



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

ESCUELA DE POST GRADO

Maestría en Ingeniería

TESIS

“INFLUENCIA DEL USO DE *LEMNA MINOR* EN EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACION ORGANICA DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE COTEXSUR, LURIN, 2017”.

Tesis para optar el Grado de Maestro en ingeniería, con mención
en:

GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Autor: Karina Milagros Alvarado Pérez

Asesor: Mg. Bertha Lucila Campos Ríos

Huánuco-Perú

2017



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 15:00 pm horas del día lunes 05 del mes de noviembre del año dos mil dieciocho, en el auditorio de la facultad de ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de maestría y doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

- Mg. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- Mg. HERMAN TARAZONA MIRABAL
- Mg. HÉCTOR RAÚL ZACARÍAS VENTURA

Nombrados mediante resolución N° 537-2018-D-EPG-UDH, para evaluar la tesis intitulada: "INFLUENCIA DEL USO DE LEMNA MINOR EN EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE COTEXSUR, LURÍN, 2017". Presentado por la Bach. **ALVARADO PÉREZ, KARINA MILAGROS** para optar el grado de maestro en Ingeniería, con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Dicho acto de sustentación se desarrolla en dos etapas: exposición y absolución de preguntas procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros de jurado.

Habiéndose absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias procedieron a deliberar y calificar, declarándolo *aprobado* por *unanimidad* con calificativo cuantitativo de *18* y cualitativo de *Muy Bueno*.

Siendo las *16:08* horas del día lunes 05 del mes de noviembre del año dos mil dieciocho, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

Presidente
Mg. Johnny P. Jacha Rojas

Secretario
Mg. Herman Tarazona Mirabal

Vocal
Mg. Héctor Raúl Zacarías Ventura

DEDICATORIA

A mi familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y acompañarme día a día. Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis, en especial a mi asesora Mg. Bertha Campos Ríos y al Ing. Herman Tarazona Mirabal.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Resumen	xv
Abstract.....	xvii
Presentación.....	xix
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema General	5
1.2.2 Problemas Específicos	5
1.3. Objetivo general	6
1.4. Objetivos específicos.....	6
1.5. Trascendencia de la investigación.	7
1.5.1. Trascendencia teórica	7
1.5.2. Trascendencia técnica	8
1.5.3. Trascendencia académica	8
II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Bases teóricas	16

2.2.1 Referencia Histórica Evolutiva	16
2.2.2 Teoría sobre la evaluación de especies acuáticas flotantes.....	19
2.2.3 Teoría sobre la contaminación del agua.	24
2.2.4 Teoría sobre la industria textil	27
2.2.6 Teoría sobre la contaminación por colorantes	32
2.3. Definiciones conceptuales	34
2.3.1 Variable independiente: Lemna Minor	34
2.3.2 Variable dependiente: Contaminación orgánica de los efluentes industriales.....	40
2.4. Sistema de hipótesis y variables	52
2.4.1 Hipótesis	52
2.4.2. Sistema de variables:	53
2.5. Operacionalización de variables (Dimensiones e indicadores)	53
2.5.1 Lemna Minor	53
2.5.2. Contaminación orgánica de efluentes industriales.....	54
III. MARCO METODOLOGICO	56
3.1 Tipo de investigación.....	56
3.1.1 Enfoque de investigación.....	56
3.1.2. Alcance o nivel	56
3.1.3. Diseño	57
3.2. Población y muestra.....	58
3.2.1 Población	58

3.2.2. Muestra	58
3.2.3. Muestreo	59
IV. RESULTADOS	60
4.1. Relatos y descripción de la realidad observada.	60
4.2. Análisis descriptivos	64
4.3 Prueba de hipótesis	89
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	108
5.1 SOLUCION DEL PROBLEMA	108
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
RECOMENDACIONES	114
VII. BIBLIOGRAFÍA	115

Índice de tablas

Tabla 1 VMA según el Decreto Supremo 001-2015-Vivienda-Nº domesticas	3
Tabla 2 Ejemplos de plantas acuática.....	21
Tabla 3 Metales típicos encontrados en los colorantes.....	31
Tabla 4 Composición de Lemna Minor.....	39
Tabla 5 Rango de concentración de nutrientes	40
Tabla 6 Sólidos en aguas residuales	50
Tabla 7 Operacionalización de la variable Lemna Minor.....	55
Tabla 8 Operacionalización de la variable contaminación orgánica.....	55
Tabla 9 Número de muestra vs parámetro a analizar	61
Tabla 10 Protocolo de monitoreo de calidad sanitaria-DIGESA.....	63
Tabla 11 Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	64
Tabla 12 Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	65
Tabla 13 Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor..	67
Tabla 14 Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor	68
Tabla 15 Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor	70
Tabla 16 Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor	71

Tabla 17 Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor	72
Tabla 18 Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor	73
Tabla 19 Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor	75
Tabla 20 Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor	76
Tabla 21 Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor	77
Tabla 22 Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.....	78
Tabla 23 Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	80
Tabla 24 Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor	81
Tabla 25 Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor	82
Tabla 26 Distribución de % Remoción media de concentración de DBO Vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	83

Tabla 27 Distribución de % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	84
Tabla 28 Distribución de % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	85
Tabla 29 Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	86
Tabla 30 Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	87
Tabla 31 Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	88
Tabla 32 Análisis ANOVA. Concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.....	91
Tabla 33 Análisis ANOVA. Concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.....	93
Tabla 34 Análisis ANOVA. Concentración de SST vs el tiempo de . Tratamiento y masa de Lemna Minor	94
Tabla 35 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro DBO	95
Tabla 36 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro DBO	96

Tabla 37 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro DQO.....	96
Tabla 38 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro DQO.....	97
Tabla 39 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro SST.....	97
Tabla 40 Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro SST	98

Índice de figuras

Figura 1 Estructura de los colorantes representativos	28
Figura 2 Estructuras de colorantes reactivos.	30
Figura 3 Morfología de la lenteja de agua (Lemna Minor)	38
Figura 4 Lenteja de agua (Lemna Minor).	38
Figura 5 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	64
Figura 6 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	66
Figura 7 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.	67
Figura 8 Niveles promedio de concentración de DBO vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.	69
Figura 9 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	70
Figura 10 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	71
Figura 11 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.	72
Figura 12 Niveles promedio de concentración de DQO vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.	74
Figura 13 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	75

Figura 14 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	76
Figura 15 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	77
Figura 16 Niveles promedio de concentración de SST vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.	79
Figura 17 Niveles promedio de % Remoción media concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	80
Figura 18 Niveles promedio de % Remoción media concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	81
Figura 19 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	82
Figura 20 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	83
Figura 21 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	84
Figura 22 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	85
Figura 23 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.....	86
Figura 24 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.....	87
Figura 25 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.....	88

Figura 26 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	102
Figura 27 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	103
Figura 28 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.	103
Figura 29 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	104
Figura 30 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	105
Figura 31 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	105
Figura 32 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.	106
Figura 33 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.	107
Figura 34 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.	107
Figura 35 Lemna Minor	124
Figura 36 Punto de recolección de Lemna Minor.	124
Figura 37 Ubicación de Cotexsur.	125
Figura 38 Punto de recolección de la muestra de efluentes.	125
Figura 39 Efluentes industriales de Cotexsur antes de ser vertido al alcantarillado.	126
Figura 40 Tratamiento de los efluentes con Lemna Minor	127

Figura 41 Potenciómetro	127
Figura 42 Equipo para análisis de DQO.....	128
Figura 43 Balanza analítica	128
Figura 44 Desecador.....	128

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia del tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Cotexsur, utilizando la planta acuática Lemna Minor.

La investigación fue de tipo aplicada y diseño experimental con enfoque cuantitativo, la muestra se tomó considerando la conveniencia y criterios previamente evaluados por los tipos de análisis realizados y el tratamiento planteado.

Ciertas variedades de plantas macrófitas tienen la capacidad de absorber o retener diversos contaminantes; y se ha determinado que la variedad conocida como Lemna Minor presenta este tipo de propiedades.

Se realizó tres ensayos de tratamientos variando las cantidades de Lemna Minor (100, 200 y 300g); manteniendo constante el tiempo de retención de 10 días que fueron analizados a los 3,6 y 10 días del tratamiento y con volumen del efluente residual constante.

Los resultados indican que en cuanto a los parámetros que determinan la contaminación orgánica; se logró disminuir la DBO en (61 %); el DQO se redujo en (68 %) y la concentración de sólidos suspendido totales en (61 %).

El procesamiento de los resultados obtenidos y los análisis de datos indican que, respecto al objetivo general y en respuesta a la hipótesis general, se concluye que el uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín

2017; la cantidad optima de tratamiento fue con 100g de Lemna Minor y que en comparación de los tres tratamientos existen diferencias significativas. El análisis ANOVA de dos factores indica que existe diferencia significativa y se corrobora con la prueba HSD Tukey con un nivel de significancia del 5 %.

Palabras clave:

Lemna Minor, contaminación orgánica, efluentes industriales.

Abstract

The objective of this work was to determine the influence of the treatment of industrial wastewater from the Cotexsur company, using the Lemna Minor aquatic plant.

The research was of applied type, experimental design with a quantitative approach, the sample was taken considering the convenience, criteria previously evaluated by the types of analyzes performed, and the treatment proposed.

Certain varieties of macrophyte plants have the ability to absorb or retain various contaminants; and it has been determined that the variety known as Lemna Minor presents this type of properties.

Three trials of treatments were carried out varying the amounts of Lemna Minor (100, 200 and 300g); keeping the retention time of 10 days constant, which were analyzed after 3.6 and 10 days of treatment and with constant residual effluent volume.

The results indicate that with regard to the parameters that determine organic contamination; BOD was reduced in (61%); the COD was reduced by (68%) and the concentration of total suspended solids by (61%).

The processing of the results obtained and the data analysis indicate that, with respect to the general objective and in response to the general hypothesis, it is concluded that the use of Lemna Minor influences the treatment of organic contamination of the industrial effluents of Cotexsur, Lurín 2017; the optimal amount of treatment was with 100g of Lemna Minor and that in comparison of the three treatments there are significant differences. The ANOVA analysis of two factors indicates that there is a

significant difference and is corroborated with the Tukey HSD test with a level of significance of 5%.

Keywords:

Lemna Minor, organic pollution, industrial effluents.

Presentación

Señores miembros del jurado dando cumplimiento a las normas del Reglamento de la Escuela de Posgrado de la Universidad de Huánuco, para elaborar la tesis de maestría en ingeniería con mención: gestión ambiental y desarrollo sostenible, presento la tesis denominada: influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín, 2017, que es requisito indispensable para obtener el grado de Magister.

La presente investigación es del tipo aplicada y diseño experimental con enfoque cuantitativo, y está estructurado en siete capítulos: El primer capítulo, comprende la revisión de los antecedentes de investigación, tanto nacional como internacional, también se realiza la fundamentación científica del marco teórico, terminando esta parte con la justificación, problemática, la formulación del problema, hipótesis y objetivos. El segundo capítulo se menciona la referencia teórica y conceptual en la que se sustenta la tesis.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco metodológico que comprende: las variables, el tipo de investigación, diseño del estudio, la población y su respectiva muestra, también el método de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados, así los métodos de análisis de datos. En el cuarto capítulo, se presentan los resultados de la investigación realizada. El quinto capítulo corresponde a las respectivas discusiones.

El sexto capítulo se redacta las conclusiones y recomendaciones. El séptimo capítulo las referencias y por último los apéndices.

Señores miembros del jurado, esperamos que esta investigación sea evaluada y merezca su aprobación.

El autor

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El uso responsable y racional del agua se ha convertido en un tema de interés nacional, los agentes contaminantes es una preocupación mundial y la poca información para la solución de dichos problemas conlleva a la búsqueda de tesis que promuevan y analicen en cómo disminuir el impacto generado por los efluentes industriales textiles vertidos.

Los estudios científicos indican que para el 2030 la demanda mundial de agua dulce se incrementará en un 40 %. Esto cobra gran relevancia en el rubro textil, ya que a partir de 1965 la industria textil ingresa al mercado nacional con gran fuerza.

En los procesos de teñido y acabado se consumen grandes cantidades de agua. Frente a esto, surgen las “soluciones inteligentes”, que buscan una producción más eficiente y amigable con el medioambiente.

La descarga al alcantarillado de la ciudad está limitada, sin previo tratamiento ya que los residuos contaminantes y toxico contenidos en ella dañan la vida acuática. La industria textil está obligada a tratar los efluentes sin tratamiento.

Las aguas residuales que se producen en la industria textil, se caracterizan principalmente por:

- Variación de los flujos volumétricos y carga contaminante.
- La contaminación se encuentra se encuentra de forma soluble.
- Los efluentes presentan tonalidades en su coloración.

Los efluentes producidos en las operaciones de tintura y acabado presentan materia orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO) que en general triplica o cuadruplica la DBO. Esto indica la pobre biodegradabilidad de este tipo de descargas (CEPIS, 1992).

Los efluentes industriales vertidos por Cotexsur, provienen esencialmente del proceso de teñido que comprende en un descrude o blanqueo químico dependiendo del color a teñir en colores oscuros como: verde militar, negro o azul es necesario solo el descrude como tratamiento previo y en colores claros como rosado, amarillo o celeste es necesario un blanqueo químico luego se realiza la tintura, enjuagues, neutralización y fijación del colorante donde se utilizan relaciones de baño (RB) de 1:7 hasta 1:12 ; esto con lleva a utilizar grandes cantidades de agua y de materia orgánica pueden ser medidos como DQO , DBO y SST. Estos efluentes deben ser tratados antes de introducirlos en el sistema de desagüe industrial, para cumplir la normativa nacional relacionada con el uso de los sistemas públicos de alcantarillado (Decreto supremo 001-2015-Vivienda) y evitar la contaminación de los receptores.

El principal beneficio de los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas es su bajo costo de construcción y mantenimiento, así como su simplicidad de operación utilizando un recurso que se encuentra disponible.

La presencia de una gran cantidad de contaminación orgánica agota el oxígeno de las aguas, resultando la disminución de las condiciones apropiadas para la vida, produciendo fermentaciones que conducen a malos olores. Los sólidos sedimentados, muchos de ellos son tóxicos pues arrastran metales pesados como: Cu, Mn, Cd y Cr.

El Decreto supremo 001-2015-Vivienda, regula las descargas de aguas residuales y aprueba los Valores Máximo Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales para el sector saneamiento.

Tabla 1

VMA según el Decreto Supremo 001-2015-Vivienda-No domesticas

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L, ppm	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/L, ppm	DQO	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/L, ppm	SST	500
Aceites y Grasas	mg/L, ppm	A y G	100

En la presente investigación se realizara el tratamiento de la contaminación orgánica para los efluentes industriales de Cotexsur, mediante un proceso natural basado en la fitorremediación a base de plantas acuáticas macrófitas de hojas flotantes como la “Lemna Minor”.

Con la investigación se beneficiara a la empresa y la sociedad, dando un medio alternativo de tratamiento biológico, que comúnmente se realiza mediante procesos fisicoquímicos como: coagulación, precipitación, adsorción, intercambio iónico, procesos de oxidación o precipitación química que son costosos y generan lodos residuales tóxicos, a la vez necesitan infraestructura más compleja que contribuye a generar un mayor impacto ambiental.

La investigación consiste en realizar el tratamiento de contaminación orgánica en los efluentes industriales de Cotexsur, se tomarán muestras representativas de los efluentes después de finalizar el proceso de teñido, caracterizarlo y realizar el tratamiento con diferentes cantidades de Lemna Minor.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye el uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?

1.2.2 Problemas Específicos

Problema específico 1

¿Cómo influye el tiempo de contacto en el tratamiento con Lemna Minor en la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?

Problema específico 2

¿Cómo influye la cantidad de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?

1.3. Objetivo general

Determinar la influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

1.4. Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Determinar la influencia del tiempo de contacto en el tratamiento con Lemna Minor en la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.

Objetivo específico 2

Determinar la influencia de la cantidad de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017

1.5. Trascendencia de la investigación.

1.5.1. Trascendencia teórica

El trabajo que se presenta se considera de importancia porque contribuye a tener una alternativa de tratamiento biológico en los efluentes de Cotexsur (Lurín).

La contaminación por efluentes textiles en el Perú es considerada de gran impacto ambiental, contiene residuos tóxicos y contaminantes que son proporcionados en los aditivos químicos en el teñido y colorantes en su estructura química.

Los colorantes que se utilizan en proceso de teñido de Cotexsur son reactivos, directos para la fibra de algodón y dispersos para el poliéster.

Según Álvarez et al., (2011) los colorantes textiles se clasifican en aniónicos (directos, ácidos y reactivos), catiónicos (básicos) y no iónicos (dispersos).

Los colorantes se pueden identificar gracias a sus estructuras químicas llamadas cromóforas, las más usadas para la industria textil son:

Azo (-N=N-), carbonilo (-C=O), meteno (-CH=), nitro (-NO₂) y grupo quinonas. (Dos Santos et al., 2007).

Los cromóforos azo y antraquinonas son los más empleados en la industria, con colores naranja, amarillo y rojo para azo; y violeta, azul.

1.5.2. Trascendencia técnica

Con la investigación permitirá demostrar la influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes de Cotexsur y plantear una alternativa de tratamiento biológico

La importancia de proponer un tratamiento que no utilice sustancias químicas; adquiere una significación gravitante, por cuanto se estaría cumpliendo el criterio del desarrollo sostenible, es decir dinamizar la economía y el trabajo con la actividad industrial afectando al mínimo al medio ambiente.

1.5.3. Trascendencia académica

La investigación nos permitirá contar con un tratamiento de la contaminación orgánica mediante procesos biológicos a nivel laboratorio.

Se planteará en el tratamiento la dosificación con cantidades diferentes de Lemna Minor, para obtener la proporción adecuada en el proceso biológico.

Según los antecedentes de la utilización de plantas acuáticas que tienen efectos Fito tóxicos y que actúan como descontaminantes, como Lemna Minor, o lenteja de agua (Arroyave, 2004). La autora menciona un estudio realizado por Zayed (1998) que utiliza la planta como acumulador de cadmio (13.3 g/Kg), selenio (4.27 g/kg), cobre (3.36 g/kg).

Según Martelo y Lara (2012) Los tratamientos de aguas residuales que involucran plantas acuáticas han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio, son ampliamente conocida su destacada habilidad para la asimilación de nutrientes y la creación de condiciones favorables para la descomposición de materia orgánica, según investigaciones realizada por (Martelo y Lara, 2012).

Algunos iones de metales tóxicos como: Cu, Cr, Zn, CN^- que impiden la oxidación biológica limitando la acción de las enzimas para oxidar la materia orgánica.

Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia Spp.*), la redondita de agua (*Hydrocotyle Ranunculoides*), y algunas especies de lentejas de agua como la Lemna.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Se ha reunido información de los trabajos realizados en el ámbito nacional e internacional.

Antecedentes internacionales

Arroyave (2004), en su investigación, realizada en la escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín Colombia titulada; La lenteja de agua (Lemna Minor): Una planta acuática promisoría. El objetivo fue describir las principales características morfológicas y ecológicas de la planta acuática Lemna Minor y sus aplicaciones en fitorremediación por su capacidad de absorber nutrientes y contaminantes de los ecosistemas acuáticos, llego a la conclusión que se considera a la planta acuática Lemna Minor, una especie valiosa en el tratamiento de aguas residuales, en la absorción de contaminantes y su contribución a la sostenibilidad como parte de una tecnología limpia. La investigación es de nivel descriptivo, no experimental.

Valero (2006), en su investigación realizada en la Universidad Industrial de Santander de la Facultad de Ingeniería Físicoquímicas, escuela de Ingeniería Química Bucaramanga Colombia titulada: Aplicación Tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos. Teniendo como objetivo remover sustancias contaminantes como parte de un tratamiento secundario de aguas residuales. Concluye que se observa una reducción de sustancias contaminantes como metales pesados, radioactivas y materia orgánica, se utilizó plantas macrófitas y microorganismo como parte de un proceso secundario.

Cortázar et al. (2014), en su investigación realizada en la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México titulada: Contaminación generada por los colorantes en la industria textil, teniendo como objetivo dar una descripción de la industria textil y de los contaminantes que se generan en los diferentes procesos, haciendo énfasis en los colorantes, llega a la conclusión que de acuerdo al tipo de estructura de colorante y las concentraciones que existen en los efluentes textiles se dispone de métodos eficaces de remoción de color como: adsorción, transformación química, incineración, ozonación y fotocatalisis.

Melgarejo (2014), en su investigación realizada en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana con título: Remoción de color de un efluente textil con salvinia mínima, teniendo como objetivo evaluar la remoción de color en un efluente textil usando Salvinia mínima como bioadsorbente en sistemas por lote. Determina que la biomasa obtenida de la macrófita Salvinia mínima fue efectiva para la remoción de color de los efluentes textiles rojo, verde y negro, obteniendo una máxima remoción de 65.81%, 82.80% y 80.31 % respectivamente.

Jojoa et al., (2015), en su investigación titulada: Tratamiento de Aguas Residuales textiles a partir de métodos biológicos. Tiene como objetivo evaluar el tren de tratamiento más adecuado para la remoción de colorantes. Analiza diferentes tecnologías para la remoción de color de los efluentes mediante sistemas UASB sosteniendo una mayor eficiencia, a la vez plantea un sistema de degradación y/o mineralización de materia orgánica mediante sistemas aerobios.

Concluye que para la elaboración de un tren de tratamiento de aguas residuales que tenga la capacidad de remover color, pero además remover materia orgánica y principalmente aminas, producto de degradación de colorantes tipo azo. Tendría la mayor eficiencia si está compuesto de un primer sistema de remoción de color, para esto los sistemas UASB de sistema anaerobio, el consorcio microbiano no es selectivo al colorante, sino que puede degradar una gran variedad de colorantes.

Sarango y Sánchez (2016), en su investigación titulada: “Diseño y construcción de 2 biofiltros con *eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora río manso exa s.a. “planta la comuna”, quinindé”. Tiene como objetivo diseñar y construir 2 biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* para evaluar la degradación de contaminantes en aguas residuales de la Extractora Río Manso. Se realizaron análisis en cada semana de tratamiento para determinar las concentraciones y porcentajes de remoción en ambos tratamientos con la medida de los siguientes parámetros como: Demanda química de oxígeno DQO, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Aceites y grasas, Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Nitrógeno total, Hierro, Fósforo total tomando en cuenta que estos son los parámetros con los que la empresa tiene problemas en su tratamiento.

Concluye que el *Lemna Minor* en la degradación de contaminantes de las aguas residuales de la extractora del Río manso expresado como. DQO 72,57 %, DBO₅ 73,36 %, Aceites y grasas 92,33 %, Sólidos totales 75,21 %, y que no existen diferencias significativas en los parámetros analizados de las 2 especies.

Antecedentes nacionales

Salas (2003), en su investigación realizada en la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Mayor de San Marcos, Lima Perú titulada: Tratamiento Físicoquímico de Aguas Residuales de la Industria Textil, tiene como objetivo realizar un tratamiento mediante procesos físicoquímicos a un efluente textil, previamente caracterizado.

