



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Reducción de carga orgánica de efluentes domésticos con materiales vegetales de Moringa oleífera, Acacia melanoxylon y Manihot esculenta, San Martín de Porres, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Cordero Villegas, Edwin Manuel (ORCID: 0000-0002-7954-5227)

**ASESOR:**

Dr. Jave Nakayo Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima-Perú

2019

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi hija, hermanos menores, sobrinos y generaciones venideras para que tomen conciencia del daño que se le ha ocasionado por mucho tiempo al planeta, y para que busquen alternativas para remediar los estragos generados por la humanidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser el que bendice mi camino, a mi esposa por ser el motor de mi vida, a mi madre, padre y hermanos por ser los que me brindan todo su apoyo, a mis compañeros de trabajo que me apoyaron en este proyecto, a mis profesores que fueron pieza clave para la materialización del mismo.

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO.....	21
2.1.1.- Tipo de Estudio.....	21
2.1.2.- Nivel de la Investigación .....	21
2.1.3.- Diseño de la Investigación.....	21
2.2.- Variables, Operacionalización .....	22
2.3.- Población y Muestra .....	23
2.3.1.- Población .....	23
2.3.2.- Muestra .....	23
2.3.3.- Muestreo .....	23
2.3.4.- Criterios de Selección .....	24
2.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	25
2.4.1.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
2.4.2.- Validez y confiabilidad del instrumento .....	27
2.5.- Procedimiento .....	27
2.6.- Métodos de análisis de datos.....	29
2.7.- Aspectos éticos .....	30
III. RESULTADOS.....	31
IV. DISCUSIÓN .....	90
V. CONCLUSIONES .....	92
VI. RECOMENDACIONES .....	93
REFERENCIAS .....	94
ANEXOS.....	101
Anexo 1: Registro de datos de campo.....	101
Anexo 2: Registro de cadena de custodia.....	102
Anexo 3: Registro de datos del tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> , <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i> .....	103

Anexo 4: Validación de instrumento.....	110
Anexo 5: Informe de laboratorio ENVIROTEST S.A.C.....	113
Anexo 6: Cadena de custodia ENVIROTEST S.A.C.....	115
Anexo 7: Solicitud a SENATI – SURQUILLO para uso del laboratorio. ....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación científica de <i>Moringa oleífera</i>	12
Tabla 2: Clasificación científica de <i>Acacia melanoxylon</i>	13
Tabla 3: Clasificación científica de <i>Manihot esculenta</i>	14
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 5. Etapas del proyecto	25
Tabla 6. Caracterización del agua residual doméstica	31
Tabla 7. Resultados luego del uso de <i>Moringa oleífera</i>	35
Tabla 8. Resultados luego del uso de <i>Acacia melanoxylon</i>	37
Tabla 9. Resultados luego del uso de <i>Manihot esculenta</i>	39
Tabla 10. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS pH	49
Tabla 11. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS pH	49
Tabla 12. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Temperatura	51
Tabla 13. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Temperatura	51
Tabla 14. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Oxígeno disuelto	53
Tabla 15. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Oxígeno disuelto	53
Tabla 16. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Turbidez	55
Tabla 17. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Turbidez	55
Tabla 18. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS DBO <sub>5</sub>	57
Tabla 19. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS DBO <sub>5</sub>	58
Tabla 20. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Coliformes totales	59
Tabla 21. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Coliformes totales	59

Tabla 22. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS pH	61
Tabla 23. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS pH	61
Tabla 24. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Temperatura	63
Tabla 25. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Temperatura	63
Tabla 26. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Oxígeno disuelto	65
Tabla 27. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Oxígeno disuelto	65
Tabla 28. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Turbidez	67
Tabla 29. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Turbidez	67
Tabla 30. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS DBO <sub>5</sub>	69
Tabla 31. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS DBO <sub>5</sub>	69
Tabla 32. Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Coliformes totales	71
Tabla 33. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Coliformes totales	71
Tabla 34. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS pH	73
Tabla 35. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS pH	73
Tabla 36. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Temperatura	75
Tabla 37. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Temperatura	75
Tabla 38. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Oxígeno disuelto	77

