticas relacionadas como el color sí mostraron una disminución notable. En cuanto a las pruebas realizadas en el pH muestran un cambio; las muestras 1, 2 y 3 acercándose a un rango donde son neutras y las últimas dos muestras (4 y 5) el pH tiene un aumento hasta que se vuelve alcalino. La eficiencia del método utilizado para el tratamiento de agua residual durante los primeros días redujo la carga orgánica y los sólidos totales de 760 y 569 ppm respectivamente. Ésta es una alternativa viable dado que es un método de bajo costo con resultados en corto término debido a que las propiedades organolépticas como olor y color se fueron perdiendo durante el primer día del tratamiento.

**Palabras clave:** Oxidación, carga orgánica, residuales.

## SUMMARY

The activated sludge process is a biological treatment consisting basically of agitation and aeration of a waste water mixture and a selected microorganisms sludge. The oxidation of organic matter was determined with several tests such as BOD5 (Biochemical Oxygen Demand), TSS (Total Sedimented Solids), SS (Sediment Solids), TDS (Total Dissolved Solids), FVS (fixed and volatile solids) and finally a measurement of treated water turbidity. The results obtained for the reduction of the organic load during the first two days of treatment (samples 1, 2 and 3) are visible in each of the organic loading tests; during the last two days according to the samples 4 and 5 the solids showed an increase in organic load. The related organoleptic properties such as color showed a notable decrease. As for the tests performed at pH show a change, samples 1, 2 and 3 approaching a range where they are neutral and the last two samples (4 and 5) the pH has an elevation until it becomes alkaline. The efficiency of the method used for the treatment of residual water during the first days reduced the organic load with a variation of TS and TSS of 760, 569 ppm respectively. This is a viable alternative since this is a low cost method with short term results because organoleptic properties such as odor and color were lost during the first day of treatment.

**Key words:** Oxidation, organic load, residuales.

## INTRODUCCIÓN

Recientemente se han hecho esfuerzos por incrementar la cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México; sin embargo, estos esfuerzos se han enfocado principalmente en las comunidades urbanas. Para el tratamiento de aguas residuales municipales, existen diversas tecnologías que van desde las altamente mecanizadas y costosas, hasta las tecnologías relativamente simples y de bajo costo (Zurita-Martínez, F. *et al.*, 2011).

Recibido: 18 de febrero de 2017. Aceptado: 20 de mayo de 2017.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 13(3):  
393-404.

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de diferentes maneras. Una posibilidad común es agruparlos en los siguientes grupos:

- Microorganismos patógenos: Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas
- Desechos orgánicos: Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno).
- Sustancias químicas inorgánicas: En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- Nutrientes vegetales inorgánicos: Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.
- Compuestos orgánicos: Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
- Sedimentos y materiales suspendidos: Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos (García, G., 2002).

La biodegradación corresponde a la descomposición de la materia por organismos vivos (principalmente bacterias). Es una propiedad que tienen ciertos materiales para reintegrarse a la tierra por acción de la naturaleza, es lo que se denomina biodegradabilidad. Además, la biodegradabilidad, permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, los que utilizan como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción. Es precisamente la depuración de las aguas residuales, lo que va regenerando la disponibilidad del recurso agua y a la vez evita la contaminación de las fuentes de aguas existentes tanto superficiales como subterráneas (Espigares-García, M. y Pérez-López, 1985).

Un reactor de lodos activados es un sistema en el que las aguas residuales pre-tratadas se airea para promover el crecimiento de bacterias que gradualmente consumen los orgánicos en las aguas residuales. El resultado es el desarrollo de células aclimatadas a la mezcla particular de sustancias presentes en las aguas residuales y un consumo significativo del material orgánico. El efluente es una mezcla de agua con células suspendidas y reduce drásticamente el contenido de DBO5. Esta mezcla es entonces pasada a través

de un clarificador (tanque de sedimentación) donde los sólidos (principalmente células, llamados lodos en esta etapa) se separan del agua. El sistema es de uso común en modo continuo (en oposición al modo por lotes) (Grady, C.P.L. *et al.*, 1999).