García (2012), en su investigación realizada en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima- Perú titulada: Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. El objetivo fue determinar mediante un sistema de reactores con plantas acuáticas la eficiencia de remoción de nutrientes y observar si es un sistema adecuado y complementario con las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales existentes en nuestro país. Concluye lo siguiente: La especie más eficiente en la capacidad de depuración de nutrientes para el tratamiento del efluente de la Laguna de estabilización Terciaria de las aguas residuales domésticas para esta investigación fue la *Eichhornia crassipes* siendo capaz de remover un 100% en Nitrógeno Amoniacal. Mientras la Lemna Minor presentó remociones del 86% de este parámetro.

Juárez (2006), Maestría en Ciencia Ambientales, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú, Tesis: “Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana”. Consiste el estudio, que la “agricultura urbana” (AU), una de varias herramientas para usar productivamente los espacios urbanos abiertos, recuperar desechos sólidos y líquidos, manejar recursos de agua dulce de manera más eficaz y generar ingresos y empleo.

La generación de aguas residuales domésticas e industriales en Lima Metropolitana es de aproximadamente $19 \text{ m}^3/\text{s}$ (Meiorin and Noriega, 1999). Alrededor del dos por ciento de esta agua residual es tratada en lagunas de oxidación y el resto es descargado directamente sobre los ríos (Rímac, Chillón y Lurín) o el mar. Solo pequeñas cantidades de agua tratada es usada para la irrigación de cultivos (Meiorin and Noriega, 1999).

El objetivo de este estudio fue determinar la calidad de agua de la cuenca del río Rímac y determinar los riesgos e impactos en los suelos, aguas y hortalizas en la localidad de Carapongo y a la conclusión que llega es que la muestra contiene Cd, Cr y Pb y superan el LMP definido como valor de contaminación y concluye en que no existe relación entre los resultados de los monitoreos de calidad de agua reportados por SEDAPAL y DIGESA.

Coronel (2016), en su investigación realizada en la facultad de Ingeniería civil y ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas-Perú, titulada: Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna Minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas 2016. La investigación con las plantas acuáticas tuvo un tiempo de contacto de 10 días, para una capacidad de 80 L. El objetivo fue determinar la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna Minor*) en el tratamiento de aguas residuales y concluye que tuvo un promedio de 81.24% en remoción de los parámetros fisicoquímicos (Conductividad, DQO, DBO, PH, etc.). Los resultados obtenidos están por debajo de los límites máximos permisibles.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Referencia Histórica Evolutiva

El tratamiento de aguas residuales industriales se basa en las propiedades físico químico y/o microbiológico de la composición de los efluentes. Se aplican procesos y operaciones tanto físicos, químicos, biológicos; y combinaciones de estos. Los procesos físicos están relacionados con la separación de partículas, sedimentación de lodos y aireación. En tanto que los procesos químicos puede ser coagulación y flotación e intercambio iónico y los procesos biológicos se basa mediante el uso de microorganismos, o el tratamiento mediante plantas en el suelo o acuáticas, que disminuyen considerablemente la carga orgánica.

En la industria textil el tratamiento de los efluentes se caracteriza por la presencia de color, alto contenido de materia orgánica, sólidos en suspensión; se pueden aplicar diversos procesos para su tratamiento. Por ejemplo:

Salas (2003), aplicó la coagulación y floculación para eliminar color y coloides suspendidos, quelación o complexamiento para metales, flotación por aire disperso que es un sistema de separación sólido-líquido y ósmosis inversa para eliminar los contaminantes orgánicos no solubles dispersos.

La efectividad de las macrófitas flotantes en la depuración de aguas residuales

Con contenido de materia orgánica y nutriente ha sido estudiado por diversos autores. En 1973 en la Universidad de la Florida, Harvey y Fox ensayaron con Lemna Minor en la remoción de nutrientes, obteniendo resultados de 89 % y 67 % para nitrógeno y fosforo respectivamente.

El tratamiento biológico de las aguas textiles residuales se refiere a la utilización de lagunas de aireación con tiempos de retención de 24 a 48 horas (Crespi, 1987), donde se realiza una gran actividad de los microorganismos depuradores, procesos de oxidación y sedimentación. En las plantas de lodos activados se recircula la población microbiana depuradora al tanque que contiene nuevas aguas residuales.

El tratamiento biológico por lagunas facultativas y con la presencia de plantas acuáticas descontaminantes se basa en el hecho de que ciertas plantas absorben los

Metales, colorantes y son resistentes en ciertos casos a algunos contaminantes; luego se pueden remover la biomasa para reponer nuevas

plantas. Arroyave (2004), hace referencia que la planta Lemna Minor absorbe orto fosfatos, metales y reduce la materia orgánica.

La principal ventaja de los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas es su bajo costo de construcción y mantenimiento, así como su simplicidad de operación.

Además, se utiliza un recurso disponible, hasta ahora no aprovechado en muchos lugares y que puede tener diversos usos (Olguín y Fernández 1998).

Se tiene como base estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas, se pueden considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales. Arroyave, (2004).

La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas y el tipo de metal a remover, por lo mismo para lograr buenos resultados las plantas a utilizar deben tener las siguientes características (Núñez et al., 2004):

- Ser resistente a altas concentraciones de metales.
- Ser bioacumuladoras de metales.
- Tener una rápida tasa de crecimiento.
- Ser especies locales, que se acoplen al comportamiento del tratamiento.
- Ser fácilmente cosechables.

El Jacinto de agua, de acuerdo con los reportes de la literatura, alcanza Reducciones de DBO₅ en el orden de 95 %, y hasta 90,2 % para la DQO. En el Caso de los sólidos suspendidos se registran disminuciones con valores que se encuentran en el rango de 21 % y 91 %. Según Martelo y Lara, (2012).

Existen estudios de métodos de decoloración utilizando un coagulante natural extraído de semilla de árbol de Moringa Oleífera para decoloración de aguas residuales textiles obteniendo un 70 a 90% de decoloración con tratamiento enzimático (Villaseca, 2015) .

2.2.2 Teoría sobre la evaluación de especies acuáticas flotantes.

Para la evaluación de las plantas acuáticas flotantes debemos tomar en cuenta los siguientes conceptos y características.

Una de las características de las macrófitas acuáticas flotantes es la capacidad de doblar su biomasa en muy escasos días, y si se proporciona una fertilización adecuada, sus rendimientos son considerables. Existen distintos estimados de rendimiento de estas plantas, cuando se cultivan experimentalmente. Sin embargo, en condiciones de vida cotidiana, en el Lejano Oriente, es común el cultivo de estas plantas (Ly, s/f).

Núñez et al., (2004), subdivide las plantas acuáticas flotantes en:

Plantas de libre flotación (no fijas) sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Sin embargo, sus raíces no están fijas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Sus estructuras vegetativas y reproductivas se mantienen emergentes. Ejemplos: lirio acuático (Eichhornia

crassipes), lenteja de agua (*Lemna* spp), Helecho acuático (*Azolla* spp), repollito de agua, pistia o lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), Trébol de agua (*Meyanthes trifoliata*).

Plantas de hoja flotante (fijas): tienen sus hojas flotando sobre la superficie del agua, pero sus raíces están fijas en los sedimentos. Ejemplo: nenúfares (*Nymphaea elegans* y *Nymphoides fallax*).

Otras dos variables son el clima y el tipo de efluente utilizado, estos son aspectos que varían la capacidad de remoción. La temperatura más baja reduce la eficiencia en la capacidad de absorción de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno por plantas acuáticas (Zarela, 2012).

Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia* Spp.), (*Hydrocotyle ranunculoides*), y las lentejas de agua como la *Lemna* (Martelo y Lara, 2012).

Tabla 2

Ejemplos de plantas acuáticas flotantes.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia Botánica
amolla	Azolva anabaena	Azollaceae / Salviniaceae
Lechuguín	Eichhornia crassipes	Pontederiaceae
Salvinia	Salvinia Mínima	Salviniaceae
Lentejas de agua	Lemna Minor	Aráceas
Pistia	Pistia stratiotes	Araceae
Trébol de agua	Meyanthes trifoliata	Menyanthaceae
Espinaca de agua	Ipomea acuática	Convolvulaceae
Mordisco de rana	Hydrocharis morsus-ranae	Hydrocharitaceae
Pita acuática	Stratiotes aloides	Hydrocharitaceae

Fuente: Infojardín, 2013

Generalmente estas plantas acuáticas crecen favorablemente sobre una zona sin movimiento, libre de competidores como algas, insectos y enfermedades. Las nuevas floraciones de algas pugnan por los nutrientes y provocan un cambio en la circulación del agua, en pH, turbidez, OD. La absorción por estas especies puede variar gradualmente a través de la solución nutritiva dependiendo de la concentración de nutrientes en el medio hasta el 3er y/o 8vo día de crecimiento (Zarela, 2012).

Según Zayed (1998), en su investigación realizada obtuvo el potencial de la lenteja de agua o Lemna Minor respecto a la bio acumulación de cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y selenio. Con los resultados se demostraron que, en condiciones experimentales de laboratorio, la lenteja de agua resultó ser un buen acumulador de Se, Cd y Cu, un acumulador moderado de Cr y pobre acumulador de Pb y Ni. Las concentraciones más

altas de cada elemento acumulada en los tejidos de la lenteja de agua fueron de 13,3 g Cd / kg, 4,27 g Se / kg, 3,36 g Cu / kg, 2,87 g Cr / kg, 1,79 g Ni / kg y 0,63 g Pb / kg.

En la Fito remediación se basan en los mecanismos fisiológicos básicos que ocurren en las plantas por acción de los microorganismos, tales como: transpiración, fotosíntesis, metabolismo y nutrición (Ghosh y Singh, 2005).

Los microorganismos que habitan en la rizósfera juegan un papel importante en la degradación de la materia orgánica. Los metabolitos generados de esta degradación son absorbidos por las plantas junto con nitrógeno, fósforo y otros minerales (Garbisu et al., 2007).

El pH inicial del vertido es un factor determinante en el rendimiento de cualquier tratamiento biológico.

Las reducciones óptimas de la DBO se obtienen cuando el pH está entre 7 y 9, pero se produce alguna reducción de la DBO cuando el pH está entre 9 y 11. La extensión de esta gama depende del tipo de vertido y de la homogeneización que reciba antes de su aeración. Cuando el pH excede de 11,5, la reducción de la DBO que se produce es poca o ninguna. Dado que los métodos de control del pH pueden ser caros, el factor costo puede limitar la aceptabilidad del tratamiento biológico.

Manejo de Lemna Minor después del tratamiento de la contaminación orgánica.

Los retiros periódicos de las plantas son un requerimiento necesario para optimizar la eficiencia de remoción, que puede convertirse en una limitación para el proceso de tratamiento.

Según (Metcalf y Eddy, 1995), las plantas macrofitas se pueden incorporar directamente como fertilizante sobre la tierra y se indican los posibles usos de los desechos vegetales que se generan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas. Señalan que ésta se puede incorporar como fertilizante incorporado directamente sobre la tierra o mediante composteo, o bien usarla en la manufactura de cartón, así como la producción de combustible, usando material seco y liviano en la forma de briquetas y mediante gasificación de la biomasa para la producción de biogás. También como material absorbente de colorantes y metales pesados.

2.2.3 Teoría sobre la contaminación del agua.

Surge cuando los residuos producidos por los seres vivos (desde microorganismos hasta el hombre) sobrepasan la capacidad de utilización de éstos y, por lo tanto, provocan una alteración del equilibrio y se pone en riesgo la sobrevivencia de las especies. El ecosistema acuático es particularmente susceptible a sufrir polución o contaminación, derivadas de actividades humanas como: la agricultura, industria o urbanización descontrolada de ciertas zonas. Ya que esta contaminación tiene como destino final su acumulación en ríos, océanos, lagos y/o lechos subterráneos, existen dos tipos de contaminación, los cuales son (Torres, s/f):

Contaminación Natural: Es aquella en la que no interviene el ser humano, por ejemplo, los animales que van a morir a lechos de ríos se descompondrán y contaminarán el agua, lechos de ríos que circulan sobre minerales tóxicos necesariamente se irán contaminando, erupciones volcánicas, etc.

Contaminación Artificial: Es la que proviene de alguna actividad del hombre. Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras.

Según Echarry (2007), se pueden dividir en 8 grupos, que a continuación se detalla:

- **Microorganismos patógenos:** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc.
- **Restos orgánicos:** Conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, animales y otros. Se incluyen los excrementos que son descompuestos por bacterias aeróbicas. Si la cantidad de restos o desechos orgánicos se encuentran en exceso, se incrementan las bacterias agotando el oxígeno en los cauces de agua. Los parámetros para medir la contaminación por desechos o restos orgánicos son la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y la cantidad de oxígeno disuelto, OD en agua.
- **Compuestos inorgánicos:** Lo conforman las sales, ácidos y metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Si las concentraciones son altas pueden causar un impacto a los seres vivos, disminuye la producción agrícola y causa corrosión en los equipos que receptionan muestras agua.
- **Nutrientes inorgánicos:** los fosfatos y nitratos son compuestos solubles en agua, que las plantas necesitan para su desarrollo, si se encuentran en cantidad excesivas estimulan a un crecimiento excesivo de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas.

- **Compuestos orgánicos:** Como el petróleo, gasolina, plaguicidas, plásticos, detergentes, disolventes, etc. Son vertidos en muestras de aguas y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, básicamente por el tipo de estructuras moleculares complejas que son difíciles de degradar.
- **Sedimentos y materiales suspendidos:** Las partículas extraídas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que existen en suspensión en las aguas. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos vivos acuáticos.
- **Sustancias radiactivas:** Los isótopos radiactivos que son solubles se pueden encontrar en concentraciones específicas en muestras de agua y, a veces, se pueden ir bioacumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones altas en algunos tejidos vivos.
- **Contaminación térmica:** Las centrales de energía o en procesos industriales que tienen sus efluentes vertidos al mar o ríos eleva la temperatura, atenuando la capacidad de retener oxígeno afectando así a la vida de los organismos acuáticos.

Las Industrias: papelera, textil y siderúrgica, como necesitan grandes cantidades de agua para desarrollar sus actividades y en sus vertidos de sus efluentes contienen grandes de materia orgánica, metales, aceites industriales e incluso radiactividad.

Para contrarrestar los problemas que pueden causar los contaminantes de las aguas residuales existen diversos sistemas de depuración que sirven para mejorar las características físicas y químicas originales.

2.2.4 Teoría sobre la industria textil

La industria textil es una de los rubros más consumistas de agua ya que requieren un promedio de 7 a 12 litros de agua por kilogramo de tela a procesar, esto se ve reflejado en la gran generación de agua residual. El proceso de elaboración de productos textiles consiste de un gran número de operaciones unitarias que utilizan diversas materias primas, como algodón, lana, fibras sintéticas, o mezclas de ellas. El impacto ambiental de sus efluentes líquidos es muy variado, por la gran variedad de materias primas, reactivos y de métodos de producción. En los efluentes se pueden encontrar sales, almidón, peróxidos, EDTA, enzimas, colorantes, metales y otros compuestos orgánicos de variada estructura, que provienen de las distintas etapas del proceso global (Santos, 1992).

2.2.5 Teoría sobre colorantes

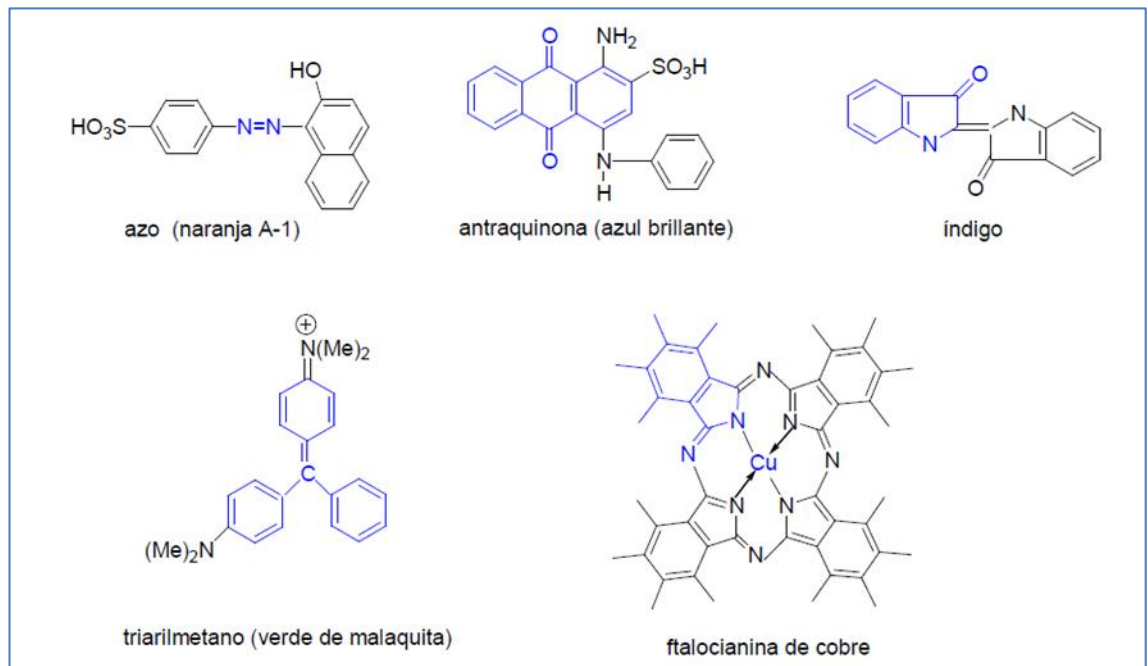
Colorantes.

Un colorante es una sustancia colorida que puede ser fijada en una fibra textil.

Según Christie (2001) y Días et al, (2007), los colorantes se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación:

- Directos
- Reactivos
- Dispersos,
- Ácidos
- Básicos, entre otros.

Figura 1 Estructura de los colorantes representativos



Fuente: Sanz A, (2015)

El que pueda adherirse o reaccionar con la fibra dependerá de la naturaleza del colorante y de la naturaleza de la fibra textil.

El algodón, que es un material neutro, no se tiñe fácilmente con colorante ácido o básico. Para teñir el algodón es necesario tratarlo con tratamientos previos como descruce y/o blanqueo dependiendo del color a teñir se realizara los tratamientos previos.

Las fibras contienen componentes a base de aceites y sales metálicas, de tal manera que se precipiten óxidos metálicos que impregnen la fibra y los cuales, a su vez, forman sales con colorantes ácidos.

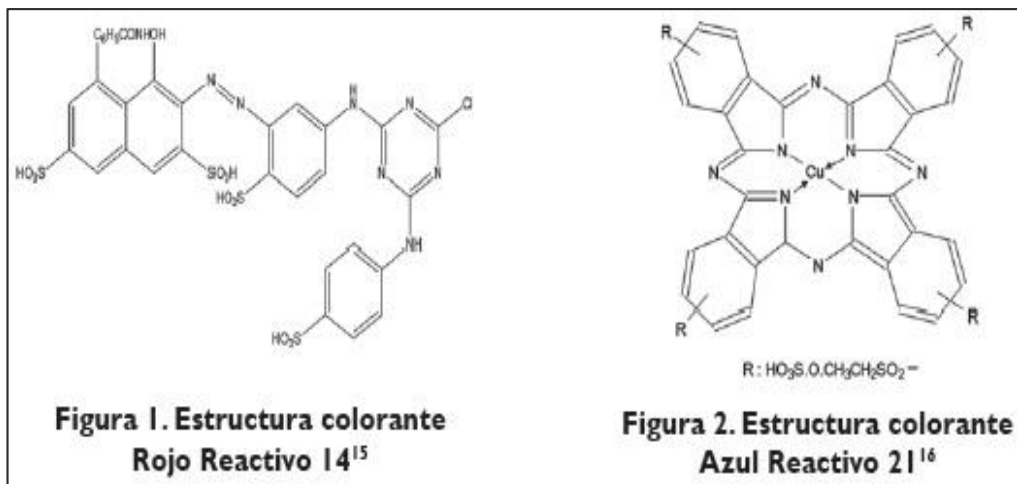
Colorantes reactivos

Son colorantes modificados que bajo determinadas condiciones de tintura reaccionan químicamente con la fibra (formando éster o éter), obteniéndose así un verdadero miembro lateral de la molécula celulósica. Los colorantes contienen grupos químicos que se unen por enlace covalente a la tela. En el caso de la celulosa, se trata de grupos que son típicamente de pirimidina, triazina o de sulfonas y que experimentan una reacción con los grupos de hidroxilo de celulosa por sustitución o por adición nucleofílica.

La reacción química entre un colorante reactivo y una fibra celulósica puede ser como sigue:



Figura 2 Estructuras de colorantes reactivos.



En algunos casos la baja fijación de los colorantes reactivos en la tela dependiendo de la concentración de colorante es un problema, por lo que al remanente del colorante no fijado tras teñir la tela, se lava repetidas veces con surfactantes para retirar el exceso de material no adheridos.

Colorantes dispersos

La fibra de poliéster se tiñe con colorantes dispersos, de los más del 50% son compuestos azoicos y otros 25% son antraquinonas (IPPC 2003). Los colorantes solubles en agua no se adhieren al poliéster, ya que sus fibras son hidrófobas. Las moléculas de colorante no se adhieren a la fibra, si no

que se produce toda una variedad de interacciones electroestáticas (dipolo-dipolo, van der Waals y puentes hidrogeno), que incrementan la afinidad con la fibra.

Para el teñido con el colorante disperso se tiene que crear un cierto tipo de condición que fuercen al proceso. En el caso de poliéster puro o de mezcla con algodón (PES/CO) se aplica temperatura y presión mediante un teñido discontinuo (125-135 °C). Se puede considerar en un teñido de mezcla (PES/CO), primero el teñido de Poliéster y posteriormente el teñido de la fibra de algodón con colorantes reactivos.

Tabla 3

Metales típicos encontrados en colorantes

Clase de colorante	Metales
Directo	Cobre
Reactivo	Cobre y níquel
Acido	Cobre, Cromo y Cobalto
Pre metalizado	Cobre, Cromo y Cobalto
Mordante	Cromo

Fuente: Bae et al, (2006).

2.2.6 Teoría sobre la contaminación por colorantes

Los colorantes causan serios problemas ambientales, consiste en el envenenamiento del manto acuífero ya que sus estructuras químicas son persistentes y recalcitrantes, por ende, mantienen un riesgo de eco-toxicidad y bioacumulación; el transporte de estos contaminantes afecta la cadena alimenticia y a los humanos (Contreras et al., 2012).

Otro problema consiste en el bloqueo de luz en el agua reduciendo o eliminando la fotosíntesis. El ojo humano puede detectar la presencia de colorantes reactivos desde una concentración de 0.005mg/L (Singh et al., 2011).

Según (Nemerow y Dasgupta p.246), el tratamiento final de los residuos o efluentes de la industria textil considera que los métodos utilizados generalmente para la eliminación final del exceso de DBO son la coagulación y el tratamiento biológico, aunque ambos procesos tienen sus limitaciones.

La homogenización es parte esencial en el proceso de tratamiento, algunos residuos se coagulan más fácilmente con una sustancia química que con otra; otros, no se pueden coagular con ningún coagulante económico conocido.