Tabla 39. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Oxígeno disuelto	77
Tabla 40. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Turbidez	79
Tabla 41. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Turbidez	79
Tabla 42. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS DBO <sub>5</sub>	81
Tabla 43. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS DBO <sub>5</sub>	81
Tabla 44. Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Coliformes totales	83
Tabla 45. Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Coliformes totales	83
Tabla 46. Resultados de dosis óptima	85
Tabla 47. Porcentaje de remoción de carga orgánica – <i>Moringa oleífera</i>	85
Tabla 48. Porcentaje de remoción de carga orgánica – <i>Acacia melanoxylon</i>	86
Tabla 49. Porcentaje de remoción de carga orgánica – <i>Manihot esculenta</i>	87
Tabla 50. Comparación de resultados con Estándar de Calidad Ambiental – AGUA	88
Tabla 51. Comparación de resultados de laboratorio ENVIROTEST S.A.C. con Estándar de Calidad Ambiental - AGUA	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Retiro de cáscara de semilla de <i>Moringa oleífera</i>	31
Figura 2. Pulverizado de semilla de <i>Moringa oleífera</i>	31
Figura 3. Corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> pulverizada luego de pasar por el extractor Soxhlet	32
Figura 4. Trozos de <i>Manihot esculenta</i>	32
Figura 5. Licuado de trozos de <i>Manihot esculenta</i>	32
Figura 6. Tamizado de licuado de <i>Manihot esculenta</i>	33
Figura 7. Sólidos separados luego del tamizado de <i>Manihot esculenta</i>	33
Figura 8. Almidón de <i>Manihot esculenta</i>	33
Figura 9. Test de jarras usando <i>Moringa oleífera</i>	34
Figura 10. Test de jarras usando <i>Acacia melanoxylon</i>	35
Figura 11. Test de jarras usando <i>Manihot esculenta</i>	38
Figura 12. Curva de pH usando <i>Moringa oleífera</i>	40
Figura 13. Curva de temperatura usando <i>Moringa oleífera</i>	40
Figura 14. Curva de oxígeno disuelto usando <i>Moringa oleífera</i>	41
Figura 15. Curva de turbidez usando <i>Moringa oleífera</i>	41
Figura 16. Curva de DBO5 usando <i>Moringa oleífera</i>	42
Figura 17. Curva de coliformes totales usando <i>Moringa oleífera</i>	42
Figura 18. Curva de pH usando <i>Acacia melanoxylon</i>	43
Figura 19. Curva de temperatura usando <i>Acacia melanoxylon</i>	43
Figura 20. Curva de oxígeno disuelto usando <i>Acacia melanoxylon</i>	44
Figura 21. Curva de turbidez usando <i>Acacia melanoxylon</i>	44
Figura 22. Curva de Curva de DBO5 usando <i>Acacia melanoxylon</i>	45
Figura 23. Curva de coliformes totales usando <i>Acacia melanoxylon</i>	45
Figura 24. Curva de pH usando <i>Manihot esculenta</i>	46
Figura 25. Curva de temperatura usando <i>Manihot esculenta</i>	46
Figura 26. Curva de oxígeno disuelto usando <i>Manihot esculenta</i>	47
Figura 27. Curva de turbidez usando <i>Manihot esculenta</i>	47
Figura 28. Curva de Curva de DBO5 usando <i>Manihot esculenta</i>	48
Figura 29. Curva de coliformes totales usando <i>Manihot esculenta</i>	48
Figura 30. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS pH	50

Figura 31. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Temperatura	52
Figura 32. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Oxígeno disuelto	54
Figura 33. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Turbidez	56
Figura 34. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS DBO <sub>5</sub>	58
Figura 35. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> VS Coliformes totales	60
Figura 36. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS pH	62
Figura 37. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Temperatura	64
Figura 38. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Oxígeno disuelto	66
Figura 39. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Turbidez	68
Figura 40. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS DBO <sub>5</sub>	70
Figura 41. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> VS Coliformes totales	72
Figura 42. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS pH	74
Figura 43. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Temperatura	76
Figura 44. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Oxígeno disuelto	78
Figura 45. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Turbidez	80
Figura 46. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS DBO <sub>5</sub>	82
Figura 47. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> VS Coliformes totales	84

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito demostrar la reducción de la carga orgánica de los efluentes domésticos a través del uso del polvo de semilla de la Moringa (*Moringa oleífera*), del polvo de corteza de la Acacia negra (*Acacia melanoxylon*) y del almidón de yuca (*Manihot esculenta*), que fueron empleados como coagulantes naturales para la obtención de un efluente tratado con una menor carga orgánica. En esta investigación se demostró la eficiencia de cada material vegetal utilizado para remover la carga orgánica del efluente residual doméstico. Mediante un muestreo aleatorio simple e integrado, se recolectó una muestra de 120 litros para ser utilizadas en las pruebas de con cada materia vegetal.