La eliminación de lodos de depuración es un asunto importante en el momento de diseñar una estación depuradora de aguas residuales. El destino final que se le dé al fango debe estar justificado ecológica, económica y energéticamente. El diseño de la propia línea de fangos queda condicionado por el destino final de los mismos. Si se elige la incineración de fangos como opción a adoptar, es deseable que el tratamiento del fango produzca uno muy deshidratado y lo más orgánico posible. Si el destino final es el vertedero, se debe diseñar la línea de fangos para reducir la capacidad de fermentación y obtener una sequedad superior al 30%. Las tres alternativas más habituales para el destino final de los lodos de depuración son las siguientes: a) Descarga en vertedero b) Destino agrícola c) Valorización energética. La descarga en vertedero constituye la última medida a adoptar atendiendo a la jerarquía en la gestión de residuos emanada de la unión europea. Esta alternativa resulta viable si se lleva a cabo según ciertas directrices en aras de garantizar su inocuidad con respecto al medio ambiente (Castro-Moreno, J. M. y López-Pérez, M. J., 2011).

Existe una gran variedad de tecnologías utilizadas en el saneamiento de las aguas residuales. Estas tecnologías se dividen principalmente en dos grupos, dependiendo del tipo de microorganismos que remueven la materia orgánica: procesos aerobios y procesos anaerobios. Los procesos aerobios son los más comúnmente usados y se dividen principalmente en procesos con biomasa suspendida y procesos con biomasa adherida, aunque también existen algunos híbridos. En los procesos con biomasa suspendida, siendo el más común el de lodos activados, los microorganismos se encuentran suspendidos o flotando libremente en el agua y se separan por medio de sedimentación o membranas. Estos requieren de una corriente de retorno de lodos activados para obtener la concentración de biomasa requerida en el reactor (Limón-Macías, J. G., 2012).

El objetivo de este trabajo consiste en determinar la disminución de carga orgánica de las aguas grises de fosas sépticas mediante la medición de parámetros fisicoquímicos en función del tiempo en un reactor aireado a escala laboratorio.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para la determinación de los parámetros estudiados se utilizó una metodología experimental o método científico en donde se emplearon cada una de las técnicas descritas en los siguientes párrafos.

Se utilizó un recipiente rectangular como birreactor de aguas residuales a la cual se le hizo una adición de oxígeno mediante una bomba de aireación común. Para determinar el avance de la oxidación de la materia orgánica se realizaron varias pruebas tales como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Totales Sedimentados (SST), Sólidos Sedimentables (SS), Sólidos Disueltos (SDT), Sólidos fijos y volátiles y por último una medición de la turbidez del agua tratada.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

El procedimiento a seguir para la determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales (superficiales y subterráneas) y residuales, por el método de Winkler simple o modificado, así como el procedimiento empleado en el muestreo y preservación del agua por analizar. Este método no es aplicable para muestras

que contengan sulfito, tiosulfato, politionato, cantidades apreciables de cloro o hipoclorito; para muestras con alto contenido de sólidos en suspensión, con contenido de sustancias orgánicas las cuales sean fácilmente oxidadas en una solución altamente alcalina o que se oxidan por el yodo libre en una solución ácida. Asimismo, no es aplicable para muestras coloreadas (NOM-AA-12-1980).

### ***Sólidos sedimentables***

Para la correcta aplicación de la determinación de los sólidos sedimentables se procedió lo establecido por la NMX-AA-004-SCFI-2013.

#### ***Materiales***

Frasco de polietileno o vidrio con una capacidad mínima de 1,5 L, con tapa de boca ancha; - cono de sedimentación tipo Imhoff de vidrio o plástico; - bases para conos Imhoff; - agitador largo, reloj o cronómetro.

La muestra puede ser puntual (simple) o compuesta. Colectar un volumen de muestra homogéneo y representativo superior a 1 L en un frasco de polietileno o vidrio con tapa de boca ancha, teniendo siempre en cuenta que el material en suspensión no debe adherirse a las paredes del recipiente. Transportar la muestra y mantenerla entre 2 °C a 8 °C hasta realizar el análisis. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 7 días. Sin embargo, se recomienda realizar el análisis dentro de las 24 h posteriores a su colecta.