Masselli, da cinco formas de cómo se han de tratar los vertidos de efluente textil antes de su vertido a un río:

- 1) Homogenización.
- 2) Neutralización;
- 3) Dosificación;
- 4) Eliminación de color;
- 5) Reducción de la materia orgánica mediante la demanda de oxígeno.

Ronzano y Dapena (2002), indicó los métodos de medida de la contaminación orgánica pueden clasificarse según los siguientes tipos de parámetros:

- Métodos que determinan demanda de oxígeno (DBO, DQO, DTO).
- Métodos que determinan contenido en C (COT).

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1 Variable independiente: Lemna Minor

2.3.1.1 Evaluación de especies acuáticas flotantes

Para evaluar las plantas acuáticas flotantes se tiene que tener en cuenta los siguientes conceptos y características:

Las macrófitas acuáticas flotantes tienen la capacidad de doblar su biomasa en muy escasos días y cuando se proporciona una fertilización adecuada, sus rendimientos son considerables (Ly, s/f).

Otras dos variables son el tipo de efluente a tratar y el clima, estos son aspectos que varían la capacidad de remoción. La temperatura más baja reduce la eficiencia en la capacidad de absorción de nutrientes como el fosforo y el nitrógeno en la plantas acuáticas (Zarela, 2012).

Las plantas acuáticas crecen favorablemente sobre una zona sin movimiento, excepto de competidores como: algas, insectos y enfermedades.

Las floraciones de algas compiten por nutrientes y provocan un cambio en la circulación del agua, en PH, turbidez, OD. La absorción por estas especies pueden variar gradualmente a través de la solución nutritiva dependiendo de la concentración de nutrientes en el medio hasta el 3er y 8vo día de crecimiento (Zarela, 2012).

2.3.1.2 Definición de Lemna Minor

Según Martelo(2012),es una planta que tiene la capacidad de degradar la materia orgánica y absorber algunos metales pesados como cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y selenio.

Las lentejas mayores o lemnas son macrófitas flotantes que prosperan en aguas estancadas o de corriente lenta; su crecimiento es muy rápido.

Además es una planta propia de América, Europa África, Asia y el norte de Australia (Ly, s/f). Se diferencia de la Lemna menor de agua (Lemna Minor) por sus hojas mucho más grandes de color purpura rojizo bajo la superficie, y múltiples raíces (Rook ,2004).

2.3.1.3 Caracterización de la especie Lemna Minor

Taxonomía de Lemna Minor

La macrófita lenteja mayor de agua se encuentra dentro de la siguiente clasificación (García, 2012; Rook, 2004):

Reino: Plantae

Division: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Arales

Familia: Lemnaceaes

Género: Lemna

Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas (Raven et al. 1971). En la misma familia de la lenteja de agua se encuentra *Wolffia*, reportada como la planta con flores de tamaño más reducido que existe en la Tierra; su cuerpo mide sólo 0,6 mm de largo y 0,2 mm de ancho, y su fruto, que es el más pequeño del planeta, mide sólo 0,3 mm de largo y pesa 70 mg (Armstrong 1996).

La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora (Instituto Gallach 1984). Sin embargo, es común encontrar las plantas agregadas formando grupos de 2 a 4.

Según Rook (2002), la planta puede desarrollarse a temperaturas, que varían entre 5° y 30°C, con un crecimiento óptimo alrededor de los 15° a 18°C. Se acoplan bien a cualquier condición de iluminación. Crece rápidamente en partes calmadas y ricas en nutrientes, con altos niveles de nitrógeno y fosfatos. Un elemento limitante para su desarrollo es el hierro, tolera un rango de PH entre: 4,5 a 7,5.

Según García et al.(2009), *Lemna Minor* pertenece a uno de los tres géneros de lenteja de agua(lemnáceas), siendo las otras dos son : *Spirodela* y *Wolffia* son minúsculas plantas acuáticas, de 0,8-10 mm, que flotan en el agua, aunque algunas de ellas pasan parte de su ciclo sumergidas, siendo la multiplicación vegetativa la forma habitual de reproducción(p.222).

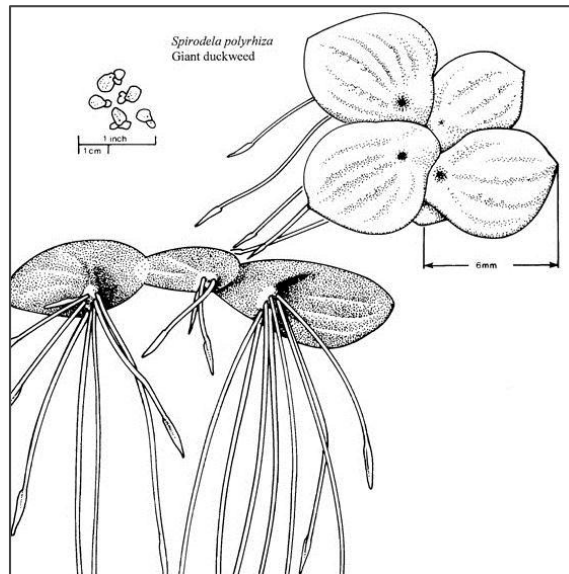
Las Lemnáceas no tienen hojas. Su estructura en forma de “lenteja” está formada por un parénquima fotosintético en la cara superior de la “lenteja” y un parénquima aerífero para poder flotar, en la cara inferior, surgiendo de este último una o varias raicillas. Estas estructuras son solitarias o forman grupos de 2 ó 3, como resultado del proceso de multiplicación vegetativa. En Lemna Minor la “lenteja” mide 3-6 mm.

Usos.

Entre las principales aplicaciones se puede mencionar que (Rook, 2004):

- Su aporte es muy importante en el ecosistema como un eslabón esencial en la cadena alimentaria es decir por su alto contenido de grasa y proteína la convierten en una fuente de alimento para los animales y las aves de corral.
- Las lentejas de agua son útiles como cultivo, ya que pueden aclimatarse a casi todas las condiciones de crecimiento.
- Las lentejas de agua tienen potencial en el tratamiento de aguas residuales, porque absorbe el exceso de nutrientes de las aguas superficiales.

Figura 3 Morfología de la lenteja de agua (Lemna Minor)



Fuente: IFAS, 2000.

Figura 4 Lenteja de agua (Lemna Minor).



Fuente: Habitantes del agua. Macrofitos,

Composición química

El contenido proteico es alto por lo que es incluido en la alimentación de peces y ganado.

Tabla 4

Composicion de la Lemna Minor¹

Constituyente	Porcentaje
Agua	86-97
Proteína	31.19
Lípidos	5.58
Fibra	8.22
Fosforo	1.44

Fuente: Culley, (1981)

Composición química del agua de las lemnáceas

Las lemnáceas crecen en aguas de diferentes calidad como las aguas dulces y salinas, aguas estancadas, inhibiéndose en aguas limpias.

En la tabla adjunta se detalla la composición química en aguas que se encontrado las lemnáceas.

Tabla 5

Rango de concentración de nutrientes en agua donde las lemnáceas crecen (PH en unidades, conductividad us/cm y el resto en mg/L).

Parámetro	Rango
PH	3.5-10.4
Conductividad	10-10900
Ca	0.1-365
Mg	0.1-230
Na	1.3-1000
K	0.5-100
N	0.003-43
P	0-56
HCO ₃	8-500
Cl	0.1-4650
S	0.03-350

Fuente: Landolt, (1986).

2.3.2 Variable dependiente: Contaminación orgánica de los efluentes industriales

2.3.2.1 Contaminación del agua y aguas residuales

Henry et.al. (1999), nos dice que la contaminación del agua es un término poco preciso que nada nos dice acerca del tipo de material contaminante ni de su fuente. La contaminación de los recursos hídricos puede ser consecuencia directa del desagüe de aguas negras o de descargas industriales (fuentes puntuales), o indirecta de la contaminación de aire o de desagües provenientes de la agricultura o residuos urbanos (fuentes no puntuales).

Aguas residuales

Henry et.al. (1999), nos dice que son una mezcla compleja que contiene agua por lo común del 99% mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en suspensión como disueltos.

La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña y se expresa en mg/L, esto es, mg de contaminante por litro de la mezcla.

Esta es una relación de peso/volumen que se emplea para indicar concentraciones de componentes en el agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas. Puesto que la densidad relativa (DR) de estas soluciones diluidas es similar a la del agua, las concentraciones también se puede considerar de peso/peso, como mg/Kg o ppm (partes por millón). Sin embargo, cuando la DR de la mezcla no es 1.0, mg/L y ppm no son términos indistintos.

2.3.2.2 Aguas residuales industriales

Henry et. al. (1999), nos dice que las aguas residuales de las industrias incluyen los residuos sanitarios de los empleados, los residuos de procesos derivados de las manufacturas, aguas de lavado y aguas relativamente poco contaminadas procedentes de las operaciones de calentamiento y enfriamiento. Las aguas residuales de los procesos son las que causan más preocupación, y varían con amplitud según el tipo de industria.

En ciertos casos puede ser obligatorio un tratamiento previo para quitar ciertos contaminantes o una compensación para reducir la carga hidráulica

a fin de que las aguas residuales sean aceptables en el sistema municipal. En contraste con las cualidades relativamente características muy variadas, incluso cuando las industrias son similares. Por esta razón, es posible que se requieran estudios extensos para valorar los requisitos de pre tratamiento y en efecto de las aguas residuales en los procesos biológicos.

Los residuos son específicos de cada industria y varían desde fuentes residuos biodegradables (de DBO, alta) como los que se obtienen del empacado de carnes, hasta residuos como los de talleres de recubrimiento con metales y de fábricas textiles, los cuales pueden ser inorgánicos y tóxicos y en ciertos casos requerir de un tratamiento físico y químico local antes de su descarga al sistema municipal.

2.3.2.2.1 Efluentes de aguas residuales industriales textiles

Nemerow y Dasgupta, (1998), menciona que los procesos industriales textiles es uno de las mayores consumidores y contaminantes de agua, en la actualidad existen métodos de tratamientos alternativos pero que no son fácilmente accesibles; por no ser baratos al realizar el tratamiento. Los compuestos contaminantes proceden de las algunas impurezas naturales extraídas de las fibras y de los insumos químicos utilizados en el proceso de tejido o pre tratamiento.

Harshad et. al. (2015), nos comenta que los tintes textiles son productos químicos de complejas estructuras aromáticas diseñadas para resistir el impacto de detergentes, sol y altas temperaturas. Ellos son químicamente y foto químicamente estables y son extremadamente persistente en ambientes naturales. La producción anual mundial de sintéticos materia

textil se ha estimado en tener más de 1×10^6 toneladas. Más de 10,000 tintes comercialmente diferentes disponibles se utilizan en la industria textil para teñido e impresión. Las tasas de fijación de varios tintes textiles no son 100% y alrededor del 30-70% de la cantidad de colorante solía ser eliminado en el efluente durante las operaciones de procesamiento en húmedo. La concentración estimada de los tintes en el efluente textil se informó que estaba en el rango de 10-200 mg L⁻¹. Los tintes textiles son químicamente diversos en naturaleza y están ampliamente divididos en azo, reactivo, trifenilmetano, heterocíclico, polimérico estructuras, etc. Entre los varios tipos de colorantes, el azo constituye alrededor del 70% y se utilizan ampliamente para teñir. Esto hace de ello el grupo más grande e importante de colorantes sintéticos liberados en el medio ambiente.

Según Vivekanandan et. al. (2013), los colorantes azoicos son colorantes ampliamente conocidos que se usan en las industrias y, por lo tanto, se liberan comúnmente en el medio ambiente. Esta eliminación en ecosistemas acuosos conduce a la reducción de la penetración de la luz solar, por lo tanto, disminuye la actividad fotosintética, Oxígeno disuelto y representa graves problemas ambientales. Además de esto, el impacto en términos de demanda química de oxígeno (DQO), muchos tintes sintéticos muestran efectos tóxicos, carcinogénicos y genotóxicos. Se emplearon diversos métodos de tecnologías físicas y químicas para la remediación del efluente peligroso, pero siguen siendo inconvenientes. Como una alternativa en uso, la bioremediación es una técnica efectiva, que es respetuosa con el medio ambiente, rentable, tiene menos propiedades de producción de lodo.

Según Shraddha et. al. (2016) entre varias industrias, las industrias textiles son las principales contribuyentes de la contaminación del agua. Las industrias textiles descargan sus efluentes en un recurso hídrico que se compone de una gran cantidad de tintes sin fijar perdidos durante el proceso de teñido. Se fabrican aproximadamente diez mil diferentes tipos de tintes, entre los que se consume una gran cantidad anualmente en todo el mundo. Los tintes se vuelven deliberadamente recalcitrantes para que no puedan eliminarse fácilmente de los textiles. Se usan tintes sintéticos diferentes a nivel mundial que generalmente contienen enlaces azo. Los colorantes azoicos son la clase de colorantes que se usan ampliamente sin tener en cuenta su toxicidad. El enlace $-N = N-$ presente en estos colorantes los hace tóxicos por naturaleza. Los subproductos formados después de la reacción no pueden degradarse fácilmente con una sola técnica.

Según López, Moreira (2007), la creciente industrialización de la sociedad hace que cada día cobren mayor importancia los residuos generados en los distintos procesos industriales. La utilización de colorantes textiles resistentes a la degradación, generando efluentes coloreados debiendo ser degradados previamente antes de su vertido. El interés del colorante tipo azo en su degradación cobra especial importancia, debido a que estos representan el 70% de la producción mundial de colorantes siendo los más perjudiciales al ambiente, ya que pueden dar lugar a aminas de carácter cancerígeno. Se tiene referencia que los colorantes azoicos presentan un carácter cancerígeno potencial, de los cuales 3000 colorantes azo comerciales han sido determinados como cancerígenos.

Según López (2015), las características de las aguas residuales industriales textiles dependerán del proceso y las operaciones que se realicen, inicialmente de acuerdo al tipo de fibra a tratar y la maquinaria utilizada. Se debe tener en cuenta que en la industria textil se utiliza productos químicos como aditivos como parte del tratamiento previo, teñido y acabado.

Según Tinoco et. al. (2011), los volúmenes de agua empleados en los procesos industriales textiles varía en forma considerable, dependiendo de la relación de baño de acuerdo al tipo de fibra y al del tipo de maquinaria utilizada.

Las aguas residuales textiles según Hernández et.al. (2004) cuentan con altas concentraciones de: materia orgánica, sólidos totales, detergentes y color, así como diferentes rangos de pH, dependiendo del tipo de fibra a teñir.

Según Crespi y Huertas (1987) los efluentes textiles, contienen:

Materias flotantes: Las grasas, aceites y espumas, disminuyen el crecimiento de la flora acuática impidiendo la penetración de la luz. Los aceites afectan a la re aireación de los cursos de agua, destruyen la vegetación natural y son tóxicos para la vida acuática animal y vegetal. No en todos los procesos de la industria textil se genera o se necesita grasas o aceites. Sin embargo, el tenso activo que se utilizan puede ocasionar espumas.

Impurezas disueltas: Se pueden encontrar en las aguas residuales textiles como: álcalis, ácidos, reductores, oxidantes, colorantes y productos auxiliares siendo ellos en la mayor proporción solubles en muestras de agua. Los compuestos reductores y la materia orgánica disuelta consumen el oxígeno del cauce provocando la muerte de los organismos acuáticos.

Algunos de los productos contaminantes disueltos pueden ser además tóxicos, como los derivados fenólicos, transportadores de tintura, cromo, grasas, aceites, metales pesados, etc. produciendo entonces un efecto mucho más agudo sobre el cauce receptor.

La clasificación cualitativa de los contaminantes provenientes de los efluentes industriales textiles, nos indica la presencia de impurezas solubles, y escasa de materias en suspensión coloidales, lo que nos indica que los procesos mediante floculación química en algunos casos no serían efectivos si se aplican directamente sobre estos efluentes.

2.3.2.3 Materia orgánica

Henry et. al. (1999), nos dice que las proteínas y carbohidratos constituyen el 90% de la materia orgánica de las aguas negras domésticas.

Las fuentes de estos contaminantes biodegradables incluyen los excrementos y orina humanos, los residuos de alimentos de los fregaderos, el polvo y la suciedad procedente del baño y del lavado de ropa, más varios jabones, detergentes y otros productos de limpieza.

La materia orgánica necesita oxígeno para convertir en materia oxidable y en producto finales estables. Puesto que el oxígeno que se consume es proporcional a materia oxidable presente, sirve como una medida relativa de la concentración de las aguas residuales. Los dos

métodos de uso más frecuentes para determinar las necesidades de oxígeno de las aguas residuales son la prueba de DQO y DBO. La demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes; la demandas bioquímicas de oxígeno (DBO) es la cantidad medida de oxígeno que requiere microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales.

2.3.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno

El DBO es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica, como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador de rendimiento de los procesos.

Cuanto mayor es el DBO, más materia orgánica está presente, mayor es el problema que crea la descomposición de la misma.

2.3.2.5 Demanda química de oxígeno (DQO)

Según Guerrero (2003), capacidad de la materia orgánica en una muestra de agua natural de consumir oxígeno o la cantidad de oxígeno que necesita esa agua para descomponer todos los materiales biodegradables presentes en ella. Se determina analizando la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua antes y después de mantenerla cerrada, en la oscuridad, y a una temperatura constante junto el con el material orgánico, (p.85).

Lo que ocurre en el proceso es un consumo de oxígeno por parte de dicha materia orgánica. Los ensayos de DBO, normalizados son específicos de un PH de 7.2, si no se recomienda ajustarlo.

Es la medida cuantitativa de la cantidad de oxígeno requerida para oxigenar, químicamente la materia orgánica presente en el agua residual utilizando como oxidantes el permanganato o dicromato sódico en medio ácido y a altas temperaturas.



Según Ramalho (2014), “Los valores de DQO son más altos que el DBO, debido a que muchos de los compuestos orgánicos oxidados por el dicromato no son oxidables bioquímicamente, que ciertos iones inorgánicos como los sulfuros (S^{-2}), ti sulfatos ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), sulfitos (SO_3^{2-}), nitritos (NO_2^-) y el ion ferroso (Fe^{+2}) son oxidados por el dicromato de potásico, lo cual significa que son determinados en el DQO sin embargo no son detectados por el DBO”, (p.28).

“El DQO es un parámetro útil para la concentración orgánica en aguas residuales industriales toxicas a la vida biológica y se puede realizar en tres horas”. (Londoño & Marín, 2009, p. 35).

2.3.2.6 Sólidos suspendidos totales

Alcántara (1999), son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos afectan a la calidad del agua se mide en NTU.

La determinación de los sólidos es importante en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido.

Gran parte de sólidos está constituido por materia orgánica.

Sólidos.

Según Glynn y Gary (1999), los sólidos totales (orgánicos más inorgánicos) de las aguas residuales son por definición, los residuos que quedan una vez que la parte líquida se ha evaporado y el remanente se ha secado a peso constante a 103 °C.

Los sólidos disueltos y no disueltos (esto es, suspensión) evaporando muestras de aguas residuales filtradas y sin filtrar. La diferencia de peso entre las dos muestras secas indica el contenido de sólidos en suspensión.

A fin de clasificar mejor aún mejor los residuos, se mantiene a 550 °C durante 15 min. Se considera que las cenizas residuales representan los sólidos inorgánicos y que la pérdida de la materia volátil es una medida de contenido orgánico.

Tabla 6

Sólidos en aguas residuales

Muestra			
	Sólidos totales (Residuos a 103°C)	Inorgánicos (Residuos a 550°C)	Orgánicos (Perdida a 550 °C)
Sin filtrar	Sólidos totales(ST)	Sólidos totales fijos.	Sólidos
(En suspensión + disueltos).	Sólidos totales disueltos(STD)	Sólidos fijos disueltos	Totales volátiles.
Filtrada(disueltos)			Sólidos volátiles disueltos.
Por diferencia	Sólidos en suspensión(SS)		Sólidos volátiles en suspensión (SVS)

Fuente: Glynn y Gary (1996) p.423.

Sólidos sedimentables.

Cantidad de sólidos presentes en las aguas residuales que pueden ser removidos mediante procesos ordinarios de sedimentación.

Según Glynn y Gary (1999), menciona que los parámetros que causan problema en el tratamiento son el color, la espuma y el calor. No solo son objetables por razones estéticas, también limitan la penetración de la luz y pueden reducir los niveles de oxígeno disuelto y todo lo que puede alterar el equilibrio ecológico natural del agua.

2.3.2.7 Fito remediación de los efluentes industriales textiles (tratamiento de la contaminación orgánica).

Según Delgadillo et. al. (2011), menciona que la Fito remediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos estos asociados a ellas, utilizan las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes. Una de las plantas acuáticas estudiadas por Mkandawire y Gert-Dudel (2007), es la *Lemna* spp. Que se encuentra entre los organismos de prueba más estandarizados en eco toxicología acuática y su uso en la Fito remediación.

2.4. Sistema de hipótesis y variables

2.4.1 Hipótesis

Hipótesis general

El uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

El tiempo de contacto con Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Hipótesis específica 2

La cantidad de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.

2.4.2. Sistema de variables:

Variable independiente: Lemna Minor.

Variable dependiente: Contaminación orgánica de los efluentes industriales.

2.5. Operacionalización de variables (Dimensiones e indicadores)

2.5.1 Lemna Minor

Según Martelo(2012),es una planta que tiene la capacidad de degradar la materia orgánica y absorber algunos metales pesados como cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y selenio.

Dosis de Lemna Minor

Cantidad de Lemna Minor usada en el tratamiento, Wikipedia (31/03/17).

En la investigación se planteara el tratamiento, teniendo en cuenta dos cantidades diferentes de Lemna Minor.

Tiempo de contacto

Unidad de tiempo donde una sustancia está en contacto con un líquido, antes de ser eliminada por la presencia de un cambio químico.

En la investigación realizada está en función del tiempo en contacto con la Lemna Minor y el efluente industrial de Cotexsur (Lurín) ,2017.

2.5.2. Contaminación orgánica de efluentes industriales

Según (Martín, Antonio, y Santamaría, 2004. Diccionario terminológico de contaminación ambiental).

Las aguas naturales contienen cantidades variables de materia orgánica como consecuencia de una serie de procesos naturales, de síntesis y degradación biológicas, y también de ciertas actividades del hombre. La materia orgánica produce efectos muy perniciosos y también secuelas desagradables, de ahí la preocupación por la medida y control de la contaminación por sustancias orgánicas, en especial de los efluentes industriales.

La contaminación orgánica de los efluentes de Cotexsur se medirá con los siguientes parámetros: DBO, DQO y SST.

Tabla 7

Operacionalización de la variable Lemna Minor.

Dimensiones	Indicadores	Valor Final	Tipo de variable
Dosis de Lemna Minor	Peso	Kilogramos	Numérica Continua
Tiempo de contacto adsorción	Tiempo	Días	Numérica Discreta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Operacionalización de la variable contaminación orgánica de efluentes industriales.

Dimensiones	Indicadores	Valor Final	Tipo de variable
Demanda Química de Oxígeno	Concentración	ppm	Numérica Continua
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Concentración	ppm	Numérica Continua
Sólidos Suspendidos Totales	Concentración	ppm	Numérica Continua

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Enfoque de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, el método aplicado es el Hipotético Deductivo. Es secuencial y probatorio. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño), se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la (s) hipótesis. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.4).

