

## Reúso de aguas residuales tratadas biológicamente, para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo

Reuse of Wastewater, biologically treated for the irrigation of the Botanic Garden, Trujillo

**Fernando Enrique Ugaz Odar\***

Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Av. Víctor Larco 1770. Trujillo, Perú.

\*Autor correspondiente: [fugaz@ucv.edu.pe](mailto:fugaz@ucv.edu.pe) (F. Ugaz).

Fecha de recepción: 09 01 2018. Fecha de aceptación: 02 03 2018

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el reúso de las aguas residuales tratadas biológicamente, para destinar al regadío de las áreas verdes de la ciudad de Trujillo representados en el Jardín Botánico. Se propusieron como objetivos específicos diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales biológico – PTARB con plantas acuáticas y lechos filtrantes; además de un diseño agronómico, hidráulico y estructural del sistema de riego por aspersión para áreas verdes como césped, plantas bajas y árboles con volúmenes adecuados de aplicación, con procesos automatizados y con una eficiencia superior al 80%. Se evaluaron las siguientes variables: DBO, DQO, SST, pH, N, P, y coliformes fecales del colector secundario aledaño al Jardín Botánico. El caudal (Q) de diseño para la PTARB fue de 1,68 litros por segundo (6048 litros por hora) para ser tratadas y reusadas en un área de 12000 m<sup>2</sup> (1,2 ha) del jardín Botánico. Los resultados del tratamiento con biofiltros (entrada/salida) fue: DBO<sub>5</sub> y DQO (mg/l) = 320/25 y 400/55, removiendo más del 85%. Para P y N (mg/l) = 12,2/4,4 y 21/19 respectivamente y Coliformes fecales – *E. coli* (NMP/100ml) = 10500/560, una remoción superior al 90%.

**Palabras clave:** reúso; planta de tratamiento de aguas residuales biológico; lechos filtrantes.

### ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the reuse of wastewater treated biologically, to destine irrigation of the green areas of the city of Trujillo represented in the Botanical Garden. Specific objectives were to design a biological wastewater treatment plant - PTARB with aquatic plants and filter beds; in addition to an agronomic, hydraulic and structural design of the sprinkler system for green areas such as lawns, ground floors and trees with suitable volumes of application, with automated processes and with an efficiency of more than 80%. The following variables were evaluated: BOD, COD, SST, pH, N, P, and Fecal Coliforms of the secondary collector adjacent to the Botanical Garden. The design flow for the PTARB was 1.68 liters per second (6048 liters per hour) to be treated and reused in an area of 12000 m<sup>2</sup> (1.2 ha) of the botanic garden. The results of the treatment with biofilters (input/output) were: BOD and COD (mg/l) = 320/25 and 400/55, removing more than 85%. For P and N (mg/l) = 12.2 / 4.4 and 21/19 respectively and fecal coliforms - *E. coli* (NMP/100ml) = 10 500/560, a removal of more than 90%.

**Keywords:** reuse; biological wastewater treatment plant; filter beds.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos más valiosos con los que cuenta el ser humano es el agua y ésta sin duda constituye un elemento esencial para la vida en el planeta. Aunque se han generado numerosas alternativas de mejoramiento en cuanto al adecuado manejo y gestión del recurso hídrico, los esfuerzos son aun excipientes, ya que la contaminación del agua es uno de los problemas ambientales más graves, no sólo para la comunidad colombiana sino para el mundo entero. Este recurso se ve afectado principalmente por los vertimientos de aguas residuales de origen urbano y rural, con un gran aporte de carga orgánica; la descarga de estos efluentes residuales a los cuerpos de agua representa la principal causa de mortandad a nivel mundial; ya que las aguas residuales poseen características favorables para la proliferación de microorganismos generadores de enfermedades fatales para el ser humano como la hepatitis, el cólera y la tifoidea, entre otras (Crites y Tchobanoglous, 2010).