#### ***Procedimiento experimental***

Mezclar la muestra a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo del líquido. Las muestras deben estar a temperatura ambiente al momento de su medición. Colocar la muestra bien mezclada en un cono Imhoff hasta la marca de 1 L. Dejar sedimentar 45 min, una vez transcurrido este tiempo desprender suavemente los sólidos adheridos a las paredes del cono con un agitador; mantener en reposo 15 min más y registrar el volumen de sólidos sedimentables en mL/L. Si la materia sedimentable contiene bolsas de líquido y/o burbujas de aire entre partículas gruesas, estimar aproximadamente el volumen de aquellas y restar del volumen de sólidos sedimentados. En caso de producirse una separación de materiales sedimentables y flotables, no deben valorarse estos últimos como material sedimentable.

#### ***Cálculos***

Tomar directamente la lectura de sólidos sedimentables del cono Imhoff. Reportar la lectura obtenida en ml/l.

### ***Sólidos fijos y sólidos volátiles***

Los métodos se basan en la evaporación y calcinación de la muestra, en donde los residuos de una y otra operación sirven de base para el cálculo del contenido de sólidos.

#### ***Muestreo***

La muestra se extrae según sea el caso.

#### ***Aparatos y equipo***

- Balanza analítica, con sensibilidad de 0.0001 g.
- Cápsula de porcelana, de 200 ml de capacidad.

- Mufla eléctrica capaz de mantener una temperatura de 550 (+/-)25°C
- Estufa con control de temperatura capaz de tener de 103°C a 105°C.
- Equipo para evaporación previa (ya sea placa de calentamiento, baño maría, baño de arena, mantilla de calentamiento o cualquier otro medio de calentamiento adecuado).
- Desecador con deshidratante adecuado.
- Medio filtrante apropiado a cada tipo de muestra.
- Crisoles de Gooch y embudo Buchner adecuados al tamaño de la muestra.
- Bomba de vacío o eyector.
- Matraz Kitasato con accesorios.
- Equipo usual de laboratorio.

### *Procedimiento*

Para sólidos totales y sólidos totales volátiles (NMX-AA-034-SCFI-2015).

En función de la cantidad de sólidos probables, se toma una cantidad de muestra que contenga como mínimo 25 mg de sólidos totales, generalmente, 100 ml de muestra es un volumen adecuado.

- La muestra se transfiere a la cápsula que previamente ha sido puesta a peso constante a 550°C.
- Se procede a secar la muestra en la estufa a 103-105°C hasta peso constante.

NOTA: Con el objeto de abatir el tiempo de la prueba, se recomienda una pre-evaporación, reduciendo a la muestra a un volumen mínimo tal que se eviten proyecciones o pérdidas de la misma. Para tal fin se utiliza el equipo mencionado. La muestra una vez pre-evaporada se introduce en la estufa y se lleva a sequedad hasta peso constante.

Se deja enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y se pesa.

### *Expresión de resultados*

El contenido de sólidos totales, se calcula con la siguiente formula:

$$ST = (G1-G) \times 1000 /V$$

En donde:

ST = sólidos totales, en mg/l.

G1 = peso de la cápsula con el residuo, después de la evaporación en mg.

G = peso de la cápsula vacía, en mg.

V = volumen de muestra, en ml.

La cápsula conteniendo el residuo se introduce a la mufla a 550°C durante 15 a 20 minutos.

Para conocer el contenido de sólidos totales volátiles, procede de la manera siguiente: se saca la cápsula, se deja enfriar en desecador y se pesa.

El contenido de sólidos totales volátiles se calcula con la siguiente expresión:

$$STV = (G1-G2) \times 1000/V$$

En donde:

STV = sólidos totales volátiles, en mg/l.

G2 = peso de la cápsula con el residuo, después de la calcinación en mg.

### **Sólidos volátiles**

- El filtro del análisis anterior se coloca en un crisol y se lleva a la mufla a 500°C durante 15 minutos.
- Se enfría durante 45 minutos y se pesa (P<sub>3</sub>).

$$\text{PPM}_{\text{SSV}} = (P_2 - P_3) * 10^6 / 100$$

### **Sólidos Suspendidos Totales**

Son aquellos residuos que permanecen después de la evaporación total del agua entre 100 y 105°C por lo que solo se calentó en volumen determinado de agua y se determinara el peso de los sólidos que permanezcan.