Se evaluaron por separado cada material vegetal, obteniendo distintos valores de remoción de carga orgánica, para el polvo de semilla de *Moringa oleífera* se utilizó una solución madre al 5% siendo la dosis de 18 mL la que generó mejores resultados. La dosis de 18 mL al 5%. de solución de polvo de semilla de Moringa oleífera redujo 92.70% la turbidez, 88.79% la DBO<sub>5</sub> y obteniendo 1.80 NMP/100 mL de coliformes totales.

Por otro lado, para el tratamiento con polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* se utilizó una solución madre al 1%, el mejor resultado se registró al emplear una dosis de 6 mL. Esta dosis empleada logró reducir la turbidez en 98.22%, la DBO<sub>5</sub> en 95.15% y a 1.80 NMP/100 mL los coliformes totales.

En cambio, con el polvo de almidón de *Manihot esculenta* no se pudo obtener una remoción adecuada de carga orgánica. Se utilizó una solución madre al 5%, obteniendo el mejor resultado cuando se empleó una dosis de 12 mL que pudo reducir en 53.57% la turbidez, 13.87% la DBO<sub>5</sub> y a 187 NMP/100 mL los coliformes totales.

Según los análisis realizados, el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* es el más eficiente entre los materiales vegetales estudiados, debido a la cantidad de carga orgánica removida con emplear una dosis de 6 mL al 1%.

Palabras clave: Carga orgánica, *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon*, *Manihot esculenta* y turbidez.

## ABSTRACT

The main purpose of this research was to demonstrate the reduction of the organic load of domestic effluents through the use of Moringa (*Moringa oleífera*) seed powder, Acacia Negra (*Acacia melanoxylon*) bark powder and cassava starch (*Manihot esculenta*), which were used as natural coagulants to obtain an effluent treated with a lower organic load. In this investigation, the efficiency of each plant material used to remove the organic load from the domestic residual effluent was demonstrated. Through a simple and integrated random sampling, a sample of 120 liters was collected to be used in the tests of each plant matter.

Each plant material was evaluated separately, obtaining different values of organic load removal, a 5% stock solution was used for the *Moringa oleífera* seed powder, the dose of 18 mL being the one that generated the best results. The dose of 18 mL at 5% of *Moringa oleífera* seed powder solution reduced turbidity 92.70%, 88.79% BOD5 and obtaining 1.80 NMP / 100 mL of total coliforms.

On the other hand, a 1% stock solution was used for the treatment with *Acacia melanoxylon* bark powder, the best result was recorded when using a dose of 6 mL. This dose was used to reduce turbidity by 98.22%, BOD5 by 95.15% and 1.80 NMP / 100 mL total coliforms.

On the other hand, with the starch powder of *Manihot esculenta* it was not possible to obtain an adequate removal of organic load. A 5% stock solution was used, obtaining the best result when a dose of 12 mL was used that could reduce turbidity by 53.57%, BOD5 13.87% and total coliforms at 187 NMP / 100 mL.

According to the analysis, *Acacia melanoxylon* bark powder is the most efficient among the plant materials studied, due to the amount of organic load removed with a dose of 6 mL at 1%.

Keywords: Organic bulk, *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon*, *Manihot esculenta* and turbidity.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El siglo XXI se ha caracterizado por sus importantes avances en distintos campos, en la tecnología, en la medicina, en la lucha de los derechos de las personas y también se ha caracterizado por el fenómeno del cambio climático, el cual ha generado infinidad de problemas en distintos sectores del planeta.

El fenómeno del cambio climático es la variación global del clima en el planeta, este fenómeno tiene diversos efectos negativos y uno de los más importantes es la reducción de las fuentes de agua dulce del planeta, fuente principal para actividades como la agricultura, ganadería y para consumo humano, y para innumerables especies de los ecosistemas de agua dulce.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son las encargadas de recepcionar las aguas residuales para su tratamiento empleando diversas tecnologías, posteriormente, estos efluentes son utilizados para el riego de cultivos, áreas verdes, o son vertidos a cuerpos de agua natural.

