

**Universidad de Guadalajara  
Centro Universitario de los Lagos**



**"Análisis y Modelado de Parámetros Biocinéticos de Lodos Activados  
Provenientes de la Planta Municipal de Tratamiento de Aguas  
Residuales de Lagos de Moreno"**

Tesis para obtener el Título de Ingeniero Bioquímico

Presenta:  
**Luis David Rodríguez Centeno**

Director de Tesis:  
**M. en C. Gabriela Camarillo Martínez**

Lagos de Moreno, Jal. 8 de agosto de 2023

# Índice

<b>Índice de figuras</b>	<b>i</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen</b>	<b>iii</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Antecedentes</b>	<b>2</b>
2.1 Aguas residuales . . . . .	2
2.2 Características de las aguas residuales . . . . .	4
2.2.1 Características Físicas . . . . .	4
2.3 Muestreo . . . . .	4
2.4 Lodos Activados . . . . .	4
2.4.1 Organismos presentes en los lodos activados . . . . .	4
2.4.2 Flóculos . . . . .	4
2.4.3 Bulking filamentoso . . . . .	4
<b>3 Planteamiento del problema</b>	<b>5</b>
<b>4 Justificación</b>	<b>6</b>
<b>5 Objetivos</b>	<b>7</b>
5.1 Objetivo general . . . . .	7
5.2 Objetivos particulares . . . . .	7
<b>6 Materiales</b>	<b>8</b>
<b>7 Resultados</b>	<b>9</b>
<b>8 Discusión</b>	<b>10</b>
<b>9 Conclusiones</b>	<b>11</b>
<b>10 Perspectivas</b>	<b>12</b>

<b>Referencias</b>	<b>13</b>
<b>Anexos</b>	<b>A</b>
<b>Siglas</b>	<b>B</b>
<b>Glosario</b>	<b>C</b>

## Índice de figuras

## Índice de cuadros

## Resumen

## 1 Introducción

## 2 Antecedentes

### 2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales pueden estar constituidas por diversos constituyentes; dentro de los cuales se destacan los físicos, químicos y biológicos (Crites y Tchobanoglous, 2000). Es importante caracterizar los distintos tipos de aguas residuales antes de comenzar con algún proceso para la remoción de contaminantes.

Las aguas residuales son todas aquellas que, una vez son desechadas por cualquier actividad humana o provenientes de precipitaciones, son vertidas a un sistema de alcantarillado para su posterior tratamiento, o en los casos más comunes, son liberadas directamente en algún cuerpo de agua o sobre una superficie de terreno cualquiera. Según sea el caso de uso que recibe el agua es como se clasifica, siendo los principales: aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, aguas pluviales, aguas residuales de origen pecuario y agrícola; y por último las aguas residuales de origen minero-metalúrgico. Antes de ser vertidas en algún cuerpo de agua o suelo, estas deben ser acondicionadas de acuerdo con la normalidad presente en cada país. La misión de estas normativas es mantener una estabilidad en los diferentes ecosistemas, así como el de reducir el número de afecciones a la salud de la población en general (Lazcano Carreño, 2016; Martínez Delgadillo, 1999).

Cabe destacar a este tema que, en la mayoría de países subdesarrollados, la aplicación de estas normativas rara vez se cumplen, resultando en problemas ambientales y de salud graves. La aparición de nuevas industrias locales artesanales y fabricas clandestinas no reguladas provocan un aumento en la cantidad de contaminantes disueltos, entre los cuales, gran parte son metales pesados y/o compuestos de difícil degradación Tchobanoglous et al. (2003). Este problema se exagera cuando no se cuentan con sistemas de tratamiento para las aguas negras generadas por la población, contaminando las distintas fuentes de agua potable de la cuenca en cuestión.

#### **Aguas residuales domésticas**

Esta categoría se encuentra conformada por todo aquel flujo de agua proveniente de los hogares. Entre los principales constituyentes se incluyen heces y orina de la población; desechos de mascotas, residuos orgánicos producidos por actividades culinarias, desechos de lavandería.



### **Aguas residuales municipales**

Este tipo de aguas provienen de la mezcla de los efluentes domésticos, de las distintas actividades realizadas en las áreas urbanas (oficinas, tiendas, centros comerciales, restaurantes, actividades recreativas, etc.) y de las pequeñas industrias locales, las cuales aumentan la cantidad de contaminantes y sustancias indeseadas que dificultan su tratamiento mediante sistemas convencionales aplicados a pequeñas comunidades (Lazcano Carreño, 2016).

### **Aguas residuales industriales**

Este tipo de aguas provienen de las grandes industrias, a diferencia de las anteriores, estas se caracterizan por estar fuera de las zonas pobladas y debido a su alto contenido en partículas recalcitrantes, estas deben de recibir un tratamiento previo a ser vertidas a los sistemas de alcantarillado público. generalmente cuentan con un número elevado de metales pesados, pH extremo, altos niveles de materia orgánica, solventes y sustancias tóxicas (Lazcano Carreño, 2016).

### **Aguas residuales agropecuarias o agroindustriales**

Son todos aquellos flujos de agua provenientes de cualquier actividad agrícola y pecuaria. Se encuentran constituidas por una gran cantidad de materia orgánica proveniente del estiércol y purines de los animales, residuos derivados del uso de pesticidas, fertilizantes y residuos farmacéuticos de uso veterinario (Lazcano Carreño, 2016).