- En un vaso de precipitados de 250 mL se prepararon 100 mL de una solución al 1% de tierra de diatomeas, que se filtró en un crisol Gooch, un matraz Kitazato y una bomba de vacío.
- El filtro preparado se llevó a la estufa de secado a una temperatura de 105°C durante 1 hora.
- Se enfrió en un desecador durante 40 minutos y se pesó (debe estar a peso constante P<sub>1</sub>).
- Se filtraron 100 ml de agua residual a través del filtro previamente puesto a peso constante.
- Se secó el filtro a 105°C en la estufa durante 1 hora, se dejó enfriar en un desecador durante 40 minutos y se pesó (se llevó a peso constante P<sub>2</sub>).

$$\text{PPM}_{\text{SST}} = (P_2 - P_1) * 10 / \text{Volumen de la muestra (100 ml)}.$$

### **Sólidos Totales y Sólidos Totales Volátiles**

#### **Sólidos Totales**

- Se pesó una cápsula de porcelana grande (P<sub>1</sub>).
- Se colocaron 100 ml de muestra y se llevó a secado completo dentro de una estufa a 105 °C. (Debe de estar a peso constante.)
- Se enfrió en un desecador y se pesó la cápsula y los sedimentos (P<sub>2</sub>).

$$\text{PPM}_{\text{ST}} = (P_1 - P_2) * 10^6 / 100$$

#### **Sólidos Totales Volátiles**

- Se colocó la cápsula de porcelana en la mufla a 500°C, durante 15 minutos.
- Se enfrió en un desecador durante 45 minutos y llevar a peso constante (P<sub>3</sub>).

$$\text{PPM}_{\text{STV}} = (P_2 - P_3) * 10^6 / 100$$

### **Turbidez**

Para la medición de la turbidez se utilizó el dispositivo conocido como turbidímetro el cual mide en Unidades Netfelométricas (NTU) la turbidez de la muestra, para esto se calibra el dispositivo con dos soluciones base de concentración conocida y luego se evaluó la muestra (NMX-AA-038-SCFI-2001).

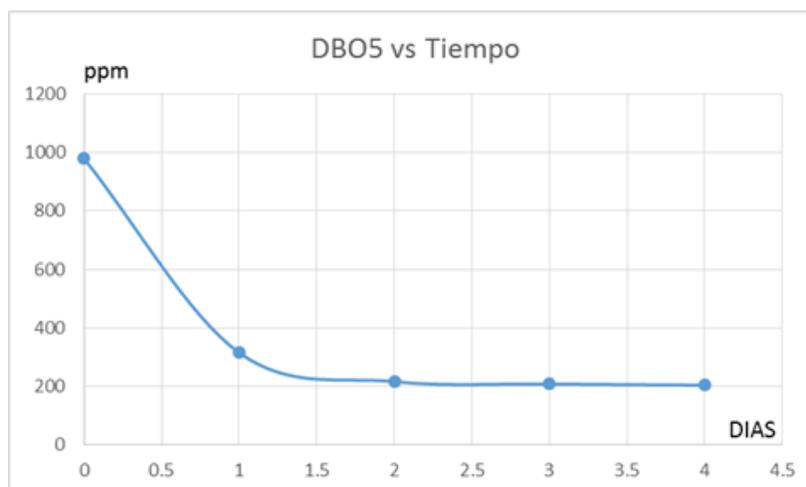
1. Se preparó una solución de 50 NTU (1 NTU= 7.5 ppm de SiO<sub>2</sub>).

2. Se hizo una disolución de 10 NTU a partir de la de 50 NTU.
3. Se calibró el equipo.
4. Se hicieron las mediciones de las muestras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Cuadro 1. Resultados del DBO<sub>5</sub> de las muestras de agua tratada**

Muestra	Tiempo (días)	DBO <sub>5</sub>
1	0	980 mg/L
2	1	314 mg/L
3	2	215 mg/L
4	3	207mg/L
5	4	203 mg/L



**Figura 1.** Cambio de DBO<sub>5</sub> con respecto al tiempo (días).

**Cuadro 2. Resultados de los Sólidos Sedimentados**

Muestra	Tiempo (días)	SS (mL/L)
1	0	15 ml /L
2	5	2 ml /L

**Cuadro 3. Resultados obtenidos de Sólidos Totales Volátiles**

Muestra	Tiempo (días)	SSV(ppm)
1	0	300 ppm
2	1	270 ppm
3	2	180 ppm
4	3	160 ppm
5	4	135 ppm