3.1.2. Alcance o nivel

La investigación es de tipo aplicada, según Hernández et al. (2010), tiene como fin “resolver problemas”, prologo (p. XXVII). Por el nivel es Explicativo.

Según la Finalidad:

Es una investigación Aplicada. El propósito fue de realizar aportaciones al conocimiento teórico. (Ferrer, 2010).

3.1.3. Diseño

El diseño es experimental y se define como “estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen” (Hernández et al., 2010, p.121) “además se pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (Hernández et al., 2010, p.122).

Por lo expuesto la investigación es experimental debido a que se manipula la variable independiente. Se busca explicar en qué medida afecta la relación del tratamiento con Lemna Minor y la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur.

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población

“Población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Hernández et al., 2010, p. 174).

La presente investigación se ha basado en el volumen de las aguas residuales que elimina Cotexsur después del proceso de teñido (Lurín).

3.2.2. Muestra

La muestra fue considerada de acuerdo a la conveniencia. Los criterios previamente evaluados, tipos de análisis realizados y el tratamiento planteado, por lo cual la muestra fue no probabilística.

El volumen total de muestra fue de 70 litros provenientes de los efluentes industriales textiles de Cotexsur. Estos 70 litros serán divididos en 3 tipos de tratamientos: 100g ,200g y 300g de Lemna Minor.

Los análisis se llevaron a cabo en la Universidad Autónoma del Perú, considerándose las repeticiones.

La caracterización del efluente ha sido tomada en cuenta según los parámetros establecidos en el DS.001-2015 Vivienda.

3.2.3. Muestreo

La muestra a tomar será no probabilística intencionado y “es aquella que el investigador selecciona según su propio criterio, sin ninguna regla matemática o estadística” (Carrasco, 2015, p.243).

El muestreo se tomó en las pozas de salida (fig. 38), Se encuentra ubicado en la avenida eucaliptos Mz. D lote. 12, Urb. Sta. Genoveva Lurín dirección de Industriales Cotexsur, teniendo en cuenta la R.M.N⁰ 026-2000-MITINCI Protocolos de monitoreo de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas donde describe los procedimientos de muestreo, metodología de análisis, trabajos de campo, entre otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Relatos y descripción de la realidad observada.

Técnicas e Instrumentos

Para la recolección de datos se tomó en cuenta el anexo N° 1 formato de ficha de observación que permitió tener mejor control sobre los datos que permitieron la caracterización de los efluentes de Cotexsur.

Para la obtención de las concentraciones de los parámetros se utilizaron los siguientes equipos:

- Potenciómetro HI 2210.
- Digestor de DQO DRB 200.
- Colorímetro DR 900.
- Equipo para determinación de DBO.
- Balanza analítica NBL 124 E.
- Estufa de esterilización y secado digital DHG 9023 A.
- Desecador tapa botón, 150 mm.

Los equipos y materiales para los análisis fueron proporcionados por el laboratorio de la Universidad Autónoma del Perú, los cuales permitieron determinar: PH, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno y Solidos Suspendidos totales.

Procedimiento de preparación de muestras

Se realizó una tabla para tener un orden en los análisis de las muestras.

Tabla 9

Numero de muestra vs parámetro a analizar.

Nº	DBO	DQO	SST
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Fuente propia

1^{ro} Recolección e identificación de Lemna Minor

De las lagunas colindantes a los pantanos de villa en el distrito de Chorrillos se recolectaron las muestras de Lemna Minor que serán utilizados en las corridas experimentales teniendo en cuenta las siguientes condiciones (ver Fig. 36):

- Que tenga una buena pigmentación
- Que no presenten ninguna anomalía en ninguna de sus partes.

El laboratorio donde se realizó los análisis, cuenta con una ventilación adecuada y entrada de rayos solares.

La temperatura y humedad en las corridas experimentales fueron:

- Temperatura máxima: 21°C
- Temperatura mínima: 18°C
- Humedad: 89%

2^{do} Recolección y análisis de muestras de los efluentes industriales de Cotexsur.

El análisis de aguas residuales se realizó según los métodos estandarizados (Standard Methods for the examination wáter and wastewater, APHA) y los instrumentos, equipos, reactivos; que son recomendados en los métodos.

En la tabla 10 se detalla el método o técnica que se aplicó para cada parámetro de análisis.

Tabla 10

Protocolo de monitoreo de calidad sanitaria

Parámetros/ Dimensión de la variable dependiente	Método/Técnica	Material de frasco
Demanda Bioquímica de oxígeno	Dilución	P o V
Demanda Química de Oxígeno	Colorimétrico	P o V
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico.	P o V
PH	Electrométrico	Determinación en campo.

V(vidrio); P(plástico)

Fuente: DIGESA

Los datos que se obtendrán en la investigación serán analizados de esta manera:

- Determinación de demanda química de oxígeno (DBO)
- Determinación química de oxígeno(DQO)
- Determinación de sólidos suspendidos totales(SST)

La concentración de los sólidos suspendidos totales se realizó mediante el método gravimétrico según se detalla a continuación:

Se colocó en el equipo de filtración a vacío la membrana de vidrio.

Los métodos que se usaron fueron cuantitativos para realizar una correcta comparación de los resultados iniciales y finales después de cada tratamiento y obtener la influencia de las cantidades de Lemna Minor.

4.2. Análisis descriptivos.- A continuación se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación:

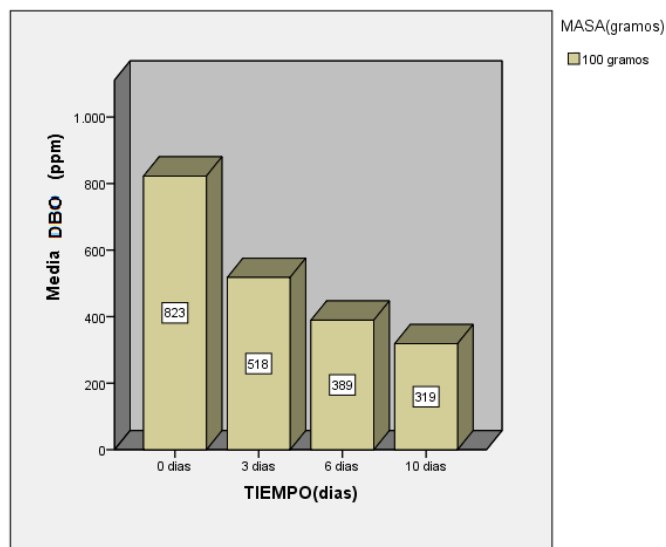
Tabla 11

Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DBO (ppm)
100	0	823
100	3	518
100	6	389
100	10	319

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 y figura 5, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda bioquímica de oxígeno DBO, para una masa en contacto de 100 g de Lemna Minor, la concentración promedio DBO en el tiempo inicial fue de 823 ppm ; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda bioquímica de oxígeno disminuye a 518 ppm; para 6 días de tratamiento la concentración de DBO fue 369 ppm y para 10 días se obtiene que la concentración del DBO fue reducido hasta una concentración de 319 ppm.

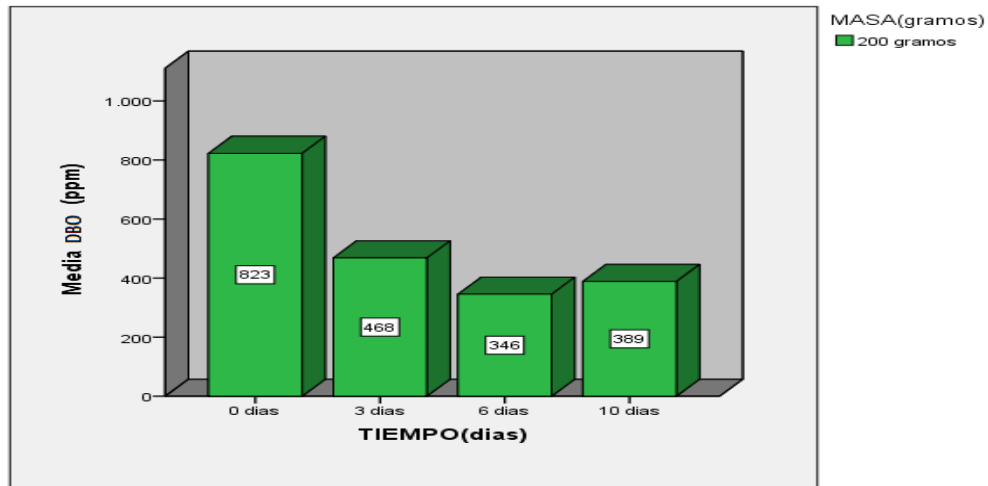
Tabla 12

Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para Masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DBO (ppm)
200	0	823
200	3	468
200	6	346
200	10	389

Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 y figura 6, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda bioquímica de oxígeno DBO, para una masa en contacto de 200 g de Lemna Minor, la concentración promedio para el tiempo inicial de contacto fue de 823 ppm; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda bioquímica de oxígeno disminuye a 468 ppm; para 6 días de tratamiento la concentración de DBO disminuye a 346 ppm y para 10 días se obtiene la concentración del DBO fue reducido hasta una concentración de 389 ppm.

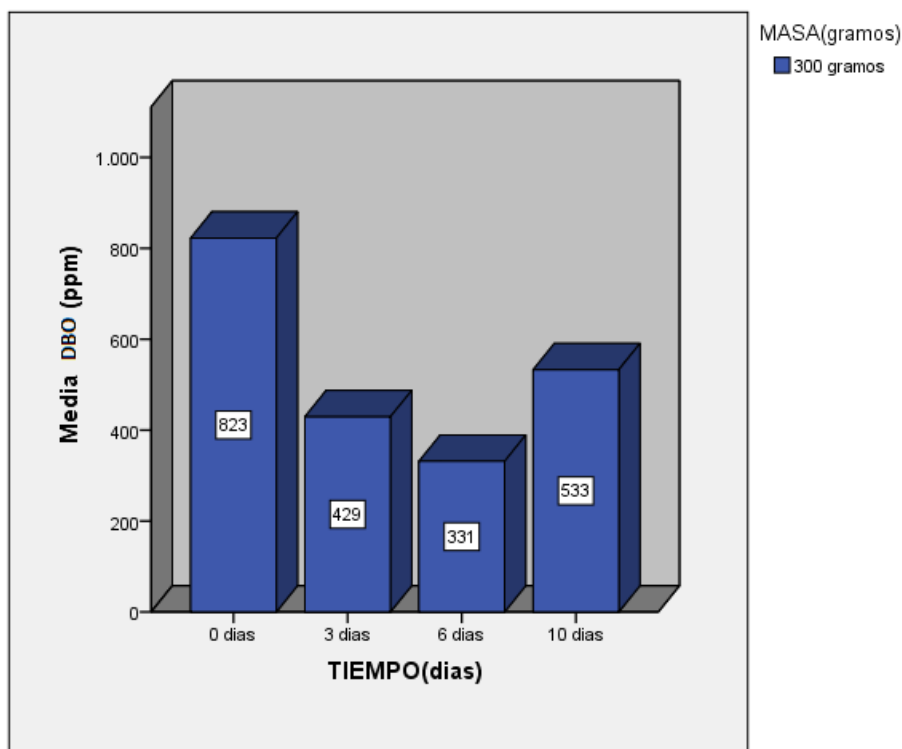
Tabla 13

Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DBO (ppm)
300	0	823
300	3	429
300	6	331
300	10	533

Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 y figura 7, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda bioquímica de oxígeno DBO para una masa en contacto de 300 g de Lemna Minor, la concentración promedio para el tiempo inicial de tratamiento fue de 823 ppm ; al estar en

contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda bioquímica de oxígeno DBO disminuye a 429 ppm; para 6 días de contacto la concentración de DBO fue 331 ppm y para 10 días se obtiene la concentración del DBO de 533 ppm.

Tabla 14

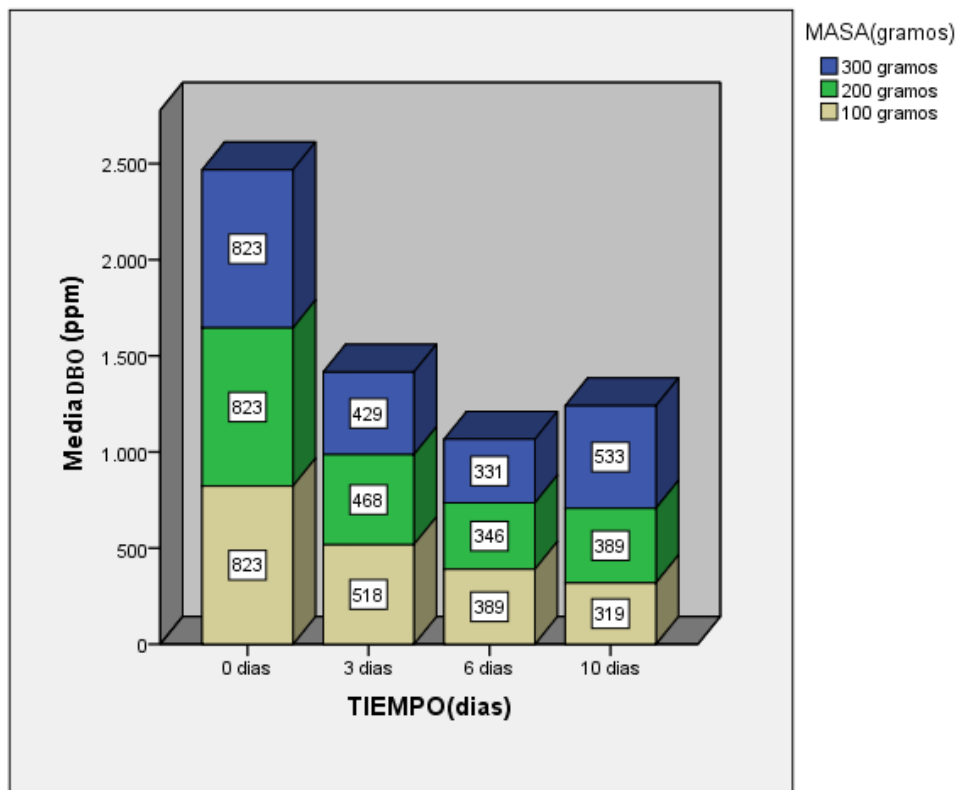
Distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.

MASA (gramos)	TIEMPO (días)	Media DBO (ppm)	Desviación estándar	N
100 gramos	0 días	822,57	26,018	7
	3 días	517,71	34,028	7
	6 días	389,43	29,205	7
	10 días	318,57	20,354	7
	Total	512,07	198,242	28
200 gramos	0 días	822,57	26,018	7
	3 días	468,29	34,898	7
	6 días	345,57	33,125	7
	10 días	388,57	30,237	7
	Total	506,25	193,563	28
300 gramos	0 días	822,57	26,018	7
	3 días	429,43	27,367	7
	6 días	331,43	15,736	7
	10 días	532,86	17,995	7
	Total	529,07	188,367	28
Total	0 días	822,57	24,683	21
	3 días	471,81	48,041	21
	6 días	355,48	36,049	21
	10 días	413,33	94,092	21
	Total	515,80	191,336	84

En la tabla 14, se observa la distribución de medias de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento a diferentes masas de Lemna Minor, los

resultados obtenidos según ANOVA se obtiene que la mayor disminución de la concentración de la DBO fue para una masa de 100 g de Lemna Minor y 10 días de tratamiento con disminución de concentración de la demanda bioquímica de oxígeno de 823 ppm hasta 319 ppm.

Figura 8 Niveles promedio de concentración de DBO vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se observa la disminución de la concentración promedio de DBO para un tiempo de tratamiento de 10 días y masa de 100 Lemna Minor g de desde 823 a 319 ppm. Con un tratamiento de Lemna Minor de 200 g disminuye la concentración de la DBO en 6 días desde 823 ppm a 346 ppm y luego se incrementa en 10 días hasta 389 ppm, el mismo comportamiento

se obtiene para un tratamiento con 300 g de Lemna Minor, la concentración de la DBO disminuye en 6 días de 823 ppm a 331 ppm, llegando a la conclusión: se obtiene un mejor tratamiento de la contaminación orgánica expresado como DBO con una masa de 100 g de Lemna Minor.

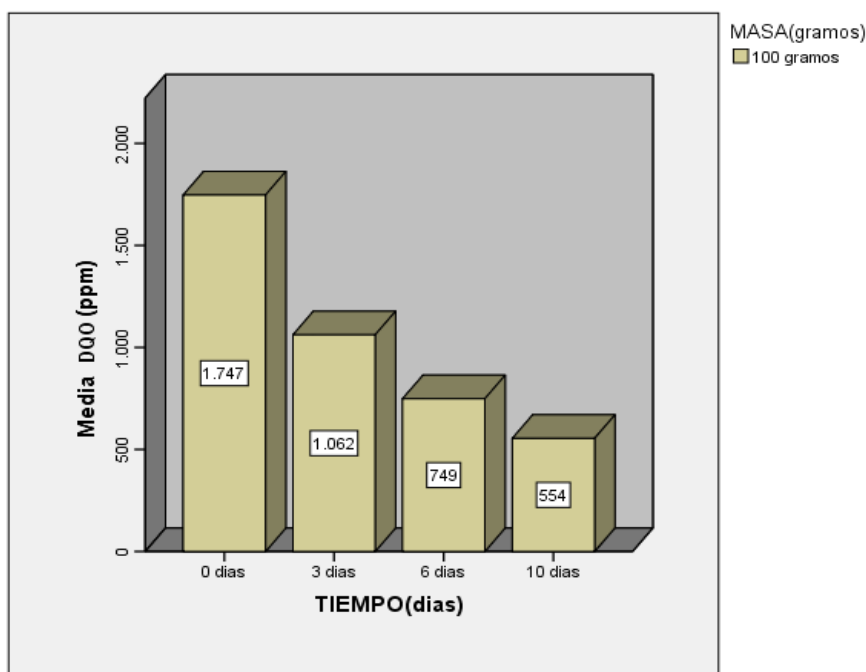
Tabla 15

Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DQO (ppm)
100	0	1747
100	3	1062
100	6	749
100	10	554

Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 y figura 9, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda química de oxígeno para un

tratamiento con una masa de Lemna Minor de 100 g de Lemna Minor, la concentración promedio en el tiempo inicial fue de 1747 ppm ; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda química de oxígeno disminuye a 1062 ppm; para 6 días de contacto la concentración de DQO fue 749 ppm y en 10 días se obtiene una concentración de DQO de 554 ppm, obteniéndose una reducción considerable.

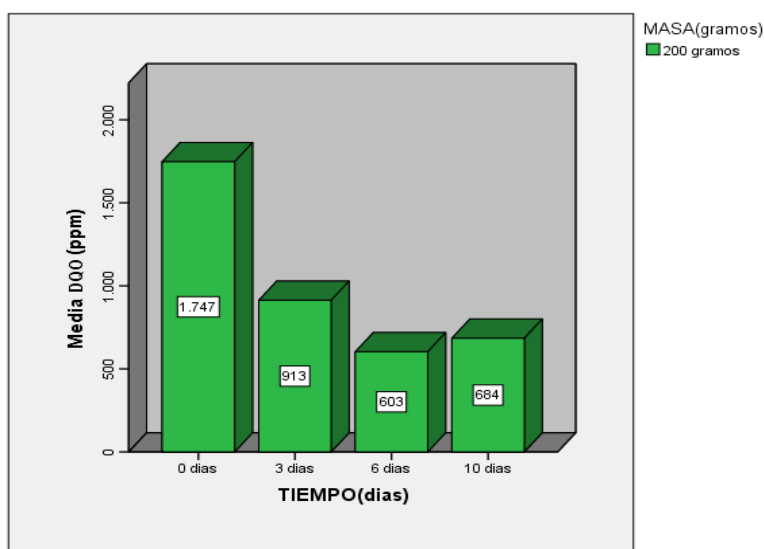
Tabla 16

Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DQO (ppm)
200	0	1747
200	3	913
200	6	603
200	10	684

Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 y figura 10, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda química de oxígeno para un tratamiento con una masa de Lemna Minor de 200 g de Lemna Minor ,la concentración promedio en el tiempo inicial fue de 1747 ppm ; al estar en contacto con Lemna Minor un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda química de oxígeno disminuye a 913 ppm; para 6 días de contacto con Lemna Minor la concentración de DQO fue 603 ppm y para 10 días se obtiene un incremento en la concentración del DQO hasta 684 ppm.

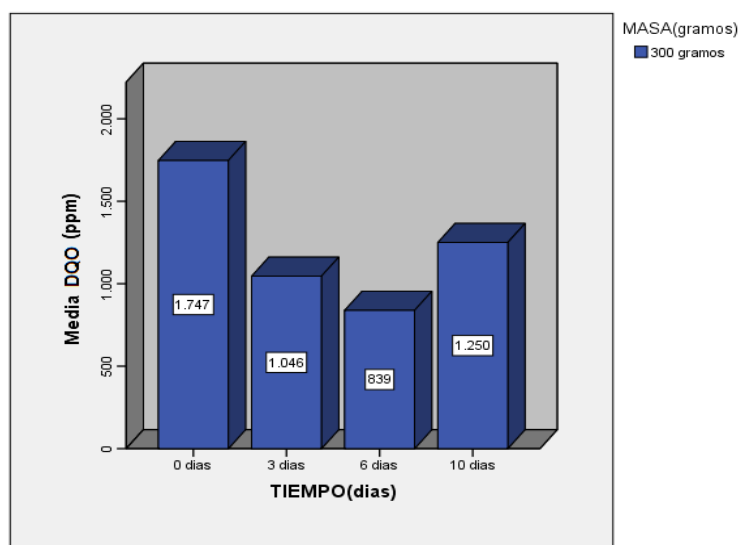
Tabla 17

Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media DQO (ppm)
300	0	1747
300	3	1046
300	6	839
300	10	1250

Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 y figura 11, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de la demanda química de oxígeno para una masa en contacto de 300 g de Lemna Minor, la concentración promedio en el tiempo inicial fue de 1747 ppm ; al estar en contacto con Lemna Minor un periodo de 3 días la concentración promedio de la demanda química de oxígeno disminuye a 1046 ppm; para 6 días de contacto la concentración de DQO fue 839 ppm y para 10 días se obtiene un incremento en la concentración del DQO hasta 1250 ppm.