### **Aguas residuales de origen minero-metalúrgico**

Los efluentes provenientes de la actividad minera son considerados los más tóxicos debido a su alto contenido en metales pesados como el plomo, mercurio, cadmio y zinc; además de metaloides antimonio y el arsénico. En países donde la mayor parte de las regulaciones son ignoradas o no son tan estrictas, la cantidad de estos elementos tóxicos supera con creces los límites máximos permitidos, dificultando aún más el tratamiento por medios convencionales. Debido a su alto número en compuestos abióticos, es necesario que este tipo de afluentes reciban un tratamiento anterior a la entrada de cualquier sistema de tratamiento biológico (Lazcano Carreño, 2016).

### **Aguas pluviales**

Aquellas aguas provenientes de las precipitaciones que terminan en las alcantarillas logran disminuir la carga orgánica que hay en el desagüe, sin embargo, el cambio en las concentraciones produce variaciones en las características fisicoquímicas del agua. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de alcantarillado y de tratamiento es el aumento en los caudales durante el temporal de lluvia (Lazcano Carreño, 2016).

## **2.2 Características de las aguas residuales**

### **2.2.1 Características Físicas**

#### **Sólidos**

Uno de los principales componentes físicos presentes en las aguas residuales son los materiales sólidos dispersos por todo el afluente. El tamaño de estas partículas puede variar desde cabellos hasta materiales coloidales.

## **2.3 Muestreo**

## **2.4 Lodos Activados**

Dentro de los procesos basados en cultivo de microorganismos en suspensión, uno de los más importantes, y a su vez mas utilizados, es el que involucra la utilización de lodos activados como agentes reductores de la carga orgánica presente en el afluente a tratar.

### **2.4.1 Organismos presentes en los lodos activados**

#### **2.4.2 Flóculos**

#### **2.4.3 Bulking filamentoso**

### 3 Planteamiento del problema

## 4 Justificación

## 5 Objetivos

### 5.1 Objetivo general

Establecer los parámetros cinéticos de crecimiento, degradación de sustrato, producción de biomasa y consumo de oxígeno óptimos para la remoción de contaminantes que permiten el diseño de sistemas más eficientes y la reducción de los costos de operación, empleando distintas fuentes de alimentación (aguas sintéticas y aguas crudas) a escala de laboratorio utilizando lodos activados.

### 5.2 Objetivos particulares

1. Calcular las constantes de crecimiento microbiano de manera experimental de lodos provenientes de una planta de tratamiento en función
2. Comparar las diferencias que se generan empleando agua residual de constituyentes conocidos frente a un afluente real.
3. Simular el proceso de remoción de contaminantes utilizando las herramientas presentes en el programa MATLAB® y las constantes que se generan en el proceso.

## 6 Materiales

## 7 Resultados

## 8 Discusión



## 9 Conclusiones

## 10 Perspectivas

## Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. McGraw-Hill Interamericana, S.A., 1a edición.
- Lazcano Carreño, C. A. (2016). *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales*. Ecoe Ediciones, 2da edición.
- Martínez Delgadillo, S. A. (1999). *Parámetros de diseños de sistemas de tratamiento de aguas residuales: métodos experimentales*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Energía, 1a edición.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., y Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*. McGraw-Hill Series in Civil and Environmental Engineering. McGraw-Hill, 6ta edición.

## Anexos

## Siglas

**DBO<sub>5</sub>** Demanda Bioquímica de Oxígeno. *Glosario:* Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQO** Demanda Química de Oxígeno. *Glosario:* Demanda Química de Oxígeno

**pH** Potencial Hidrógeno. *Glosario:* Potencial Hidrógeno

**PTAR** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. *Glosario:* Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

**SST** Sólidos suspendidos Totales. *Glosario:* Sólidos suspendidos Totales

**SSV** Sólidos Suspendidos Volátiles. *Glosario:* Sólidos Suspendidos Volátiles

**VUO** Velocidad de Utilización de Oxígeno. *Glosario:* Velocidad de Utilización de Oxígeno

## Glosario

### D

#### **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. B

#### **Demanda Química de Oxígeno**

La concentración de masa de oxígeno es equivalente a la cantidad de dicromato consumida por la materia disuelta y suspendida, cuando una muestra de agua es tratada con este oxidante bajo condiciones definidas.

*1 mol de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) es equivalente a 3 moles de Oxígeno*

. B

### E

#### **efluente**

agua que sale de un recipiente, o un estanque, o una planta de tratamiento o de cualquiera de sus secciones. 3

### M

#### **masa constante**

Es la masa que se registra cuando el material ha sido calentado, enfriado y pesado, y que en dos ciclos completos consecutivos presenta una diferencia de  $\leq 0.0005$  g. D

### P

#### **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

. B

**Potencial Hidrógeno**

El pH se define en términos de la actividad relativa de los iones de hidrógeno en la disolución:

$$pH = -\log a_H = -\log\left(\frac{m_H \gamma_H}{m^0}\right)$$

Donde  $a_H$  es la actividad relativa del ión hidrógeno (en base molal);  $\gamma_H$  es el coeficiente de actividad molal del ión hidrógeno  $H^+$  a la molalidad  $m_H$ , y  $m^0$  es la molalidad estándar. La magnitud pH es considerada como una medida de la actividad de los iones hidrógeno en la disolución. B

**S****Sólidos suspendidos Totales**

Es el material constituido por los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio con poro de  $1.5 \mu m$  secado y llevado a masa constante a una temperatura de  $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . B

**Sólidos Suspendidos Volátiles**

Son aquellos sólidos suspendidos que se volatilizan en la calcinación a  $550 \text{ }^\circ\text{C} \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$ . B

**V****Velocidad de Utilización de Oxígeno**

. B