En nuestro territorio nacional, un grupo de las PTAR que se encuentran en funcionamiento tienen problemas por la saturación de carga orgánica del afluente a tratar, debido a que las PTAR en mención están diseñadas para distintos rangos de carga orgánica y/o de caudal. Esta situación genera un funcionamiento ineficiente y dificulta la remoción de carga orgánica estimada. Teniendo en cuenta que debido al problema de exceso de carga orgánica y al de la escasez del líquido elemento por efecto del cambio climático, se puede inferir que estamos propiciando que nuestras únicas reservas de agua se están viendo alteradas y reducidas debido a nuestro mal accionar.

Esta investigación tiene la finalidad de reducir la carga orgánica de efluentes domésticos con materiales naturales y así contribuir en la disminución de los problemas de sobrecarga que tienen las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel nacional para tratar de que la eficiencia de las PTAR se mantenga como se estimó al momento de su planeación.

En el distrito de San Martín de Porres, exactamente en la urbanización de Ingeniería, se han registrado diversos problemas de atoros y/o aniegos en tuberías de desagüe que perjudican a los moradores de la urbanización, generando un foco infeccioso con altas probabilidades de perjudicar la salud de los pobladores. A su vez, esta elevada carga orgánica que posee el efluente residual doméstico puede llegar a sobrecargar toda la red sanitaria y colmar la PTAR a la cual está dirigida la red de alcantarillado ocasionando un problema aún mayor.

Esto se genera por que el sistema de alcantarillado de la zona no tiene una adecuada pendiente por la cual el agua residual doméstica pueda fluir, sumado a la carga orgánica elevada que contiene el efluente residual de la zona. Los atoros se generan con gran frecuencia ocasionando el malestar de la población por el olor que desprende el agua residual y los vectores que este atrae.

La causa principal de estos atoros es el mal manejo que se le da al alcantarillado, vertiendo gran cantidad de materia orgánica que puede ser segregada como residuo sólido, pero lamentablemente por la falta de información y conciencia, algunos pobladores vierten sus residuos por el alcantarillado provocando el aumento de la carga orgánica presente en el efluente residual. Con el vertimiento constante de este exceso de materia orgánica se saturan las tuberías reduciendo el diámetro útil para que fluya el efluente y por consecuencia generando un aniego y/o atoro.

La generación excesiva de carga orgánica en un efluente residual provoca la saturación de la red sanitaria que acoge estos fluidos y por consiguiente provoca la sobrecarga de la PTAR a la cual está dirigida la red de alcantarillado. Cuando la PTAR experimenta una sobrecarga de materia orgánica en sus afluentes, esta reduce el caudal de entrada para no exceder la COM (carga orgánica máxima por día) hasta que el afluente pueda alcanzar unas características estables y adecuadas para el tratamiento, de no realizarse esta operación de reducción de caudal de entrada se tendrían que ejecutarse cambios en los procesos de la PTAR para elevar su eficiencia, y esto conlleva a costos adicionales muy elevados (SUNASS, 2015).

Para frenar este vertimiento insensato de efluentes contaminados en cuerpos de agua y/o a la red de alcantarillado se implementaron normas. Estas normativas son de carácter estricto y su implementación está a cargo de entidades estatales.

SEDAPAL (2013), para luchar contra esta realidad el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento emitió el D.S. 010-2019-VIVIENDA, esta normativa regula los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, ayudando en la reducción de carga contaminante y teniendo como finalidad la mejora de la eficiencia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

No obstante, para reducir la carga orgánica de los efluentes domésticos no existe ninguna regulación, por tal motivo es muy sustancial remover la carga orgánica de este efluente para ayudar en el funcionamiento eficiente de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual y evitar el colapso de las redes de alcantarillado que recogen todos los efluentes residuales.

Para lograr la reducción de la carga orgánica podemos apoyarnos en el uso de materiales vegetales como semillas, cortezas y frutos, que puedan sustituir al tratamiento convencional (coagulación-floculación por sales sintéticas), que hayan sido previamente estudiados, generen un resultado positivo y no impliquen un gasto elevado para el tratamiento.

Tal como lo desarrolló MERA (2016), en el trabajo de investigación documentado sobre el Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia, expuso que el polvo de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) es más eficiente y no perjudica al ecosistema en comparación del sulfato de aluminio, con una remoción de turbidez de 92%, con una dosis de 4 g/600 mL con turbidez inicial >2000 NTU y una turbidez final de 170 NTU.