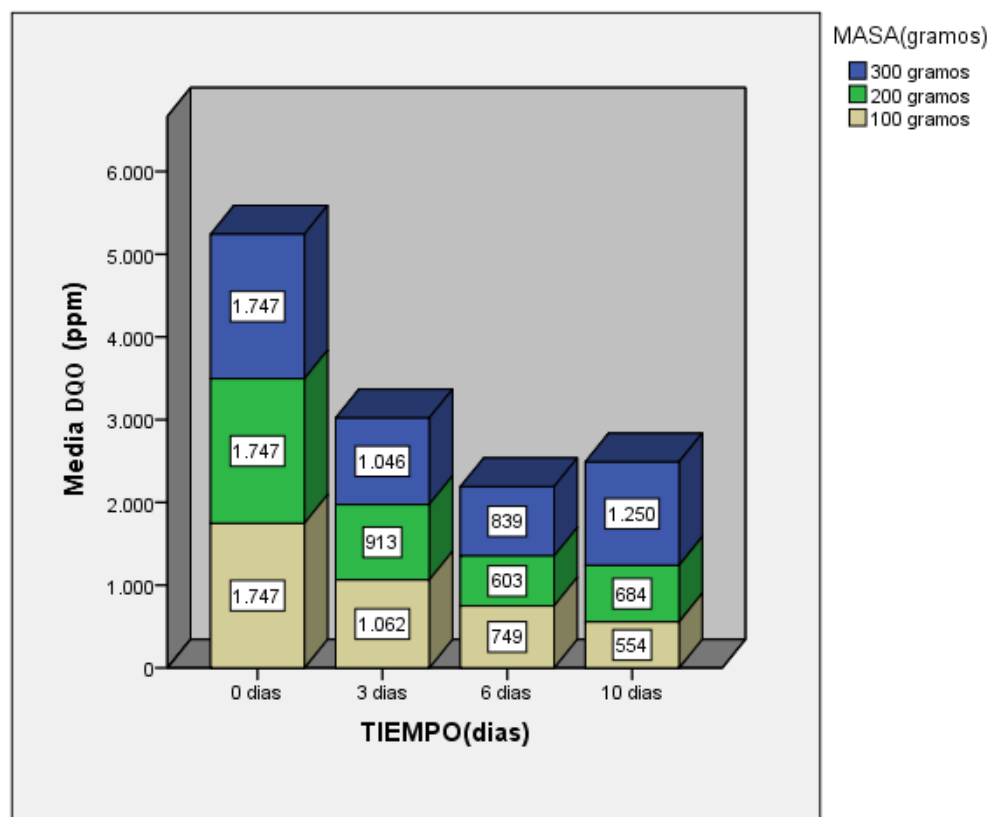
Tabla 18

Distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.

MASA (gramos)	TIEMPO (días)	Media DQO (ppm)	Desviación estándar	N
100 gramos	0 días	1747,14	85,968	7
	3 días	1061,71	59,905	7
	6 días	748,57	86,877	7
	10 días	554,29	76,345	7
	Total	1027,93	467,129	28
200 gramos	0 días	1747,14	85,968	7
	3 días	912,86	59,362	7
	6 días	602,86	51,223	7
	10 días	684,29	61,606	7
	Total	986,79	465,936	28
300 gramos	0 días	1747,14	85,968	7
	3 días	1045,71	58,838	7
	6 días	838,57	49,473	7
	10 días	1250,00	96,609	7
	Total	1220,36	350,571	28
Total	0 días	1747,14	81,556	21
	3 días	1006,76	88,581	21
	6 días	730,00	117,004	21
	10 días	829,52	318,535	21
	Total	1078,36	438,263	84

En la tabla 18, se observa la distribución de medias de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento a diferentes masas de Lemna Minor, los resultados obtenidos según ANOVA se determinó que la mejor reducción de la concentración de DQO fue con una masa de 100 g de Lemna Minor y 10 días de tratamiento; la demanda química de oxígeno se redujo de 1747 ppm hasta 554 ppm.

Figura 12 Niveles promedio de concentración de DQO vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, se observa que la mayor reducción de la concentración promedio del DQO para un tiempo de tratamiento de 10 días y una masa de 100 g de 1747 hasta 554 ppm. Con un tratamiento de Lemna Minor de 200

g disminuye la concentración de la DQO en 6 días desde 1747 a 603 ppm y luego se incrementa en 10 días hasta 684 ppm, el mismo comportamiento se obtiene para un tratamiento con 300 g de Lemna Minor, la concentración de la DQO disminuye en 6 días de 1747 a 639 ppm, llegando a la conclusión que se obtiene un mejor tratamiento de la contaminación orgánica expresado como DQO con una masa de 100 g de Lemna Minor.

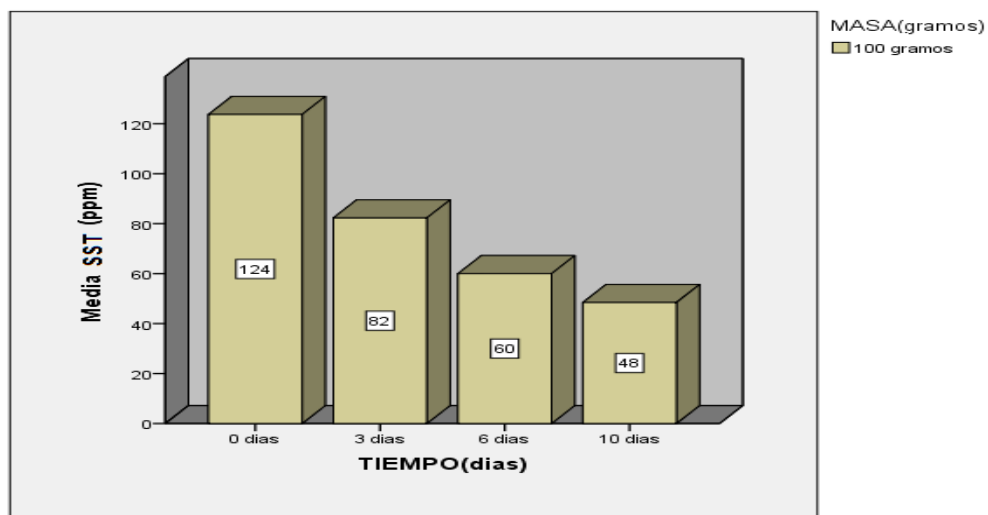
Tabla 19

Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media SST (ppm)
100	0	124
100	3	82
100	6	60
100	10	48

Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 y figura 13, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de los sólidos suspendidos totales para un tratamiento con una masa de 100 g de Lemna Minor, la concentración promedio de SST inicialmente fue de 124 ppm ; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de los SST disminuye a 82 ppm; para 6 días de contacto la concentración de SST 60 ppm y en 10 días se obtiene una concentración de SST a 48 ppm, obteniéndose una reducción considerable.

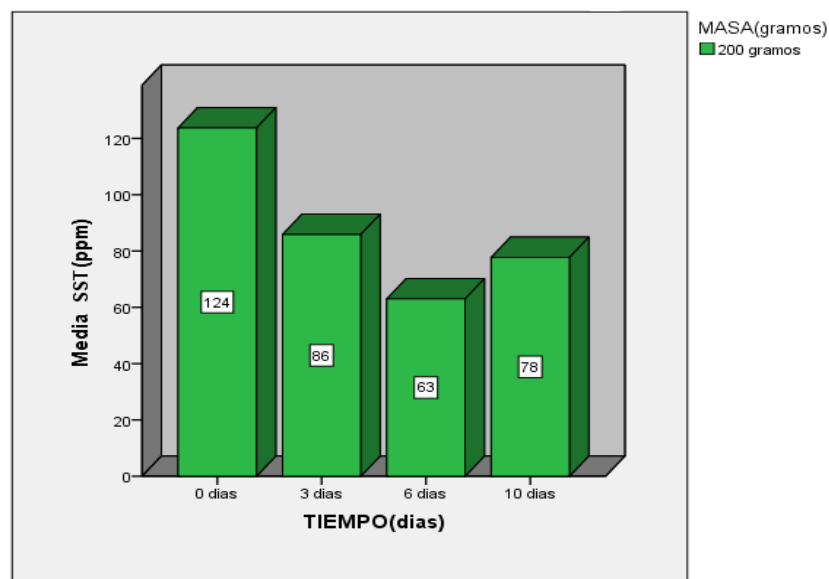
Tabla 20

Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media SST (ppm)
200	0	124
200	3	86
200	6	63
200	10	78

Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 y figura 14, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de los sólidos suspendidos totales para un tratamiento con una masa de 200 g de Lemna Minor, la concentración promedio de SST inicialmente fue de 124 ppm ; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de los SST disminuye a 86 ppm; para 6 días de contacto la concentración de SST 63 ppm y en 10 días se obtiene una concentración de SST a 78 ppm, obteniéndose una reducción considerable.

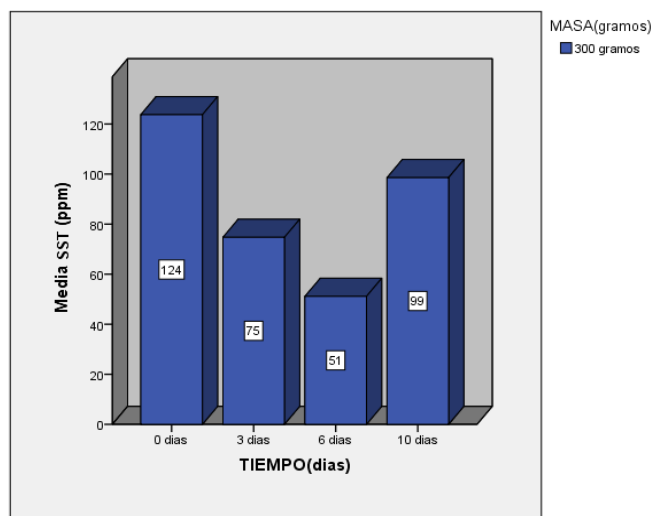
Tabla 21

Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Tiempo (días)	Media SST (ppm)
300	0	124
300	3	75
300	6	51
300	10	99

Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 y figura 15, se observa la disminución de las concentraciones promedio en función del tiempo de los sólidos suspendidos totales para un tratamiento con una masa de 300 g de Lemna Minor, la concentración promedio de SST inicialmente fue de 124 ppm ; al estar en contacto un periodo de 3 días la concentración promedio de los SST disminuye a 75 ppm; para 6 días de contacto la concentración de SST a 51 ppm y en 10 días se obtiene una concentración de SST a 99 ppm, obteniéndose un incremento.

Tabla 22

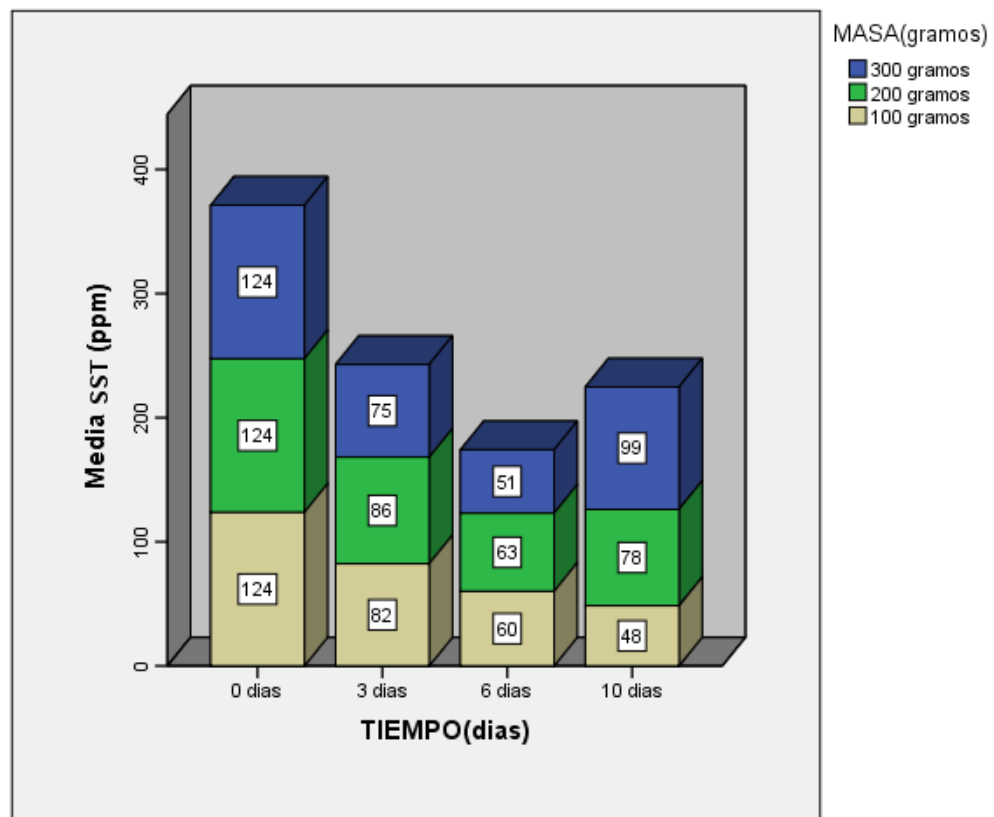
Distribución de Medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor

	MASA (gramos)	TIEMPO (días)	Media SST (ppm)	Desviación estándar	N
En la tabla 22, se	100 gramos	0 días	123,71	8,361	7
		3 días	82,29	6,157	7
		6 días	60,00	6,733	7
		10 días	48,43	4,685	7
		Total	78,61	29,930	28
	200 gramos	0 días	123,71	8,361	7
		3 días	85,86	6,283	7
		6 días	63,00	3,367	7
		10 días	77,71	4,923	7
		Total	87,57	23,524	28
	300 gramos	0 días	123,71	8,361	7
		3 días	74,71	7,544	7
		6 días	51,14	3,288	7
		10 días	98,57	2,507	7
		Total	87,04	28,083	28
	Total	0 días	123,71	7,932	21
		3 días	80,95	7,934	21
		6 días	58,05	6,845	21
		10 días	74,90	21,445	21
		Total	84,40	27,295	84

Fuente: Elaboración propia

observa la distribución de medias de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento a diferentes masas de Lemna Minor, los resultados obtenidos según anova se determinó que la mejor reducción de la concentración de SST fue con una masa de 100 g de Lemna Minor y 10 días de tratamiento; los SST se reduce de 124 ppm hasta 48 ppm.

Figura 16 Niveles promedio de concentración de SST vs tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, se observa que la mayor reducción de la concentración promedio de los SST un tiempo de tratamiento de 10 días y una masa de 100 g de 124 hasta 48 ppm. Con un tratamiento de Lemna Minor de 200 g disminuye la concentración de la SST en 6 días desde 124 a 63 ppm y luego se incrementa en 10 días hasta 78 ppm, el mismo comportamiento se

obtiene para un tratamiento con 300 g de Lemna Minor, la concentración de los SST disminuye en 6 días de 124 a 51 ppm y a los 10 días incrementa a 99 ppm, llegando a la conclusión que se obtiene un mejor tratamiento de la contaminación orgánica expresado como SST con una masa de 100 g de Lemna Minor.

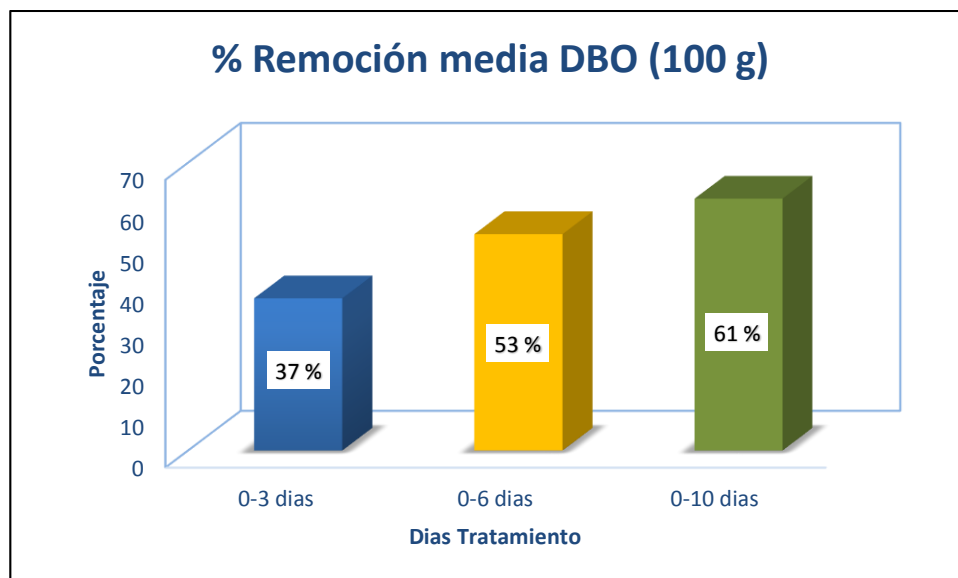
Tabla 23

Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DBO	% Remoción
100	0-3 días	37
100	0-6 días	53
100	0-10 días	61

Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Niveles promedio de % Remoción media concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 y figura 17, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda bioquímica de oxígeno DBO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 100 g de Lemna Minor, obteniéndose el 37% al tercer día de tratamiento, al sexto día 53% y al décimo día de tratamiento alcanzo 61 % de remoción media de DBO. Se concluye que para el tratamiento con una masa de 100 g de Lemna Minor la máxima remoción de DBO se obtiene al décimo día de tratamiento.

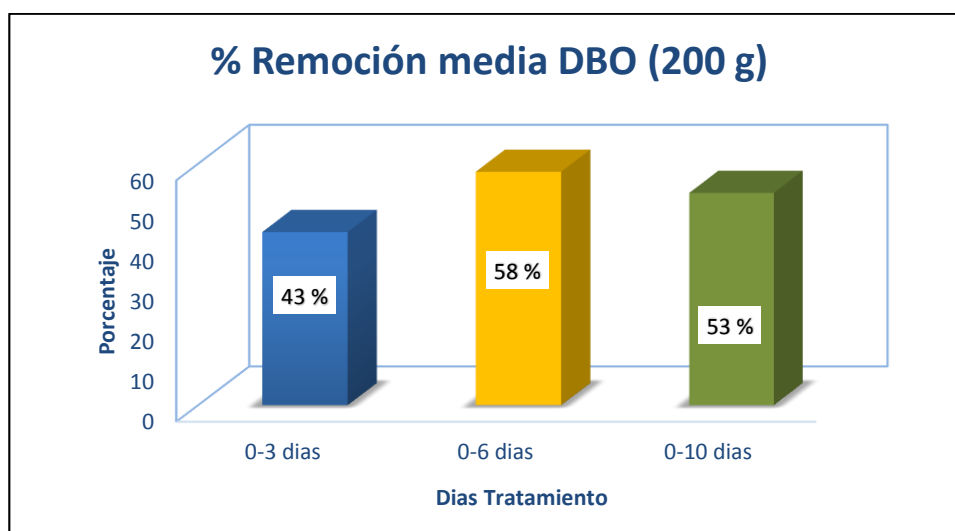
Tabla 24

Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DBO	% Remoción
200	0-3 días	43
200	0-6 días	58
200	0-10 días	53

Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Niveles promedio de % Remoción media concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 y figura 18, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda bioquímica de oxígeno DBO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 200 g de Lemna Minor, obteniéndose el 43% al tercer día de tratamiento, al sexto día 58% y al décimo día de tratamiento alcanzo 53 % de remoción media de DBO. Se concluye que para el tratamiento con una masa de 200 g de Lemna Minor la máxima remoción de DBO se obtiene al sexto día de tratamiento.

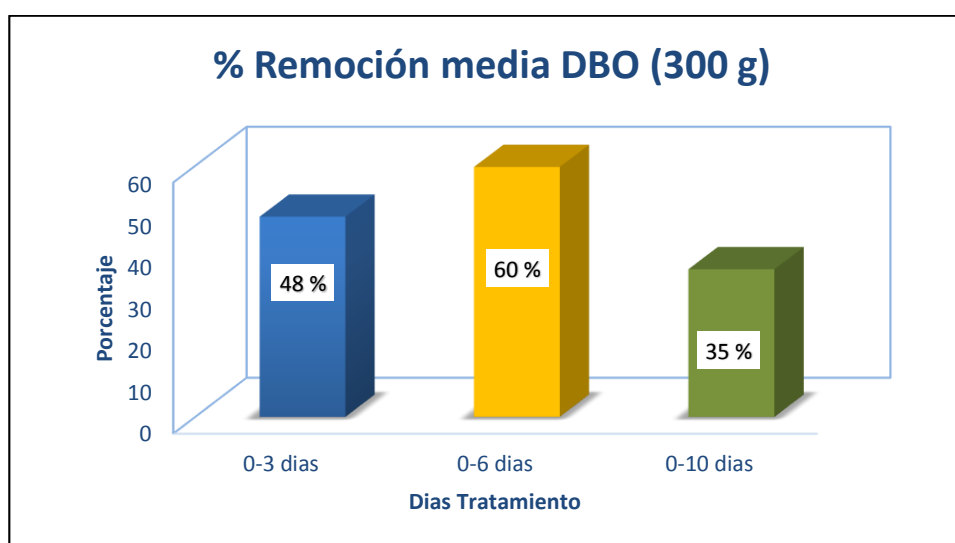
Tabla 25

Distribución de % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DBO	% Remoción
300	0-3 días	48
300	0-6 días	60
300	0-10 días	35

Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 y figura 19, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda bioquímica de oxígeno DBO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 300 g de Lemna Minor, obteniéndose el 48% al tercer día de tratamiento, al sexto día 60% y al décimo día de tratamiento alcanzo 35 % de remoción media de DBO. Se concluye que para el tratamiento con una masa de 300 g de Lemna Minor la máxima remoción de DBO se obtiene al sexto día de tratamiento.

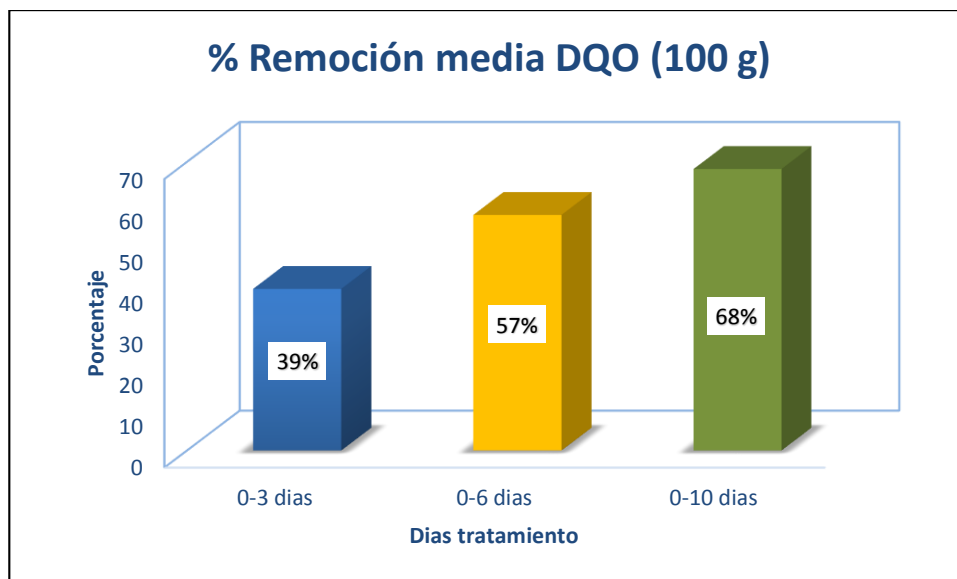
Tabla 26

Distribución de % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DQO	% Remoción
100	0-3 días	39
100	0-6 días	57
100	0-10 días	68

Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 y figura 20, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda química de oxígeno DQO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 100 g de Lemna Minor, obteniéndose el 39% al tercer día de tratamiento, al sexto día 57% y al décimo día de tratamiento alcanzo 68 % de remoción media de DQO. Se concluye que para el tratamiento con una masa de 100 g de Lemna Minor la máxima remoción de DQO se obtiene a los 10 días de tratamiento.