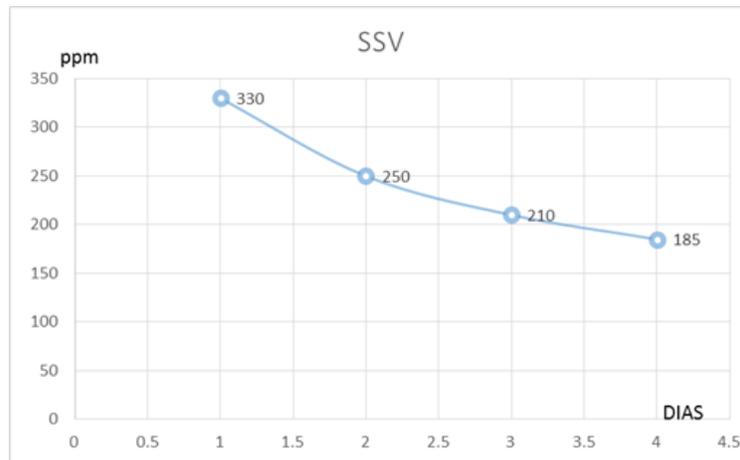


Figura 2. Cambio de SSV con respecto del tiempo (días).

**Cuadro 4. Sólidos Sedimentados Totales**

Muestra	Tiempo (días)	SST (ppm)
1	0	960 ppm
2	1	220 ppm
3	2	134 ppm
4	3	145 ppm
5	4	90ppm

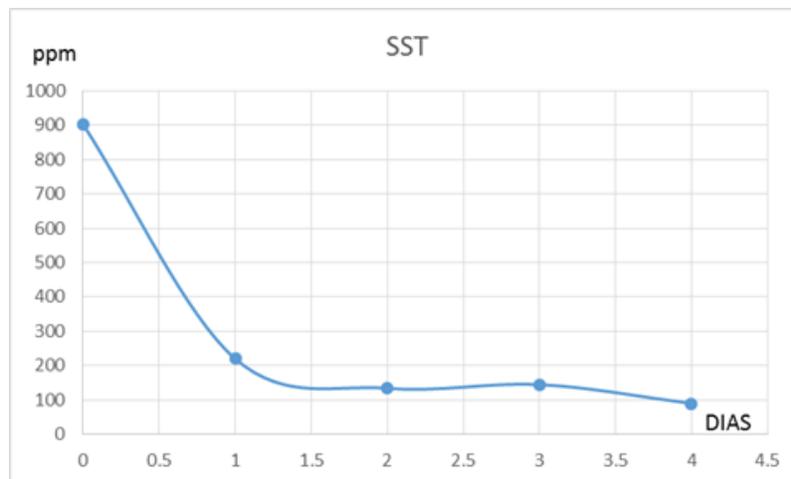


Figura 3. Cambio de SST con respecto del tiempo (días).

**Cuadro 5. Sólidos Totales**

Muestra	Tiempo (días)	ST (ppm)
1	0	900 ppm
2	1	200 ppm
3	2	160 ppm
4	3	155 ppm
5	4	145 ppm

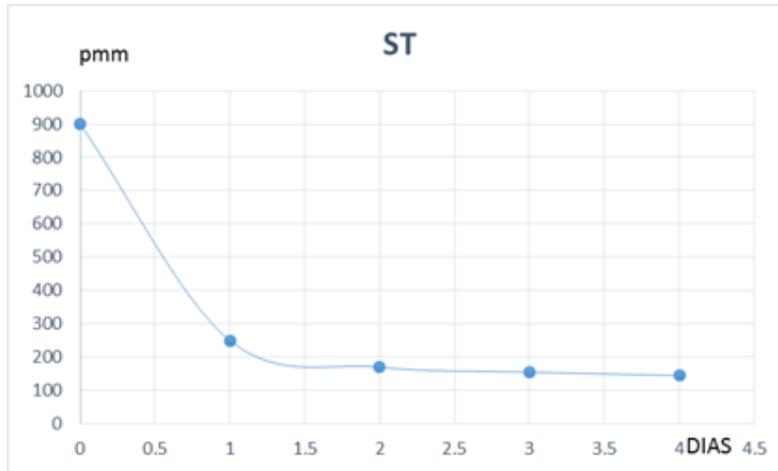


Figura 4. Cambio de ST con respecto del tiempo (días).