El agua residual doméstica (ARD), está compuesta por un 99,9% de agua y un 0,1% de sólidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo éste 0,1% el que debe ser sometido a tratamiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). La composición del agua residual está en función del uso, ésta depende tanto de las características sociales y económicas de la población, así como del clima, la cultura y del uso del suelo entre otras (Von Sperling y Chernicharo, 2009).

Para Castro (2010), tres aspectos básicos son analizados cuando se presenta la contaminación de los cuerpos de agua por causa de la descarga de aguas residuales municipales (ARM); el primero se refiere a la concentración del grupo coliforme que refleja el riesgo relativo de infección; el segundo alude a la calidad física y química del agua, en especial lo relacionado con el contenido de materia orgánica en solución, suspensión o en estado coloidal, la presencia de grasas o aceites, de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo y de sustancias tóxicas como los metales pesados. El tercero se refiere a los objetivos de calidad del agua en función de sus usos, entre los cuales se puede citar

el uso humano, el doméstico, la preservación de la flora y fauna, el agrícola y el recreativo.

El tratamiento biológico, al ser una herramienta de la naturaleza, está mejor adaptada para resolver los problemas de tratamiento de aguas residuales biodegradables, como las de origen municipal (Noyola, 2011). El debate de hace algunos años, que llevaba a oponer las tecnologías anaerobias modernas con las aerobias, ya ha sido resuelto en buena medida y por el contrario la combinación de procesos ha madurado a través de la experimentación. Ahora lo que se acepta en forma creciente es que ambos tipos de procesos no se oponen, sino que se complementan al aportar cada uno y atenuando entre ambos sus respectivas desventajas (Tchobanoglous, 2011).

Las aguas pre tratadas son vertidas uniformemente a todo el ancho de cada una de las cuatro unidades por medio de canales de distribución colocados sobre un cuerpo de escoria volcánica gruesa, con el fin de evitar flujos preferenciales y aprovechar el volumen total del lecho filtrante. El drenaje de las aguas tratadas se realiza por medio de tubos perforados colocados en el fondo de cada unidad, en el extremo opuesto al canal de distribución (Platzer *et al.*, 2002).

Los humedales construidos forman parte del cuidado del medio ambiente y armonía con la naturaleza y además se logra la reducción de la materia orgánica, nutrientes, metales y patógenos, por una combinación de mecanismos biológicos y fisicoquímicos (Condorchem, 2016).

El presente estudio "Reúso de aguas residuales, tratadas biológicamente para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo", describe la instalación de una PTARB ubicada en un parque representativo de la ciudad de Trujillo, como es el Jardín Botánico sito entre las avenidas Húsares de Junín y América Sur (Sector La Merced), que permita tratar las aguas municipales del sector y reutilizarlas para el regadío del parque y jardines del mismo. Coordenadas UTM (17L): 9101349 sur, 71630 este, altitud 21 msnm.

Según INEI (2013) la población estimada para Trujillo es de 928 388 entre hombres y mujeres de toda edad. Se calcula una descarga de agua residual superior a los 30207 m<sup>3</sup>/día de ser tratada podríamos

recuperar el 70% para agua de riego, pudiendo regar más de 500 ha de áreas verdes entre parques y jardines de toda la ciudad de Trujillo que por hoy no supera las 150 ha.

Lo lamentable es que actualmente se riegan los parques y jardines con agua potable casi en un 90% utilizando un volumen aproximado a 1946 m<sup>3</sup> de agua diaria, lo que equivale a 64 camiones cisterna (30 m<sup>3</sup> cada uno) que salen a regar a diariamente.

Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales biológicamente PTARB, con el objetivo de hacer el reúso de las aguas para riego tecnificado destinado al riego del jardín botánico del distrito de Trujillo y ciudad de Trujillo, permitiendo así destinar el agua potable al consumo poblacional a zonas de demanda, mejorando la salud de la población.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material de estudio

Aguas municipales del Sector La Merced (colector secundario), únicamente se ha tomado las muestras cercanas al jardín botánico que agrupa una superficie de 12000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

### 2.2 Variables de estudio (afluente)

Se recolectó la información de la calidad del agua residual de la población ubicada en la jurisdicción de la urbanización la Merced, distrito de Trujillo y se registró los siguientes datos: N° de habitantes en la zona: 2200 hab, caudal de consumo humano: 120 l/día/hab, retorno (%): 55%, Caudal (descarga sanitaria): 1,68 l/s, Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O): 320 mg /l, Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O): 400 mg/l, carga orgánica: 46,46 kg/DBO/día.

### 2.3 Material documentario

El material de estudio que se utilizó fueron: los resultados de los análisis del laboratorio de SEDALIB, análisis de descargas sanitarias y cuantificación del flujo (Q medio de diseño, Q máximo, Q pico, Q mínimo, relación Q máximo/Q mínimo), normatividad Ambiental según el Ministerio del Ambiente (MINAM) y autorización de reúso de aguas domesticas de la Autoridad Local de Aguas (ALA), utilización de software para el diseño de la PTAR.

### 2.4 Parámetros de diseño

El diseño del proceso consideró que el agua residual es residencial, biodegradable y que puede ser tratada por operaciones y procesos unitarios convencionales. Para el presente proyecto se tomó en cuenta las normas vigentes y reglamentadas por el ente estatal de control: Nuevo Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de la Municipalidad provincial de Trujillo, reglamento nacional de construcciones, especificaciones técnicas de obras de SEDAPAL (servicio de agua potable y alcantarilla), reglamento de diseño de plantas de tratamiento del Ministerio de Vivienda, catálogos de selección de equipos de tratamiento de fabricantes diversos. También se comparó los resultados con la calidad del agua para riego (tabla 1).

**Tabla 1.** Calidad del agua según sus usos

Parámetro	Irrigación (Tipo II)	Descarga Río/Mar
BDO (mg/l)	30	50
DBO (mg/l)	70	120
SS (mg/l)	40	40
Huevo de Helmintos	<1	<1
Coliformes Totales (NMP/100ml)	<5000	<5000
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<1000	<1000
pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
OD (mg/l)	2,0	2,0
N-Total (mg/l)	<20	<20

Nota: Ley de Recursos Hídricos 2008. MINAGRI-ANA.

### 2.5 Tratamiento preliminar

A través de rejillas finas y desarenadores estrictamente diseñados con el objeto de eliminar sólidos suspendidos de gran tamaño que afecten negativamente a los biofiltros, equipos y unidades subsecuentes de tratamiento, además la separación de grasas y aceites del cuerpo de agua residual.

### 2.6 Tratamiento Secundario (Bio Filtro)

Diseño de Bio filtros, es la combinación de una acción mecánica de retención de las materias en suspensión (MES), mediante la filtración y de una transformación biológica de los contaminantes contenidos en las aguas que se han de tratar, mediante la intervención de micro organismos. Se compone de 3 fases: Una fase sólida, de un material granular

(arcilla 2 a 6 mm), una fase líquida, donde ingresan aguas que se han de depurar, una fase gaseosa, la insuflación de aire en la masa filtrante necesaria para la degradación aeróbica de la materia orgánica.

### 2.7 Tratamiento Terciario (Desinfección)

Se contempla un sistema de desinfección como respaldo para reducción de coliformes. Los principales métodos de desinfección aplicados para aguas residuales son: cloro (Cl<sub>2</sub>), hipoclorito de sodio (NaClO) y radiación ultravioleta.

Entre ellos, se seleccionó para el Proyecto el método de desinfección con cloro, debido a las siguientes razones: costo requerido más bajo, su obtención es fácil, las empresas prestadoras de servicio como SEDAPAL tiene adoptado este sistema para tratamiento de agua, es posible un período largo de almacenamiento, por lo tanto, es apropiado para un sistema de respaldo.