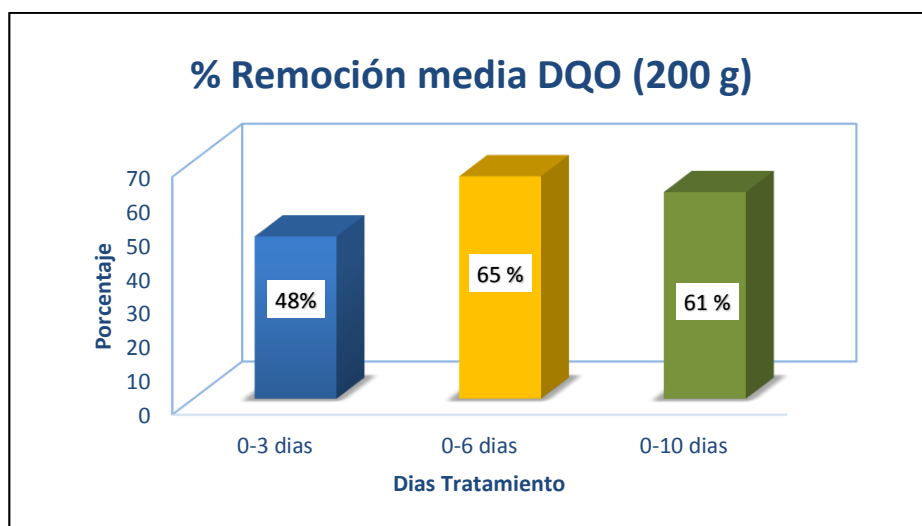
Tabla 27

Distribución de % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DQO	% Remoción
200	0-3 días	48
200	0-6 días	65
200	0-10 días	61

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente elaboración propia.

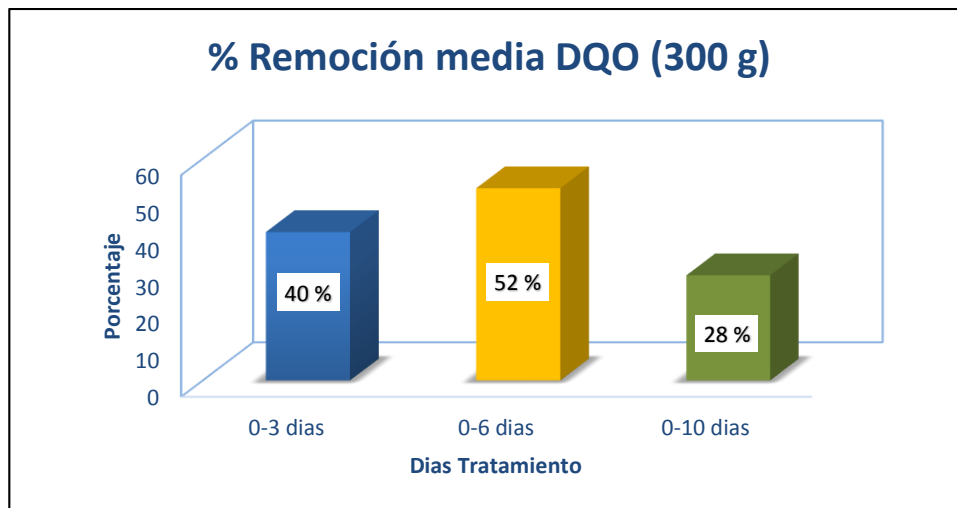
En la tabla 27 y figura 21, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda química de oxígeno DQO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 200 g de Lemna Minor, obteniéndose el 48% al tercer día de tratamiento, al sexto día un 65% y al décimo día de tratamiento alcanzo 61 % de remoción media de DQO. Se concluye que para el tratamiento con una masa de 200g de Lemna Minor la máxima remoción de DQO se obtiene en 6 días de tratamiento.

Tabla 28

Distribución de % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media DQO	% Remoción
300	0-3 días	40
300	0-6 días	52
300	0-10 días	28

Figura 22 Niveles promedio % Remoción media de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 y figura 22, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de la demanda química de oxígeno DQO vs el tiempo de tratamiento para una masa de tratamiento de 300 g de Lemna Minor, obteniéndose el 40% al tercer día de tratamiento, al sexto día un 52% y al décimo día de tratamiento alcanzo 28 % de remoción media de DQO.

Se concluye que para el tratamiento con una masa de 300g de Lemna Minor la máxima remoción de DQO se obtiene en 6 días de tratamiento.

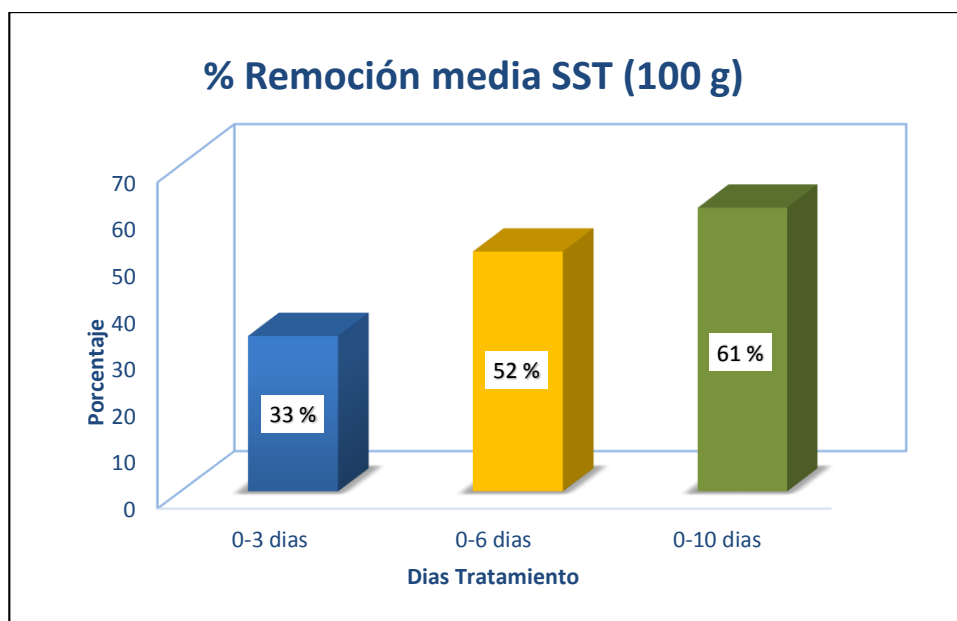
Tabla 29

Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media SST	% Remoción
100	0-3 días	33
100	0-6 días	52
100	0-10 días	61

Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



En la tabla 29 y figura 23, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento con una masa de tratamiento de 100 g de Lemna Minor, obteniéndose el 33% al tercer día de tratamiento, al sexto día un 52% y al décimo día de tratamiento un 61 % de remoción de SST. Se concluye que al incrementarse los días de tratamiento aumenta la concentración de solidos suspendidos totales.

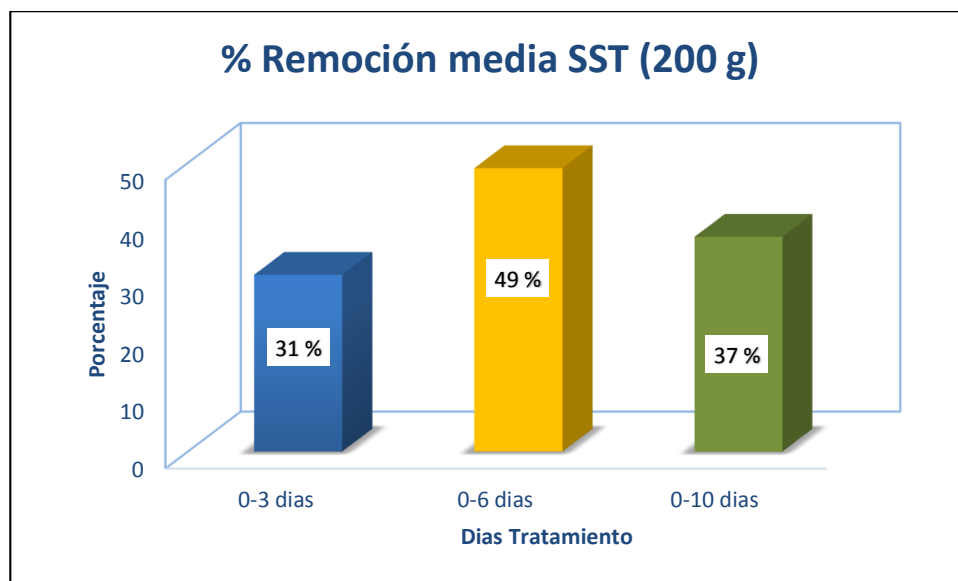
Tabla 30

Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media SST	% Remoción
200	0-3 días	31
200	0-6 días	49
200	0-10 días	37

Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



En la tabla 30 y figura 24, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento con una masa de tratamiento de 200 g de Lemna Minor, obteniéndose el 31% al tercer día de tratamiento, al sexto día un 49% y al décimo día de tratamiento un 37 % de remoción de SST. Se concluye que al incrementarse los días de tratamiento aumenta la concentración de solidos suspendidos totales.

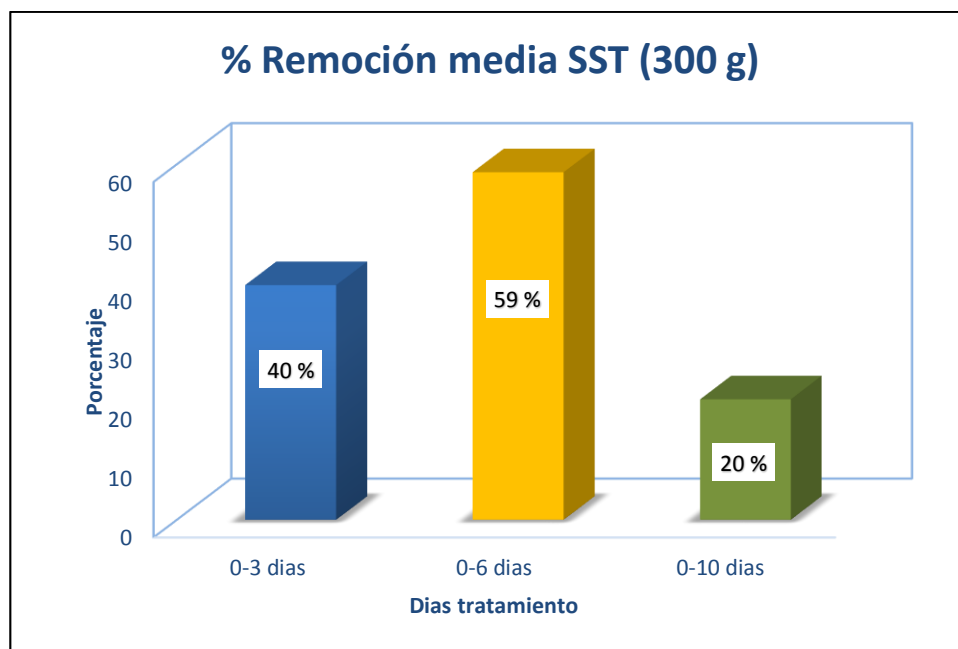
Tabla 31

Distribución de % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Masa Lemna Minor (g)	Media SST	% Remoción
300	0-3 días	40
300	0-6 días	59
300	0-10 días	20

Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Niveles promedio % Remoción media de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



En la tabla 31 y figura 25, se observa los niveles promedio de % remoción de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento con una masa de tratamiento de 300 g de Lemna Minor, obteniéndose 40% al tercer día de tratamiento, a sexto día un 59 % y al décimo día de tratamiento un 20 % de remoción de SST. Se concluye que al incrementarse los días de tratamiento aumenta la concentración de solidos suspendidos totales.

4.3 Prueba de hipótesis

Nivel Inferencial

En el nivel inferencial para la prueba de hipótesis se ha utilizado el análisis ANOVA de dos factores y la prueba HSD Tukey. La investigación tiene como objetivo determinar la influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur. A sí mismo, se ha trabajado con un nivel de significación del 5%.

En el análisis de resultados se utilizaron 2 tipos de métodos estadísticos:

1. Programa de Excel, herramienta para el análisis descriptivo.
2. Programa SPSS, que permite procesar en análisis de varianza ANOVA, y que proporciona la separación de medias y el nivel de significancia por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$).

Las pruebas estadísticas se realizaron con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Si las Medias de los grupos fueran semejantes, entonces esperaríamos que todos los tratamientos tuvieran el mismo efecto y no influirían en el mismo.

Hipótesis Nula (Ho): $Tm_1 = Tm_2 = Tm_3$

Hipótesis Nula (Ho): $Tt_1 = Tt_2 = Tt_3 = Tt_4$

En cambio, cuando las medias son diferentes también lo serán los efectos de los tratamientos y existirá la influencia.

Hipótesis Alternativa (Ha): $Tm_1 \neq Tm_2 \neq Tm_3$

Hipótesis Alternativa (Ha): $Tt_1 \neq Tt_2 \neq Tt_3 \neq Tt_4$

Dónde: Tm_1 = Medias del tratamiento con masa de 100 g de Lemna Minor.

Tm_2 = Medias del tratamiento con masa de 200 g de Lemna Minor.

Tm_3 = Medias del tratamiento con masa de 300 g de Lemna Minor.

Tt_1 = Medias del tratamiento de 3 días con Lemna Minor.

Tt_2 = Medias del tratamiento de 6 días con Lemna Minor.

Tt_3 = Medias del tratamiento de 10 días con Lemna Minor.

Nivel de Significación

El estadístico F pone en relación la variación "entre" respecto de la variación "intra":

$$F = \frac{MC_E}{MC_I}$$

Dónde: MC_E = mide la variación explicada por las diferencias *entre* las Medias de los grupos más la variación explicada por diferencias individuales.

MC_I = mide la variación explicada por diferencias individuales porque solo depende de las diferencias *dentro* de cada grupo.

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

Regla de decisión

Rechazar hipótesis nula (H_0) cuando la significación observada " p " es menor que α .

No rechazar hipótesis nula (H_0) cuando la significación observada " p " es mayor que α .

Según Torres et al (2015), Martelo y Lara (2012) y Ronzano (1995), la contaminación orgánica se mide como DBO, DQO y SST, por lo que se tomaran estos tres parámetros para el análisis de la influencia del Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica en efluentes textiles.

Tabla 32

Análisis ANOVA. Concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2984554,417 ^b	11	271323,129	361,529	,000
Intersección	22347963,440	1	22347963,440	29777,905	,000
MASA gramos	7874,595	2	3937,298	5,246	,007
TIEMPO días	2777187,274	3	925729,091	1233,503	,000
MASA gramos * TIEMPO días	199492,548	6	33248,758	44,303	,000
Error	54035,143	72	750,488		
Total	25386553,000	84			
Total corregido	3038589,560	83			

b. R al cuadrado = ,982 (R al cuadrado ajustada = ,980)

Como p-valor < 0.05

Para la masa de Lemna Minor:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H₁: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor masa influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO.

Para el tiempo de contacto:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H₁: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO.

Para la interacción masa-tiempo

Ho: No existe diferencia entre las medias

H₁: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: La interacción entre los factores masa y tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO.

Tabla 33

Análisis ANOVA. Concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15556213,857 ^b	11	1414201,260	263,836	,000
Intersección	97679746,714	1	97679746,714	18223,294	,000
MASA gramos	870586,286	2	435293,143	81,209	,000
TIEMPO días	13349089,667	3	4449696,556	830,143	,000
MASA gramos *	1336537,905	6	222756,317	41,558	,000
TIEMPO días					
Error	385931,429	72	5360,159		
Total	113621892,000	84			
Total corregido	15942145,286	83			

Fuente: Elaboración propia

b. R al cuadrado = ,976 (R al cuadrado ajustada = ,972)

Como p-valor < 0.05

Para la masa de Lemna Minor:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H1: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor masa influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DQO.

Para el tiempo de contacto:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H1: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DQO.

Para la interacción masa-tiempo

Ho: No existe diferencia entre las medias

H1: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: La interacción entre los factores masa y tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como DQO.

Tabla 34

Análisis ANOVA. Concentración de SST vs el tiempo de tratamiento y masa de Lemna Minor.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	59052,524 ^b	11	5368,411	138,852	,000
Intersección	598429,762	1	598429,762	15478,220	,000
MASA gramos	1415,738	2	707,869	18,309	,000
TIEMPO días	49184,238	3	16394,746	424,046	,000
MASA gramos * TIEMPO días	8452,548	6	1408,758	36,437	,000
Error	2783,714	72	38,663		
Total	660266,000	84			
Total corregido	61836,238	83			

Fuente: Elaboración propia

b. R al cuadrado = ,955 (R al cuadrado ajustada = ,948)

Como p-valor < 0.05

Para la masa de Lemna Minor:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H1: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor masa influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como SST.

Para el tiempo de contacto:

Ho: No existe diferencia entre las medias

H₁: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: El factor tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como SST.

Para la interacción masa-tiempo

Ho: No existe diferencia entre las medias

H₁: Si existe diferencia entre las medias

Interpretación: La interacción entre los factores masa y tiempo influye en el tratamiento de la contaminación orgánica como SST.

Tabla 35

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro DBO.

(I) TIEMPO(días)	(J) TIEMPO(días)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0 días	3 días	350,76*	8,454	,000	328,53	373,00
	6 días	467,10*	8,454	,000	444,86	489,33
	10 días	409,24*	8,454	,000	387,00	431,47
3 días	0 días	-350,76*	8,454	,000	-373,00	-328,53
	6 días	116,33*	8,454	,000	94,10	138,57
	10 días	58,48*	8,454	,000	36,24	80,71
6 días	0 días	-467,10*	8,454	,000	-489,33	-444,86
	3 días	-116,33*	8,454	,000	-138,57	-94,10
	10 días	-57,86*	8,454	,000	-80,09	-35,62
10 días	0 días	-409,24*	8,454	,000	-431,47	-387,00
	3 días	-58,48*	8,454	,000	-80,71	-36,24
	6 días	57,86*	8,454	,000	35,62	80,09

Fuente propia

Tabla 36

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro DBO.

Fuente propia

(I) MASA(gramos)	(J) MASA(gramos)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100 gramos	200 gramos	5,82	7,322	,707	-11,70	23,34
	300 gramos	-17,00	7,322	,059	-34,52	,52
200 gramos	100 gramos	-5,82	7,322	,707	-23,34	11,70
	300 gramos	-22,82*	7,322	,007	-40,34	-5,30
300 gramos	100 gramos	17,00	7,322	,059	-,52	34,52
	200 gramos	22,82*	7,322	,007	5,30	40,34

Tabla 37

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro DQO.

(I) TIEMPO(días)	(J) TIEMPO(días)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0 días	3 días	740,38*	22,594	,000	680,96	799,80
	6 días	1017,14*	22,594	,000	957,72	1076,57
	10 días	917,62*	22,594	,000	858,20	977,04
3 días	0 días	-740,38*	22,594	,000	-799,80	-680,96
	6 días	276,76*	22,594	,000	217,34	336,19
	10 días	177,24*	22,594	,000	117,81	236,66
6 días	0 días	-1017,14*	22,594	,000	-1076,57	-957,72
	3 días	-276,76*	22,594	,000	-336,19	-217,34
	10 días	-99,52*	22,594	,000	-158,95	-40,10
10 días	0 días	-917,62*	22,594	,000	-977,04	-858,20
	3 días	-177,24*	22,594	,000	-236,66	-117,81
	6 días	99,52*	22,594	,000	40,10	158,95

Fuente: Elaboración propia *. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Tabla 38

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro DQO.

(I) MASA(gramos)	(J) MASA(gramos)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100 gramos	200 gramos	41,14	19,567	,096	-5,68	87,97
	300 gramos	-192,43*	19,567	,000	-239,25	-145,60
200 gramos	100 gramos	-41,14	19,567	,096	-87,97	5,68
	300 gramos	-233,57*	19,567	,000	-280,40	-186,75
300 gramos	100 gramos	192,43*	19,567	,000	145,60	239,25
	200 gramos	233,57*	19,567	,000	186,75	280,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples de tiempo de tratamiento con el parámetro SST.

(I) TIEMPO(días)	(J) TIEMPO(días)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0 días	3 días	42,76*	1,919	,000	37,72	47,81
	6 días	65,67*	1,919	,000	60,62	70,71
	10 días	48,81*	1,919	,000	43,76	53,86
3 días	0 días	-42,76*	1,919	,000	-47,81	-37,72
	6 días	22,90*	1,919	,000	17,86	27,95
	10 días	6,05*	1,919	,012	1,00	11,09
6 días	0 días	-65,67*	1,919	,000	-70,71	-60,62
	3 días	-22,90*	1,919	,000	-27,95	-17,86
	10 días	-16,86*	1,919	,000	-21,90	-11,81
10 días	0 días	-48,81*	1,919	,000	-53,86	-43,76
	3 días	-6,05*	1,919	,012	-11,09	-1,00
	6 días	16,86*	1,919	,000	11,81	21,90

Fuente: Elaboración propia *. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Tabla 40

Análisis HSD Tukey. Comparaciones múltiples masa de Lemna Minor para el parámetro SST.

(I) MASA(gramos)	(J) MASA(gramos)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100 gramos	200 gramos	-8,96*	1,662	,000	-12,94	-4,99
	300 gramos	-8,43*	1,662	,000	-12,41	-4,45
200 gramos	100 gramos	8,96*	1,662	,000	4,99	12,94
	300 gramos	,54	1,662	,944	-3,44	4,51
300 gramos	100 gramos	8,43*	1,662	,000	4,45	12,41
	200 gramos	-,54	1,662	,944	-4,51	3,44

Fuente: Elaboración propia *. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Según Torres et al (2015), Martelo y Lara (2012) y Ronzano (1995), la contaminación orgánica se mide como DBO, DQO y SST, por lo que se tomaran estos tres parámetros para el análisis de la influencia del Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica en efluentes textiles.

Prueba de hipótesis general

Hipótesis nula (H_0):

El uso de Lemna Minor no influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Hipótesis alterna (H_a):

El uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Interpretación:

Según la tabla 32, 33, 34, al comparar las cantidades de masa de Lemna Minor y el tiempo de contacto con el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO, DQO y SST, mediante el análisis ANOVA, se observa

que existe diferencia entre los tratamientos con diferentes masas y tiempos, por el valor de la significancia que es menor a 0.05, por lo tanto existe influencia y se acepta lo planteado como hipótesis de trabajo o alterna.

Decisión:

Mediante el análisis estadístico (ANOVA) se determinó que al utilizar diferentes masas de Lemna Minor, sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, dado que para el DBO el valor de $p = 0.007$ menor que $\alpha = 0.05$, para el DQO el valor de $p = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$ y para los SST valor de $p = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que indica que los tratamientos son diferentes y por ende existe la influencia de la masa de Lemna Minor como se muestra en la tabla 32, 33 y 34.

También se aprecia para el tiempo de tratamiento con el parámetro DBO valor de $p = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$, para el DQO el valor de $p = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$ y para los SST valor de $p = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que indica que los tratamientos son diferentes y por lo tanto existe la influencia del tiempo de tratamiento como se muestra en la tabla 32, 33 y 34.

Prueba de hipótesis específica 1

Hipótesis nula (H0):

El tiempo de contacto con Lemna Minor no influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Hipótesis alterna (H_a):

El tiempo de contacto con Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.