**Cuadro 6. Sólidos Totales Volátiles**

Muestra	Tiempo (días)	STV (ppm)
1	0	380 ppm
2	1	330 ppm
3	2	250 ppm
4	3	117 ppm
5	4	112ppm

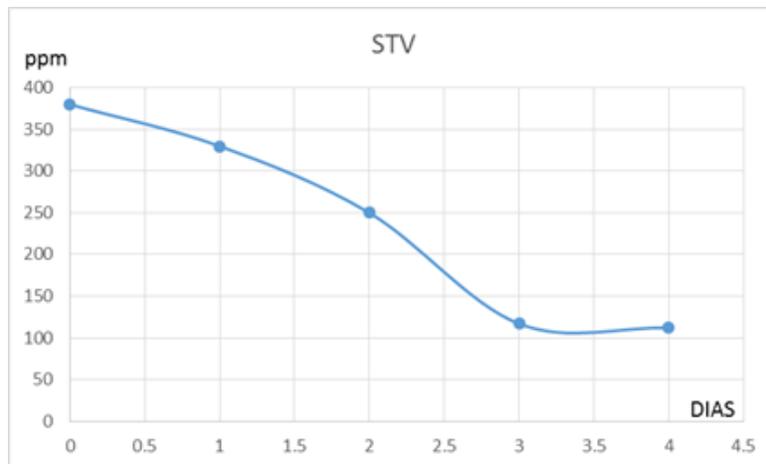
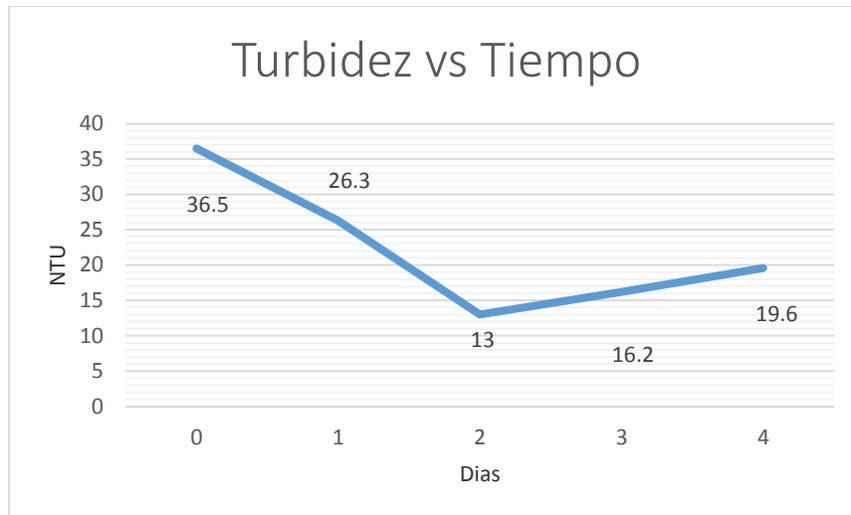


Figura 5. Cambio de STV con respecto al tiempo (días).

**Cuadro 7. Turbidez de las muestras de agua tratada**

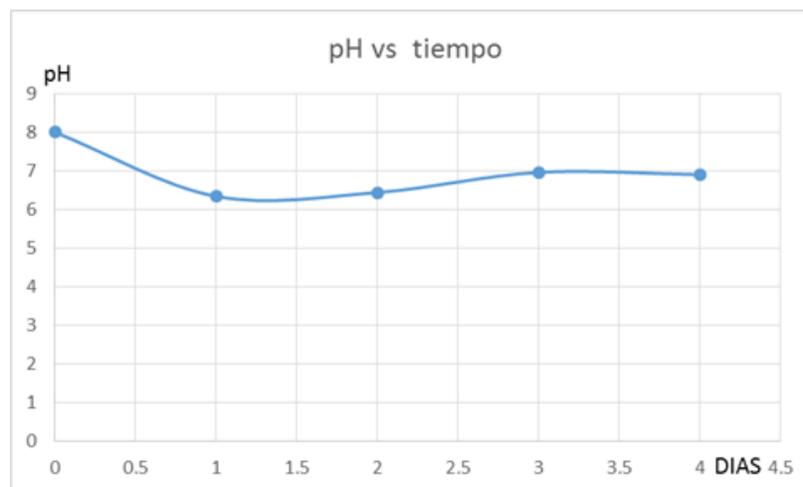
Muestra	Tiempo (días)	Turbidez (NTU)
1	0	36.5 NTU
2	1	26.3 NTU
3	2	13.0 NTU
4	3	16.2 NTU
5	5	19.6 NTU