### 2.8 Tratamiento final y disposición de lodos

Las principales ventajas de los lechos de secado son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan y el elevado contenido en sólidos del producto final. El lodo es extendido sobre la arena, formando una capa de 200 a 300 mm de espesor y se deja secar, el lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y arena y por evaporación de la superficie expuesta al aire. La mayor parte del agua se extrae por drenaje, razón por lo cual es fundamental disponer de un sistema de drenaje adecuado. El lecho de secado está equipado con tuberías de drenaje lateral dispuesta con una adecuada pendiente (mínimo 1 %) y separadas entre 2,50 y 6,00 m.

### 2.9 Sistema de Riego Tecnificado

Se diseñó un sistema de riego por aspersión tipo emergentes (sprinkler), que son capaces de regar toda el área verde tipo césped, plantas bajas y arboles a cualquier hora, bajos volúmenes de aplicación, ángulos de cobertura desde 30° hasta 360°, automatizado, mínimas presiones, etc. En algunas plataformas del parque, donde existen macizos de flores ornamentales u otros, se diseñó el riego localizado o también llamado riego por goteo con el fin de no afectar a las flores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis comparativo de DBO y DQO

Los resultados después de realizar el tratamiento de aguas residuales biológicamente se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 2.** Análisis comparativos del tratamiento biofiltro – DBO y DQO

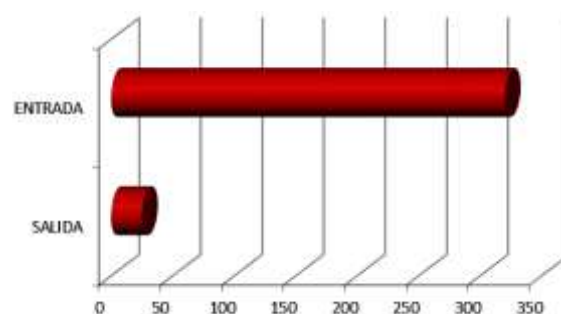
Descripción	Uds.	Entrada	Salida
Q (descarga sanitaria)	l/s	1,68	0,95
D.B.O.	mg/l	320	25
D.Q.O.	mg/l	400	25

Nota: Datos para la entrada y salida de agua del biofiltro.

La Tabla 2 y Figura 1 muestran que la DBO de entrada es 320 mg/l y de salida 25 mg/l, obteniéndose un porcentaje de remoción de la variable tratada de 92,2%. Este resultado define a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra (se expresa en mg/l).

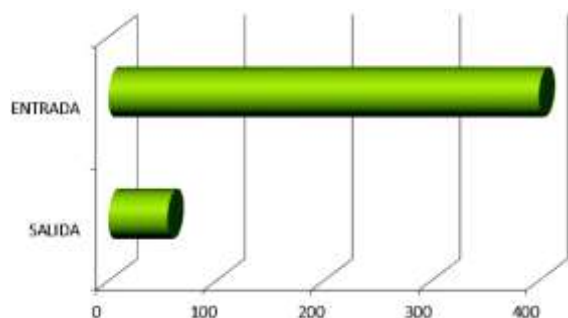
La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales (Romero, 2014).



**Figura 1.** Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO (mg/l) de entrada y salida del biofiltro.

La Tabla 2 y Figura 2 muestran que la DQO de entrada es 400 mg/l y de salida 55 mg/l, obteniéndose un porcentaje de remoción de la variable tratada 86,2%.



**Figura 2.** Demanda Química de Oxígeno – DQO (mg/l) de entrada y salida del biofiltro.

La demanda química de oxígeno determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Ambos parámetros (DBO y DQO) son indispensables cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua residual del presente estudio.

La DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante reflujo cerrado en solución fuertemente ácida ( $H_2SO_4$ ) con un exceso de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en presencia de sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ) que actúa como agente catalizador, y de sulfato mercuríco ( $HgSO_4$ ) adicionado para eliminar la interferencia de los cloruros. Después de la digestión, el  $K_2Cr_2O_7$  remanente se titula con sulfato ferroso amoniacal para determinar la cantidad de  $K_2Cr_2O_7$  consumido. La materia orgánica se calcula en términos de oxígeno equivalente (Noyola, 2011).

### **Análisis comparativo de la calidad de agua para riego**

Los resultados después de realizar el tratamiento físico químico de las aguas residuales biológicamente se muestran en la Tabla 3. Los porcentajes de remoción de las diferentes variables físico químicas tratadas en el presente estudio son: los

sólidos removidos son: 220 mg/l de entrada y 8 mg/l de salida del desarenador (Figura 3). Estos sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por gravedad en el fondo de la obra de transición (desarenador).

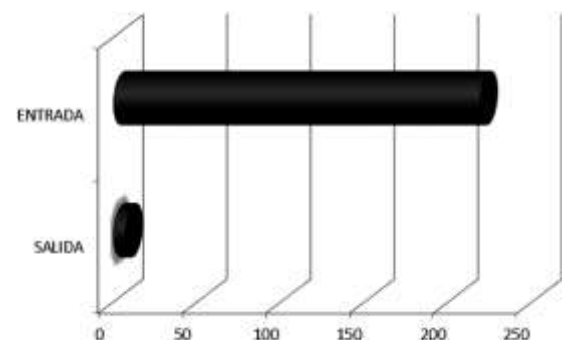
SS=96,3%, P=63,9%, N=9,5%, Grasas y Aceites=95,2% y Coliformes fecales=94,6%. En cuanto a la temperatura del agua residual  $T=25^{\circ}C$  y después de ser tratada  $T=21^{\circ}C$ , es decir se reduce en un 16%.

**Tabla 3.** Variables comparativas físico – químicas del agua residual

Descripción	Uds.	Entrada	Salida
Sólidos suspendidos (SS)	mg/l	220	8
Fosforo (P)	mg/l	12,0	4,4
Nitrógeno Total (N)	mg/l	21,0	19,0
Grasas y aceites	mg/l	42,0	2,0
Temperatura	$^{\circ}C$	25	21
Coliformes fecales (E. coli)	NMP/100ml	10500	560

Nota: Datos para la entrada y salida del agua del biofiltro.

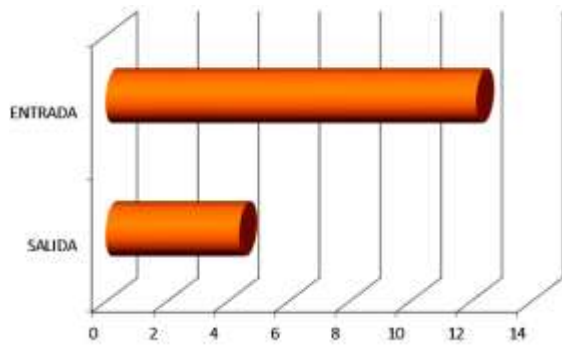
Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación. En algunos casos se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión, pero no fue necesario (Bernal *et al.*, 2013).



**Figura 3.** Sólidos Suspendidos (mg/l) de entrada y salida del desarenador previo al Biofiltro.

El elemento Fosforo se removió de 12,2 mg/l de entrada a 4,4 mg/l a la salida del biofiltro (Figura 4). Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las

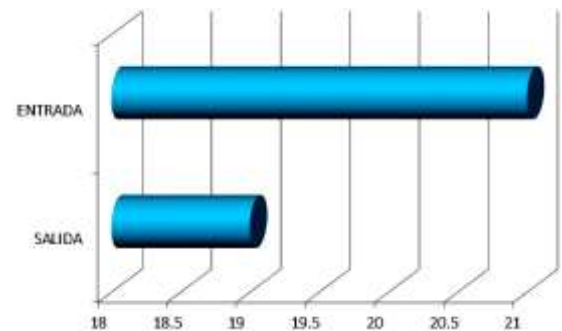
aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización.