Interpretación:

Según la tabla 32, 33, 34, al comparar el tiempo de contacto con el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO, DQO y SST, mediante el análisis ANOVA, se observa que existe diferencia entre los tratamientos con diferentes tiempos, por el valor de la significancia que es menor a 0.05, por lo tanto existe influencia y se acepta lo planteado como hipótesis de trabajo o alterna.

En la tabla 35, 37, 39, se realizó el análisis de múltiple comparación Tukey al 5%, que demuestra que los tratamientos de la contaminación orgánica como DBO, DQO y SST para los tiempos de 0 días a 3, 6 y 10 días, son diferentes, debido a que el valor de la significancia es menor a 0,05. Se observa en la Esto confirma la influencia del tiempo de contacto con Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales.

Prueba de hipótesis específica 2

Hipótesis nula (H_0):

La cantidad de Lemna Minor no influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.

Hipótesis alterna (H_a):

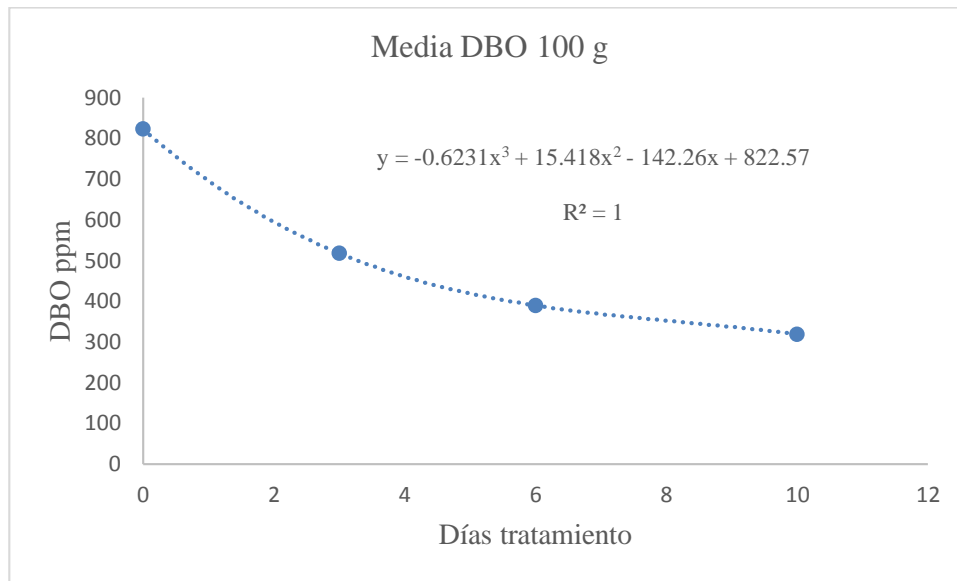
La cantidad de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.

Según la tabla 32, 33, 34, al comparar las cantidades de masa de Lemna Minor con el tratamiento de la contaminación orgánica como DBO, DQO y SST, mediante el análisis ANOVA, se observa que existe diferencia entre los tratamientos con diferentes masas, por el valor de la significancia que es menor a 0.05, por lo tanto existe influencia y se acepta lo planteado como hipótesis de trabajo o alterna.

En la tabla 36, 38, 40, se realizó el análisis de múltiple comparación Tukey al 5%, que demuestra que los tratamientos de la contaminación orgánica como DBO, para las masas de Lemna Minor de 200 g a 300 son diferentes, debido a que el valor de la significancia es 0.007. Al comparar 100 g con 200 g y 300 g se observa que no es significativa la diferencia al ser los valores mayores a 0.05.

En la figura 26, se observa que existe una relación polinómica e inversa con un coeficiente de correlación $R = - 1$, lo que indica la disminución de la concentración de la DBO con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor.

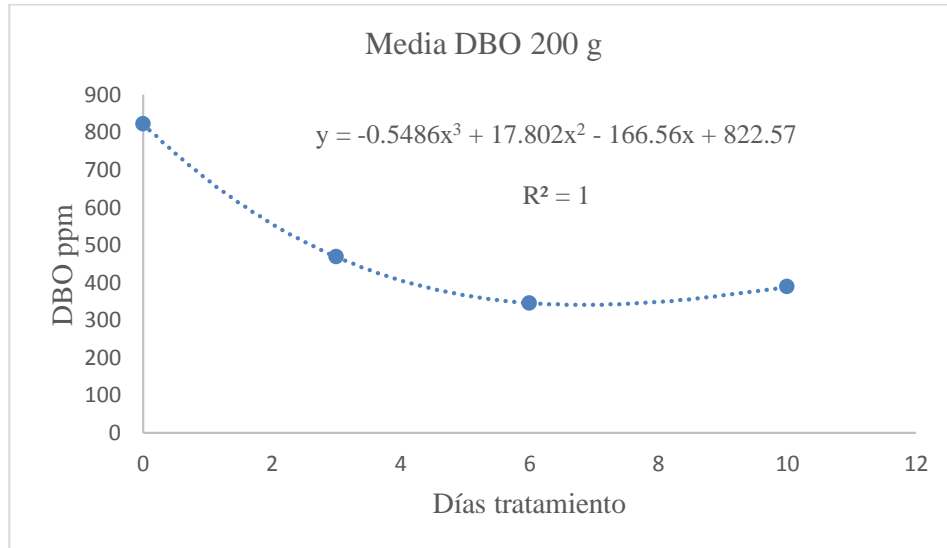
Figura 26 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

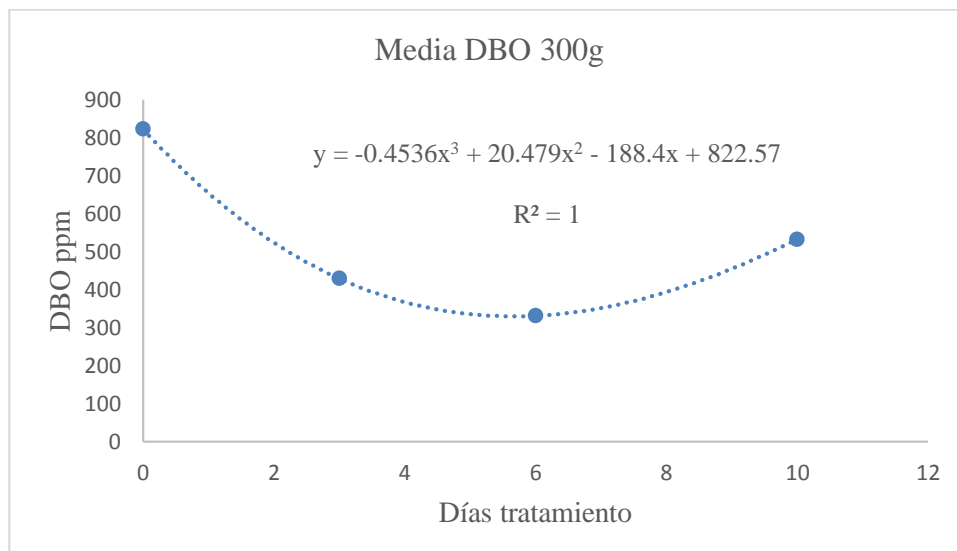
En la figura 27, 28, para 200 y 300 g de Lemna Minor, se observa que existe una relación polinómica, que indica la disminución de la concentración de la DBO con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor hasta los 6 días de tratamiento para luego aumentar. Esto ocurre por acumulación de Lemna Minor que muere durante el tratamiento. Esto nos indica que a mayor masa de Lemna y tiempo de tratamiento aumenta el DBO, obteniéndose un óptimo de 6 días de tratamiento para 200 y 300 gramos.

Figura 27 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

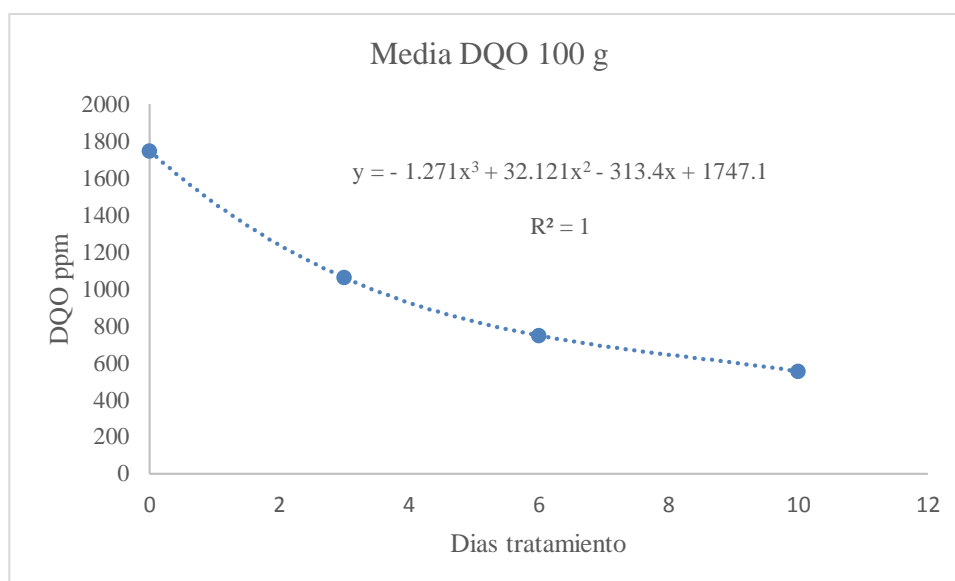
Figura 28 Niveles promedio de concentración de DBO vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

Para la DQO en la figura 29, se observa que existe una relación polinómica e inversa con un coeficiente de correlación $R = -1$, lo que indica la disminución de la concentración de la DQO con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor.

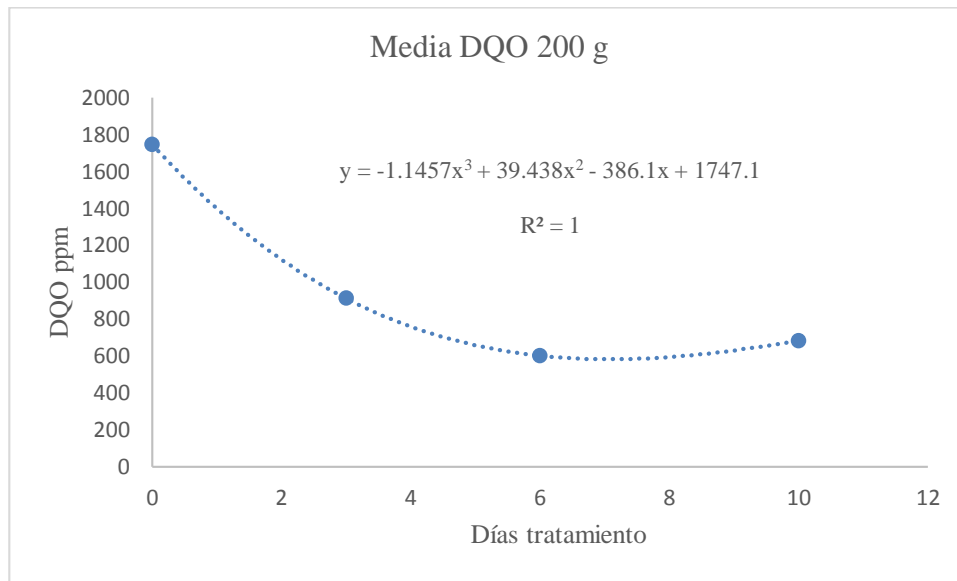
Figura 29 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

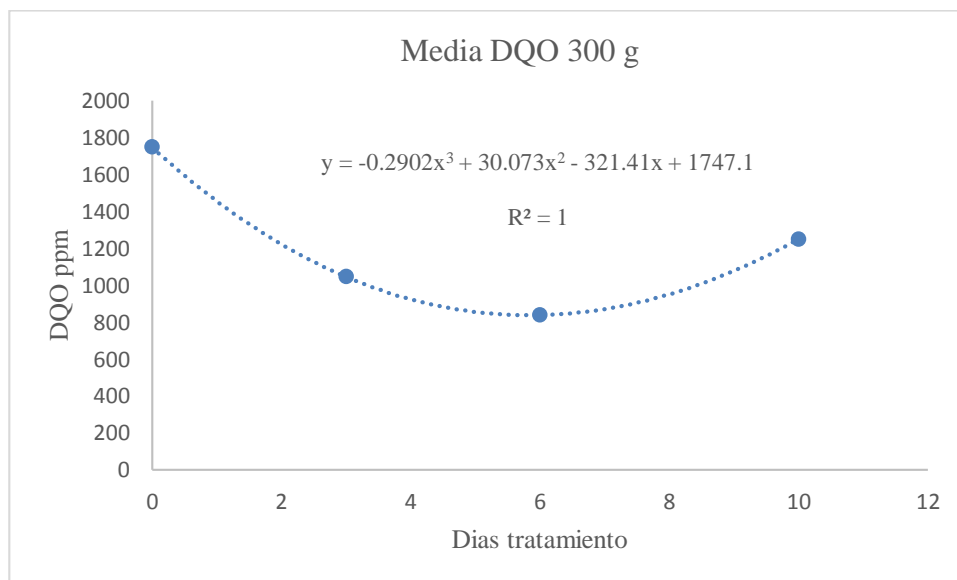
En la figura 30, 31, para 200 y 300 g de Lemna Minor, se observa que existe una relación polinómica, que indica la disminución de la concentración de la DQO con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor hasta los 6 días de tratamiento para luego aumentar. Esto ocurre por acumulación de Lemna Minor que muere durante el tratamiento. Esto nos indica que a mayor masa de Lemna Minor y tiempo de tratamiento aumenta el DQO, obteniéndose un óptimo de 6 días de tratamiento para 300 gramos.

Figura 30 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

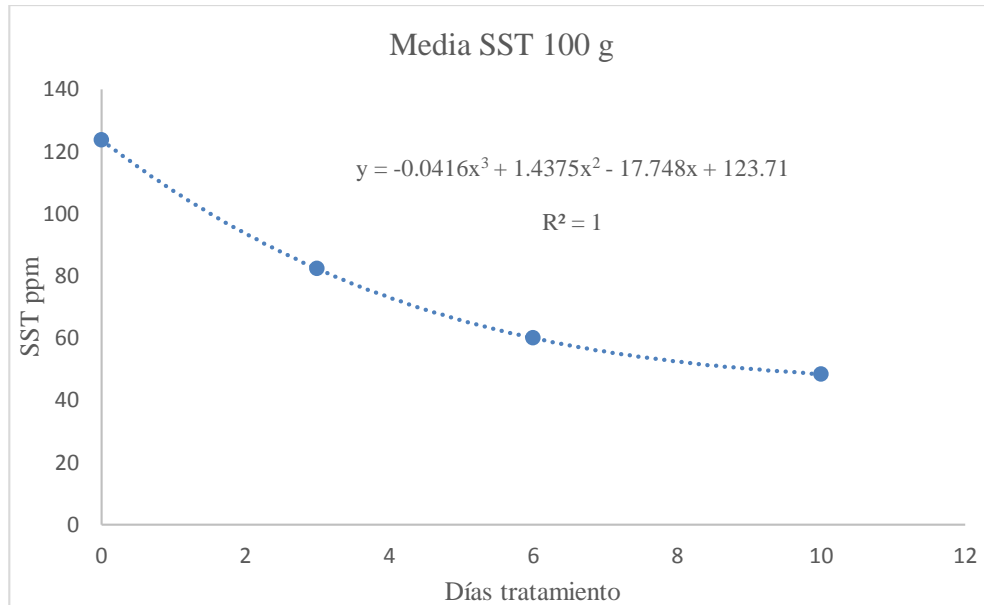
Figura 31 Niveles promedio de concentración de DQO vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.



Para los SST en la figura 32, se observa que existe una relación polinómica e inversa con un coeficiente de correlación $R = -1$, lo que indica la

disminución de la concentración de los SST con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor.

Figura 32 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 100 g de Lemna Minor.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 33 y 34, para 200 y 300 g de Lemna Minor, se observa que existe una relación polinómica, que indica la disminución de la concentración de la SST con el tiempo de tratamiento de Lemna Minor hasta los 6 días de tratamiento para luego aumentar. Esto ocurre por acumulación de Lemna Minor que muere durante el tratamiento. Esto nos indica que a mayor masa de Lemna y tiempo de tratamiento aumenta los SST, obteniéndose un óptimo de 6 días de tratamiento para 300 gramos.

Figura 33 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 200 g de Lemna Minor.

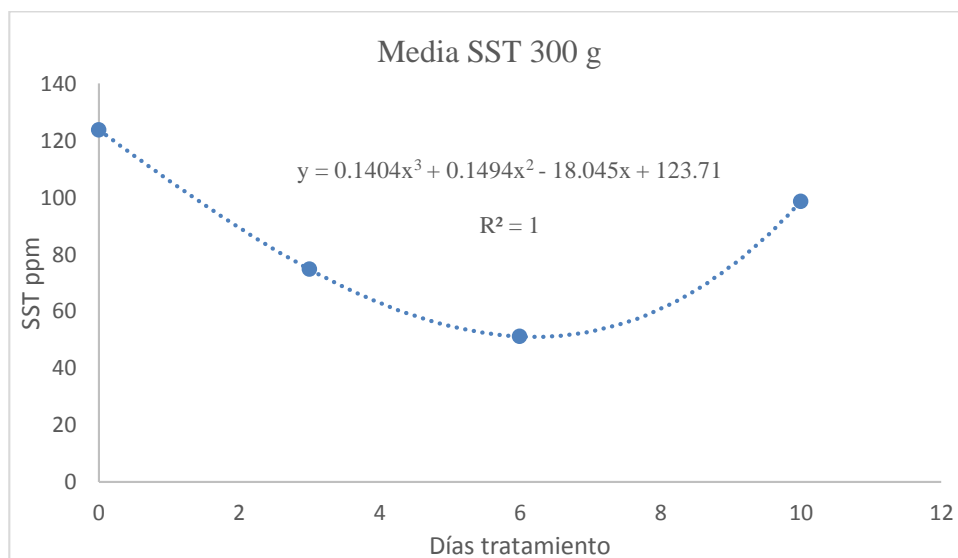
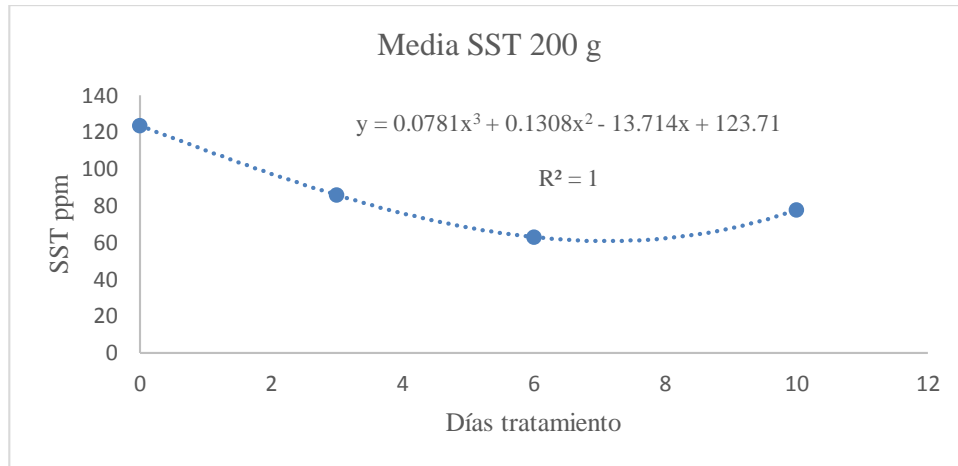


Figura 34 Niveles promedio de concentración de SST vs el tiempo de tratamiento para masa de 300 g de Lemna Minor.

Esto confirma la influencia de las cantidades de masa de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica medida como DBO, DQO y SST en los efluentes industriales de Cotexsur.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 SOLUCION DEL PROBLEMA

Los resultados de la investigación conducen a la conclusión que si existe influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, se relacionan mediante la medida de los parámetros de: DBO, DQO y SST, se verifican con las investigaciones previas mencionado en los antecedentes el cual se confirman en la presente investigación.

Los resultados se obtuvieron a través de 7 corridas experimentales con 3 cantidades de masas diferentes de Lemna Minor (100g, 200g y 300 g en 1 L de efluente), se analizó los siguientes parámetros como medida de contaminación orgánica: DBO, DQO y SST y los métodos usados son normalizados. El estudio fue del tipo aplicada, diseño experimental con enfoque cuantitativo. La muestra considerada fue de 70 litros proveniente de los efluentes industriales de Cotexsur, consiste en el recuento de la totalidad de los elementos que componen la población a investigar.

Sierra L, Ramírez L Rodríguez en el año 2016 en su investigación realizada en la Universidad popular del Cesar y la universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá - Colombia, de enfoque cuantitativo, diseño pre-experimental y de tipo de estudio aplicada, como unidad de observación utilizaron 5 reactores de 14 L de efluente de las lagunas anaerobias del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales con diferentes pesos fresco de Lemna Minor

En los resultados de remoción de materia orgánica expresados como DQO fueron significativos en los tres primeros días del montaje de experimento, presentando una remoción mayor a 60 mg/L y a partir del tercer día aumenta ligeramente hasta el noveno día y posteriormente se mantiene constante. Al contrastar con la presente investigación se encuentra el punto en común que ambas investigaciones la cantidad de DQO expresado como materia orgánica disminuye con el tiempo.

Sarango y Sánchez (2016), en su investigación realizada en la Escuela superior politécnica de Chimborazo en Riobamba- Ecuador, de enfoque cuantitativo, diseño experimental y del tipo aplicada, diseñaron 2 biofiltros de 68 L de capacidad cada uno. Al contrastar con la presente investigación se encuentra el punto en común que ambas investigaciones se realizaron con Lemna Minor aplicados en efluentes industriales en el cual existe un porcentaje de remoción expresado como *DQO* 72,57 %, *DBO₅* 73,36 %, Sólidos totales 75,21 % y en los primeros seis días del tratamiento con diferentes masas de 100g, 200g de Lemna Minor existe un alto porcentaje de disminución de las concentraciones de los parámetros mencionados

expresados como materia orgánica y en el tratamiento con 300 g de Lemna Minor existe una disminución pero no en la misma proporción. A partir del sexto día de tratamiento existe una reducción o incremento mínimo dependiendo de las masas de Lemna Minor debido a una etapa de marchitamiento el cual disminuye su capacidad de asimilación.

Pero en ambas se concluye que existe una disminución de DQO, DBO₅ y SST en el tratamiento de efluentes industriales con Lemna Minor.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Terminada la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Primera: Con respecto al objetivo general y en respuesta a la hipótesis general, se concluye que el uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017. El análisis ANOVA de dos factores indica que existe diferencia significativa y se corrobora con la prueba HSD Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$, logrando el objetivo general.

Segunda: El tiempo de contacto con Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017. Dado que la aplicación del análisis ANOVA y la prueba HSD Tukey indica el nivel de significancia de $\alpha = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$.

Tercera: La cantidad de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017. Dado que la aplicación del análisis ANOVA y la prueba HSD Tukey indica el nivel de significancia de $\alpha = 0.000$ menor que $\alpha = 0.05$.