**Figura 6.** Cambio de turbidez en NTU con respecto del tiempo (días).

**Cuadro 8. pH**

Muestra	Tiempo (días)	pH
1	0	8.00
2	1	6.55
3	2	6.84
4	3	7.66
5	4	6.90



**Figura 7.** Cambio del pH con respecto del tiempo (días).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran una reducción de la carga orgánica tal como se menciona en el objetivo del trabajo, ya que cuantitativamente durante las primeras cuarenta y ocho horas de tratamiento (muestras 1, 2 y 3) se tuvieron cambios significativos en cada una de las pruebas de sólidos, así como en

las de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>). A los dos días de aireación se mostró una reducción importante en la cantidad de sólidos disueltos (fijos, volátiles y totales, 77%). Es importante mencionar que hubo una disminución en el pH durante el proceso de tratamiento la cual pudiera ser explicada por la generación de ácidos carboxílicos durante la degradación de la carga orgánica. En las últimas horas de tratamiento el pH se incrementó de nuevo debido probablemente a la presencia de aminas procedentes de la descomposición orgánica.

Con lo anterior podemos mostrar mediante manera experimental cómo disminuyen los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con aireación. Otro de los aspectos que vale la pena destacar es que las disminuciones de estos parámetros incluyen la eliminación parcial o total de los olores provenientes de compuestos como la cadaverina, putrescina entre otros lo que hace que el agua resultante de la oxidación tengan características las cuales permiten utilizarla como agua de riego.

### LITERATURA CITADA

- Castro-Moreno, J. M., López-Pérez, M. J. (2011). Sistemas de reducción de lodos en tratamiento de aguas residuales. *Ing. Ambiental*, 1, 3-5.
- Espigares García, M. y Pérez López. (1985). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Servicio de Publicaciones, 1, 12-14.
- García, G. (2002). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. 2016, de Salud Pública Masón. Recuperado de: <http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>.
- Grady, C.P.L., Daigger, G.T., and Lim, H.C. (1999). *Biological wastewater treatment*. New York: Marcel Dekker.
- Limón-Macías, J. G. (2012). Lodos en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ¿Problema o Recurso?. *Ingeniería Química*, 1, 3-4.
- Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, Residuales y Residuales Tratadas – Método de Prueba. Secretaría de Economía. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>.
- Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001. Determinación de Turbiedad en Aguas Residuales. Secretaría de Economía. Recuperado de: [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/43%20NMX-AA-038-SCFI-2001\\_Turbiedad.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/43%20NMX-AA-038-SCFI-2001_Turbiedad.pdf).
- Norma Oficial Mexicana NOM-AA-12-1980. Aguas.- Determinación de Oxígeno Disuelto, (esta Norma cancela la NOM-AA-12-1975). Diario Oficial de la Federación 15/07/1980. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4856698&fecha=15/07/1980](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4856698&fecha=15/07/1980).
- Norma Oficial Mexicana DGN.- AA-34-1976. Determinación de Sólidos en Agua. Diario Oficial de la Federación 14/05/1976. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4845496&fecha=31/05/1976](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4845496&fecha=31/05/1976).
- Zurita-Martínez, F., Castellanos-Hernández, O. A., Rodríguez-Sahagún, A. (2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 44, 46.

### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por todas las facilidades presentadas para la realización de algunos de los experimentos en el Centro Universitario de los Lagos, en especial a la Dra. Eglá Yareth Bivián Castro.

## SÍNTESIS CURRICULAR

### **Gerardo Alonso Torres Avalos**

Ingeniero Químico y Maestro en Ciencias Químicas por parte de la Universidad de Guadalajara. Profesor de Tiempo Completo Titular “A” en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Lagos de Moreno. Es líder de la línea de investigación: Físicoquímica de los Procesos Ambientales, además de tener tres solicitudes de patente presentadas en el IMPI.

### **Edith Ariadna Lozano González**

Licenciada en Mercadotecnia por parte de la Universidad la Salle Bajío. Profesora de Tiempo Completo Asociado “A” en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Lagos de Moreno. Investigadora de la viabilidad comercial de proyectos de investigación.