**Figura 4.** Fosforo (mg/l) de entrada y salida del Biofiltro.

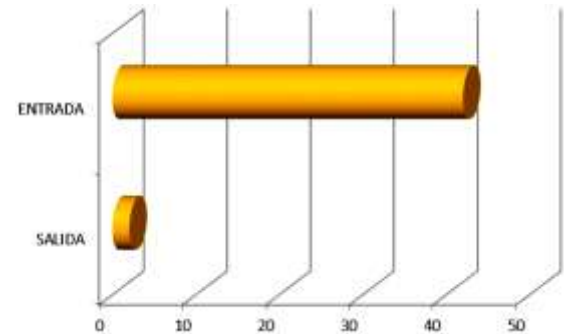
Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo (PO<sub>4</sub>-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas o animales y los detergentes o productos de limpieza domésticos (Tchobanoglous, 2011).

El elemento Nitrógeno removido fue de 21 mg/l de entrada a 19 mg/l de salida del biofiltro (Figura 5). En la eliminación del nitrógeno de manera biológica lo llevan a cabo las bacterias desnitrificantes, que son un grupo mucho más heterogéneo. Principalmente aparece el género *Pseudomonas*, aunque hay muchos otros, sobre todo bacterias heterótrofas facultativas (hay también autótrofas facultativas) que tienen la capacidad de utilizar el nitrato como aceptor de electrones en lugar del oxígeno cuando se encuentran en condiciones de anoxia (Noyola, 2011).



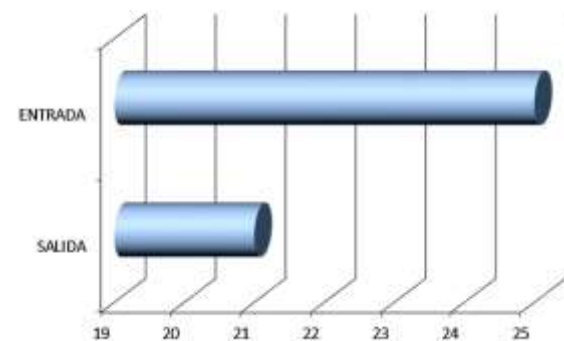
**Figura 5.** Nitrógeno total (mg/l) de entrada y salida del Biofiltro.

Las grasas y aceites fueron removidas de 42 mg/l de entrada a 2 mg/l a la salida de la trampa de grasa previo al Biofiltro (Figura 6), es decir al 95,2%. Las trampas de grasa son pre tratamientos en las aguas residuales generalmente para eliminarlas antes de entrar al biofiltro que pudiera intoxicar a las plantas acuáticas. Estas grasas y aceites provienen de los domicilios, hoteles, servicios de catering, restaurantes, hospitales, etc. (Noyola, 2011).



**Figura 6.** Grasas y aceites (mg/l) de entrada y salida de la trampa del mismo nombre, previo al Biofiltro.

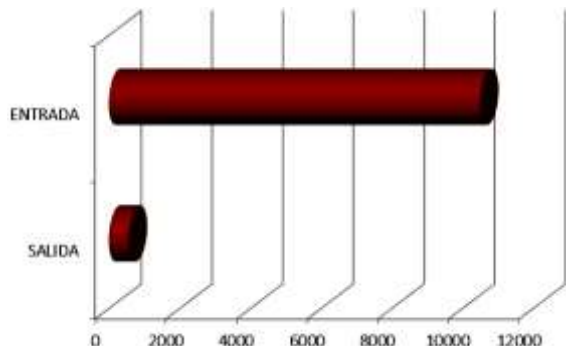
La temperatura del agua residual fue reducida de 25 °C de entrada a 21°C a la salida del Biofiltro (Figura 7). Si bien es cierto la temperatura solo se reduce al 16% debido a que la temperatura de las aguas residuales es mayor que las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura (Bernal *et al.*, 2013).