Cuarta: De los tres tratamientos de 100g, 200g y 300g de Lemna Minor se observa que el parámetro de DBO obtiene una mayor remoción a los 10 días de tratamiento con una masa de 100 g de Lemna Minor y a los 6 días con 300g de Lemna Minor.

Quinto: Para el DQO en los tratamientos con 100g, 200g y 300g de Lemna Minor se obtiene una mayor remoción a los 10 días de tratamiento con una masa de 100g de Lemna Minor y a los 6 días con 200g de Lemna Minor.

Sexto: Para los SST en los tratamientos de 100g, 200g y 300g de Lemna Minor se obtiene una mayor remoción a los 10 días de tratamiento con una masa de 100g de Lemna Minor y a los 6 días con 300g de Lemna Minor.

Sétimo: Del análisis de los parámetros que miden la contaminación orgánica como DBO, DQO Y SST versus el tiempo de contacto encontramos que existe una relación inversa, al aumentar el tiempo de contacto disminuye estos parámetros, pero en las pruebas realizadas con 200 y 300 gramos aumenta a partir del 6to día, esto ocurre debido al aumento de Lemna Minor que muere durante el tratamiento.

Octavo: La mayor remoción de contaminación orgánica medido como DBO, DQO y SST, se obtiene en el tratamiento con 100g en 10 días de tratamiento y para 300g de Lemna Minor en 6 días.

Noveno: Los resultados coinciden con la teoría que confirma que el Lemna Minor influye en la contaminación orgánica, medida como DBO, DQO y SST, y son importantes en el tratamiento de los efluentes industriales.

RECOMENDACIONES

Dada las principales conclusiones de la presente investigación se sugiere:

Primera: Según el resultado de la hipótesis general donde uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017, se recomienda realizar los análisis en periodos más cortos de tiempo de un día o dos días y prolongarlos a 2 semanas o más para realizar una investigación predictiva y obtener un modelo.

Segundo: Realizar pruebas con masas de Lemna Minor menores a las estudiadas como 25 g. 50 g. 75 g. y 100 g, así observar el comportamiento de los parámetros estudiados y compararlos con los obtenidos.

Tercero: Se recomienda realizar una cosecha a partir del 4to día de tratamiento para evitar el acumulamiento de Lemna Minor muerta y mejorar la remoción de la contaminación orgánica.

Cuarto: Se recomienda realizar el tratamiento de la contaminación orgánica de efluentes industriales textiles con otros tipos de macrófitas acuáticas.

Quinto: Realizar los análisis de concentración de hierro previo en los efluentes a tratar con Lemna Minor; por ser un elemento limitante para su adecuado desarrollo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

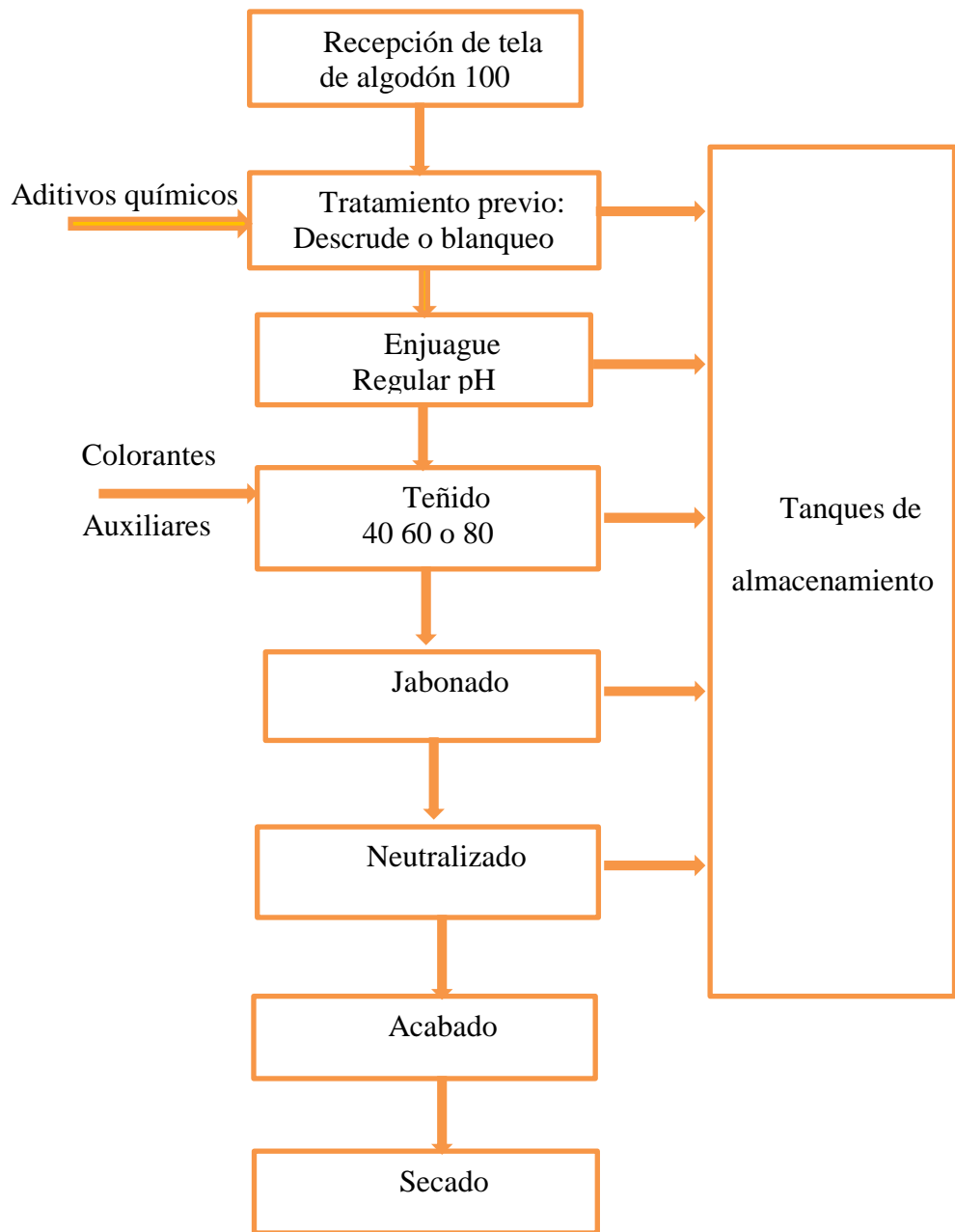
1. Alcántara, A. (1999). Ingeniería Sanitaria I: manual de prácticas. Santo domingo Republica dominicana: Editorial Búho.
2. Arroyave, M. P., (2003). La lenteja de agua (Lemna Minor L.): una planta acuática promisorio, *Revista EIA*, Vol. (N^o1), pág. 33-38.
3. Bae S.J., Freeman S.H. y Kim D.S., (2006). *Influences of new azo dyes to the aquatic ecosystem. Fiber Polymer.*, 7, 30-35
4. Crespi, M. y Huertas, J. A. (1987). Industria Textil ¿Depuración Biológica o Físico Química?, BOL. INTEXTAR (N092), pág. 75-90.
5. Coronel, E. (2016). Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia Crassipes) y Lenteja de agua (Lemna Minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas (tesis de pre grado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas-Perú.
6. Cortázar, A. Gonzales, C Coronel, C. Escalante, J. Villagómez, J . 2014 Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México titulada: Contaminación generada por los colorantes en la industria textil,
7. Delgadillo, O. Camacho., A Pérez, L. y Andrade. 2011 Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales 73 79 Cochabamba Bolivia Centro andino para la gestión y uso del agua.
8. Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda, Valores Máximos Admisibles descargas de aguas residuales.

9. García, P. Fernández, R. y Cirujano, S (2009) Habitantes del agua. Macrofitos, Andalucía =España pág. 222-224.
10. Glynn, J. y Gary, (1999) *Ingeniería Ambiental*.
11. Ghosh, M.; Singh, S. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3:1- 18
12. Juárez, H. (2006). Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú.
13. Jojoa, G. Rodríguez, H. y Cardona, S. (2015), Tratamiento de aguas residuales textiles a partir de métodos biológicos *Revista CINTEX*. Vol. 20 (Nº 1), pág. 11-34.
14. Ly J MACROFITAS ACUÁTICAS FLOTANTES EN SISTEMAS I Ly,J. s/f. Macrofitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción animal. Consultado en: http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/julio_ly_.htm (15/03/13) NTEGRADOS DE PRODUCCIÓN ANIMAL
15. Londoño, L.A y Marín, C. (2009). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales (tesis de pre grado Universidad Tecnológica de Pereira Colombia). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co>.
16. Melgarejo Cruz, Jimena.2014 Remoción de color de un efluente textil con *Salvinia Mínima*,

17. Salas, G., (2003) tratamiento Físico Químico de aguas residuales de la industria textil, Rev. Pe. Quim. Ingeniero Químico Vol.5, (Nº2), pág. 73- 80.
18. Sarango, O. & Sánchez, J. (2016). Diseño y construcción de 2 biofiltros con Eichhornia Crassipes y Lemna Minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. “Planta la Comuna”, Quinindé (tesis de pre grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

ANEXOS

Diagrama 1 de flujo para el teñido de algodón 100%



“Año del Buen Servicio al Ciudadano”
Laboratorio de Ingeniería Ambiental

Informe de análisis

Solicitante: Karina Alvarado Pérez

Procedencia: Lurín - Lima

Muestra: Efluente Textil

Análisis: Demanda química de oxígeno

Fecha de recepción de muestra: 10.11.17

DQO mg/L				
Masa de lezna minor : 100 g				
Tiempo (días)	0	3	6	10
DQO Prueba 1	1890	1160	860	610
DQO Prueba 2	1670	1020	650	450
DQO Prueba 3	1780	1076	800	600
DQO Prueba 4	1720	1040	820	650
DQO Prueba 5	1820	1120	780	590
DQO Prueba 6	1690	1020	680	500
DQO Prueba 7	1660	996	650	480



■ Campus Universitario **LIMA SUR**: Panamericana Sur Km. 16.3 - Villa El Salvador
 Central Telefónica: 715-3335
 Línea de atención al postulante: 715-3333 / 500-1800
www.autonoma.pe

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

Informe de análisis

DQO mg/L
Masa de lezna menor : 200 g

Tiempo (días)	0	3	6	10
DQO Prueba 1	1890	980	680	740
DQO Prueba 2	1670	850	550	600
DQO Prueba 3	1780	960	620	700
DQO Prueba 4	1720	920	620	720
DQO Prueba 5	1820	970	640	760
DQO Prueba 6	1690	870	570	650
DQO Prueba 7	1660	840	540	620

DQO mg/L
Masa de lezna menor : 300 g

Tiempo (días)	0	3	6	10
DQO Prueba 1	1890	1120	900	1380
DQO Prueba 2	1670	960	780	1210
DQO Prueba 3	1780	1100	900	1250
DQO Prueba 4	1720	1050	860	1300
DQO Prueba 5	1820	1080	830	1340
DQO Prueba 6	1690	1020	790	1150
DQO Prueba 7	1660	990	810	1120

■ Campus Universitario LIMA SUR: Panamericana Sur Km. 16.3 - Villa El Salvador
 Central Telefónica: 715-3335
 Línea de atención al postulante: 715-3333 / 500-1800
www.autonoma.pe



“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

Informe de análisis

Solicitante: Karina Alvarado Pérez

Procedencia: Lurín - Lima

Muestra: Efluente Textil

Análisis: Demanda bioquímica de oxígeno

Fecha de recepción de muestra: 10.11.17

DBO mg/L				
Masa de leña minor : 100 g				
Tiempo (días)	0	3	6	10
DBO Prueba 1	860	570	420	320
DBO Prueba 2	790	490	360	300
DBO Prueba 3	836	550	408	340
DBO Prueba 4	820	508	390	320
DBO Prueba 5	846	530	426	350
DBO Prueba 6	810	502	364	300
DBO Prueba 7	796	474	358	300



“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

Informe de análisis

Solicitante: Karina Alvarado Pérez

Procedencia: Lurín - Lima

Muestra: Efluente Textil

Análisis: Sólidos suspendidos totales

Fecha de recepción de muestra: 10.11.17

SST mg/L
Masa de lezna minor : 100 g

Tiempo (días)	0	3	6	10
SST Prueba 1	136	92	70	54
SST Prueba 2	122	80	58	45
SST Prueba 3	130	86	64	50
SST Prueba 4	124	82	60	48
SST Prueba 5	126	84	62	50
SST Prueba 6	118	80	58	52
SST Prueba 7	110	72	48	40



■ Campus Universitario LIMA SUR: Panamericana Sur Km. 16.3 - Villa El Salvador
Central Telefónica: 715-3335
Línea de atención al postulante: 715-3333 / 500-1800
www.autonoma.pe

Figura 35 Lemna Minor



Figura 36 Punto de recolección de Lemna Minor.



Figura 37 Ubicación de Cotexsur.

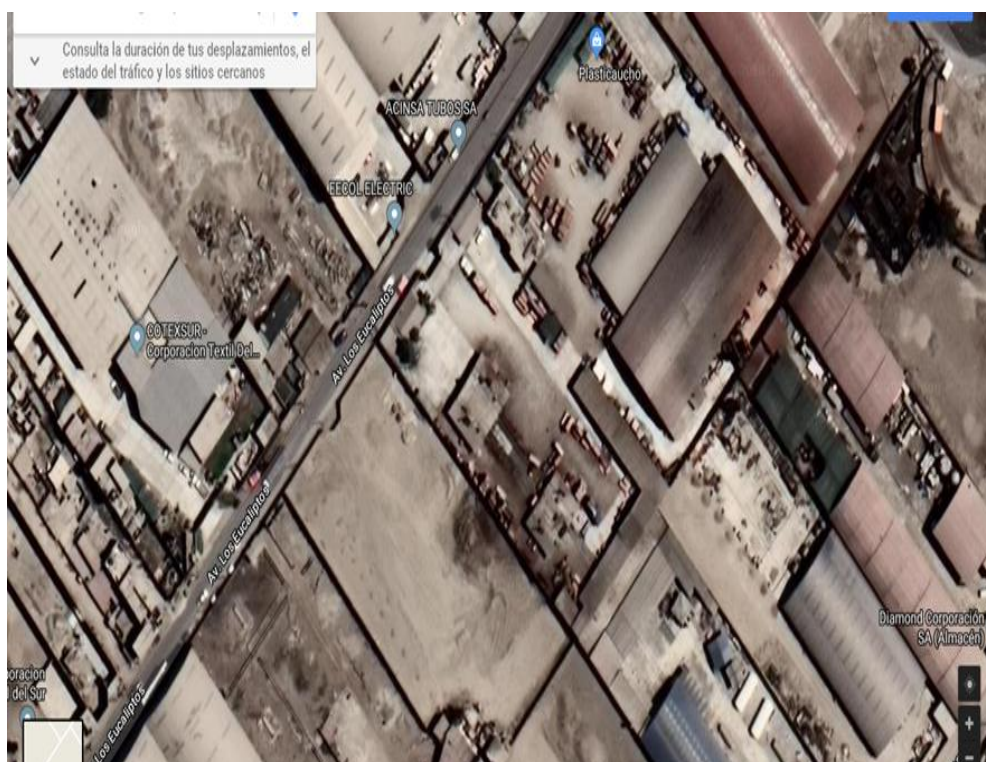


Figura 38 Punto de recolección de la muestra de efluentes.



Figura 39 Efluentes industriales de Cotexsur antes de ser vertido al alcantarillado.

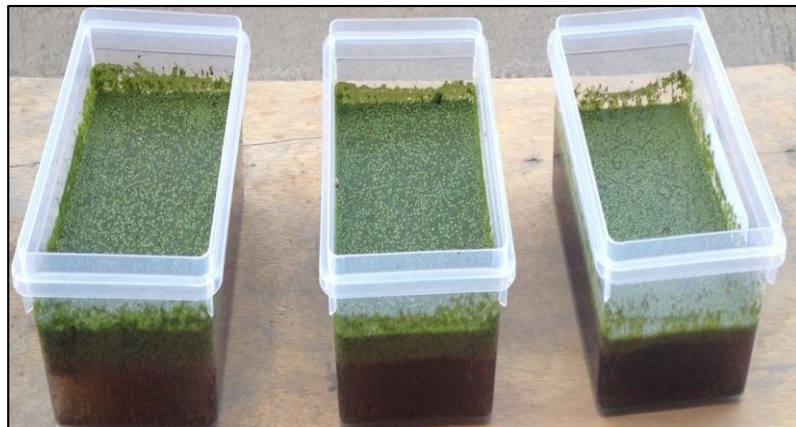


Figura 40 Tratamiento de los efluentes con Lemna Minor

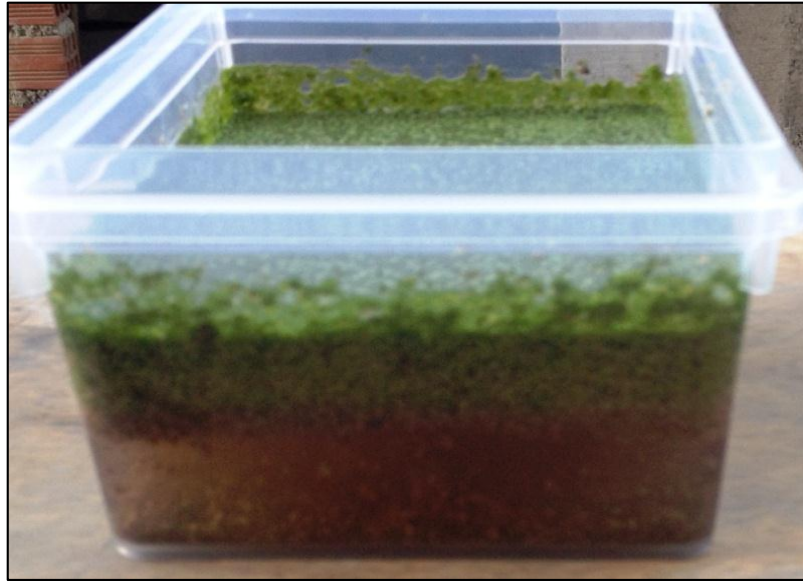


Figura 41 Potenciómetro



Figura 42 Equipo para análisis de DQO.



Figura 43 Balanza analítica

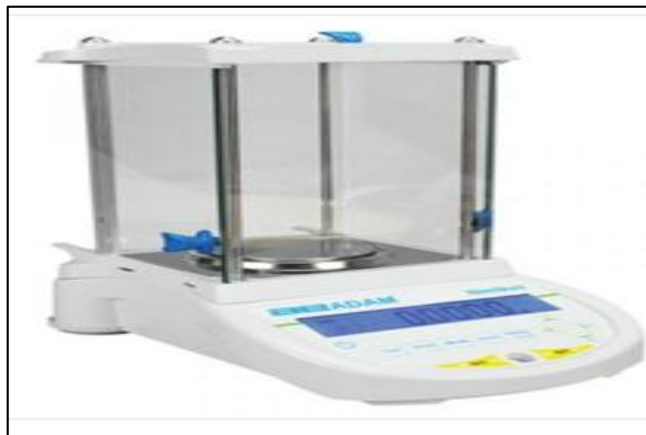


Figura 44 Desecador



Procedimiento de análisis de la demanda bioquímica de oxígeno.



PROCEDIMIENTO MICROBIOLÓGICO

OXÍGENO, DEMANDA BIOQUÍMICA

Método 8043

Método de dilución*

Para agua y aguas residuales

Aceptado por la USEPA (Agencia para la protección del ambiente de EE.UU.)

* Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales) y del Journal Water Pollution Control Federation (Periódico de la Federación de control de la contaminación del agua) de Klein, R. I.; Gibbs, C., 1979, 51(9), 2257.



1. Preparar el agua para diluir la muestra utilizando una bolsa de solución tampón de sustrato de DBO (demanda bioquímica de oxígeno); ver *Preparado del agua de dilución*, página 172 a continuación de este procedimiento.



2. Determinar el rango de los volúmenes de las muestras requerido por la muestra; ver Elección del tamaño de la muestra a continuación de este procedimiento.

Nota: Si el volumen mínimo de la muestra es de 3 ml o mayor, determinar el oxígeno disuelto en la muestra sin diluir. Esto se puede omitir cuando se sabe que los desperdicios cloacales o sedimentados a analizar poseen un contenido de oxígeno disuelto cercano a 0 mg/l.



3. Medir con una pipeta serológica una serie graduada de por lo menos cuatro pero preferentemente cinco o seis porciones de muestra bien mezclada y transferirlas a botellas separadas de DBO de 300 ml y con tapón de vidrio. Agitar la muestra con la pipeta antes de colocar con la pipeta cada porción.

Nota: Cuando se esté analizando desperdicios clorados o industriales, ver *Interferencias* a continuación de este procedimiento.

Nota: No agregar muestra a una botella DBO. Esto será el blanco de agua de dilución. Para obtener una prueba adicional de exactitud, ver *Control de exactitud* a continuación de estos procedimientos.



4. Agregar dos chorros de inhibidor de nitrificación (aproximadamente 0,16 g) a cada botella, si se desea.

Nota: La utilización del inhibidor de nitrificación inhibirá la oxidación de los componentes de nitrógeno si sólo se desea la demanda de oxígeno carbonacea. Se recomienda especialmente para muestras con bajas DBOs.

OXÍGENO, DEMANDA BIOQUÍMICA



5. Llenar cada botella exactamente hasta el pico con agua de dilución sembrada o sin sembrar. Al agregar el agua, dejar que la misma caiga lentamente por los lados de la botella para evitar la formación de burbujas.



6. Tapar la botella cuidando de no atrapar ninguna burbuja de aire. Apretar el tapón de la botella con el dedo; luego, invertir la botella varias veces para que se mezcle.

Nota: Si se utiliza el procedimiento de los métodos estándar, determinar la OD (origen disuelto) inicial. Si se utiliza el método gráfico, no es necesaria esta determinación.



7. Agregar al pico de la botella DBO agua de dilución suficiente para formar un sello de agua.



8. Colocar un tapo de plástico en el pico de cada botella y colocar las botellas en una incubadora a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Incubar en la oscuridad durante cinco días.

Matriz de consistencia

INFLUENCIA DEL USO DE LEMNA MINOR EN EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACION ORGANICA DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES DE COTEXSUR, LURIN 2017.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cómo influye el uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cómo influye el tiempo de contacto en el tratamiento con Lemna Minor de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?</p> <p>¿Cómo influye la cantidad de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar la influencia del tiempo de contacto en el tratamiento con Lemna Minor de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.</p> <p>Determinar la influencia de la cantidad de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El uso de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>El tiempo de contacto con Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín 2017.</p> <p>La cantidad de Lemna Minor influye en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales Cotexsur, Lurín 2017.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>X: Lemna Minor</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tiempo de contacto de Lemna Minor con los efluentes industriales de Cotexsur. - Cantidad de Lemna Minor en el tratamiento de los efluentes <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Y: Contaminación orgánica de efluentes industriales.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -DBO -DQO -SST 	<p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>La investigación es de tipo aplicada. El enfoque es cuantitativo, diseño experimental y alcance explicativo.</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>La población son las aguas residuales que elimina Cotexsur (Lurín).</p> <p>LA MUESTRA</p> <p>Se analizará 7 muestras representativas de la población.</p>