**Figura 7.** Temperatura del agua (°C) de entrada y salida del Biofiltro.

Los coliformes fecales como *E. coli*, fueron removidos de 10500 NMP/100ml de entrada a 560 NMP/100ml a la salida del Bio-

filtro (Figura 8), es decir al 94,7%. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc.



**Figura 8.** Coliformes fecales (NMP/100ml) de entrada y salida del Biofiltro.

Los coliformes fecales se definen como todos aquellos bacilos cortos, gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, capaces de fermentar lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas. La principal diferencia entre los coliformes totales y fecales es la capacidad de estos últimos de crecer a mayor temperatura en condiciones de laboratorio. Desde el punto de vista salud, este grupo es más importante que los coliformes totales, dado que se relaciona más con la probabilidad de encontrar patógenos excretados como bacterias, parásitos y virus entéricos (Castro, 2010).

## CONCLUSIONES

El agua residual proveniente del sector La Merced, distrito y provincia de Trujillo, no era apta para el regadío de plantas del Jardín Botánico, según las especificaciones del ANA. La planta de tratamiento de aguas residuales con la utilización de los biofiltros, pudo remover las variables D.B.O, D.Q.O y Coliformes en más del 90% en promedio. Las rejillas finas, el desarenador y la trampa de grasas y aceites, pudieron remover en más del 95% en promedio. Para el caso del N y P la remoción fue menor de 36% en promedio,

donde los biofiltros no muestran su mejor rendimiento. Con los resultados obtenidos se concluye que el agua tratada con los biofiltros es apta para el regadío o irrigaciones agrícolas tipo II, pudiendo ser usada para el riego del jardín botánico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, D.P.; Cardona, D.A. 2013. Selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales: una metodología con énfasis en aspectos tecnológicos. Tesis pregrado Ingeniería sanitaria y ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali - Colombia. 147 pp.
- Castro, A. 2010. Selección de alternativas sostenibles para el tratamiento de aguas residuales municipales en Colombia: un método con énfasis en aspectos tecnológicos. Tesis M. Sc. en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali - Colombia. 156 pp.
- Condorchem. 2016. Tratamiento Biológico de Aguas residuales. Ingeniería Ambiental. Tratamiento de aguas residuales, efluentes y aire al servicio del Medio Ambiente. Disponible en: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>
- Crites, A.; Tchobanoglous, G. 2010. Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones. Revista TecnoAqua 26: 6-9.
- INEI. 2013. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. Disponible en: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf)
- Noyola, A. 2011. Anaerobic technology as a tool for the sustainable environment: the context of México, en Biodegradación de Compuestos Orgánicos Industriales. Llangovan K. y Briones R. editores, Revista de Ingeniería UNAM 35: 169-172.
- Platzer, M.; Cáceres, V.; Fong, N. 2002. Investigaciones y Experiencias con Biofiltros en Nicaragua, Centro América. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en Cancún, México, Revista AIDIS 35: 4-5.
- Romero, J. 2014. Acuiquímica. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá. 226 pp.
- Tchobanoglous, G. 2011. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización, tomo I, editorial McGraw-Hill. Madrid - España.
- Von Sperling, M.; Chernicharo, C. 2009. Sectorial Pilot Project on Anaerobic Digestion of Waste Water and Solid Waste. Gtz Cooperation. Deutschland.

**ANEXO 1.**

**REUSO DE AGUAS RESIDUALES, TRATADAS BIOLÓGICAMENTE PARA EL REGADIO DEL JARDIN BOTANICO, TRUJILLO, LA LIBERTAD - PERU**



**BIOFILTRO HORIZONTAL PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