En remoción de sólidos suspendidos con una dosis de 4 g/600 mL de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) teniendo 6840 mg/L sólidos suspendidos antes del tratamiento, se obtuvo 243 mg/L luego del tratamiento, en comparación del sulfato de aluminio que con una dosis de 4 g/600 mL manteniendo la misma concentración de sólidos suspendidos iniciales se obtuvo luego del tratamiento 366 mg/L.

Con respecto a la remoción de coliformes totales, se lograron resultados favorables, con una dosis de 4 g/600 ml de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) teniendo 10000 UFC/100 mL como cantidad de coliformes totales al inicio, se obtuvo 313,3 UFC/100 mL luego del tratamiento, mientras el sulfato de aluminio con la misma dosis y cantidad de coliformes totales iniciales se obtuvo 1360 UFC/100 mL luego del tratamiento. Se

puede verificar la superior efectividad de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) en contraste con los resultados obtenidos con el uso del sulfato de aluminio.

De forma similar, RONDÓN *et al.*(2017), en una investigación, realizada en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica de La Habana José A. Echeverría, acerca del empleo de las semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos se llegó a la conclusión del uso de las semillas como coagulante natural resultó siendo muy óptimo debido a la reducción del 90% de la Demanda Química de Oxígeno obteniendo 280 mg/L de DQO partiendo de un agua residual con una DQO de 1200 mg/L en un pH de 10.

También se estimó que la mejor dosis para la reducción de la Demanda Química de Oxígeno es de 69,70 mg/L, realizando una agitación rápida de 2 minutos y 30 minutos de agitación lenta obteniendo como resultado una reducción del 95,23% de la DQO logrando como resultado 80 mg/L de DBO de un agua residual con una DQO inicial de 1680 mg/L, y elevando el pH inicial de 7,48 hasta un pH final de 10.

En la Universidad del Atlántico, Colombia, OLIVERO *et al.* (2017), realizó una investigación con el fin de evaluar la efectividad de tres coagulantes para clarificar las aguas del río Magdalena. La investigación llamada Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas, para la cual se utilizó el mucilago seco de la *Opuntia ficus*, el cuál fue secado mediante la exposición al sol por 2 horas, para luego ser triturado por un molino y tamizarlo 2 veces para separar el polvo de las partículas más grandes, de la *Moringa oleífera* se utilizó su semilla, se retiró la cáscara para luego ser pulverizadas en un molino y ser tamizadas 2 veces para retener las partículas de mayor tamaño.

En este trabajo se evaluó la eficiencia al mezclar 2 de los 3 coagulantes a estudiar, *Opuntia ficus* – Sulfato de aluminio, *Moringa oleífera* – Sulfato de aluminio y *Opuntia ficus* – *Moringa oleífera*. Se determinó que el mejor resultado fue el de la combinación de *Moringa oleífera* – Sulfato de aluminio a 45,0 ppm y pH 8, generando una turbidez de 1,7 NTU a partir de valores mayores a 400 NTU, alcanzando una eficiencia de 99,5%.

Es importante resaltar que la adición de *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* no aportan ninguna característica de color, sabor ni olor. La eficiencia de remoción de turbidez de los coagulantes naturales es menor que la del sulfato de aluminio, pero al utilizar

cualquiera de los dos coagulantes naturales junto al alumbre se obtienen mejores resultados que al utilizar al sulfato de aluminio solo.

Luego de obtener resultados favorables con el uso de coagulantes naturales en comparación con las sales inorgánicas, podemos afirmar que es posible reemplazar un producto inorgánico por uno orgánico que genere mejores resultados y sea amigable con el medio ambiente, tal como se muestra en el trabajo de investigación titulada Eficiencia de la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú, realizado por FERIA *et al.* (2013), se demostró que esta semilla puede ser una adecuada alternativa para la depuración de agua en zonas con escasos recursos económicos y de dificultoso acceso debido a la geografía del lugar.

En aguas con turbidez que oscilen entre 200 UNT y 360 UNT, el coagulante de semilla de *Moringa oleífera* tiene la misma eficiencia de remoción con una concentración al 1% y en dosificaciones superiores a 10 mg/L, pero con turbiedades que se encuentren por debajo de 50 NTU y dosificaciones bajas, el coagulante a base de semilla de *Moringa oleífera* reduce su eficiencia siendo menor que la del sulfato de aluminio.

En la investigación titulada Tratamiento primario de aguas residuales no domésticas provenientes de la Pontificia Universidad Javeriana mediante el uso de tanino modificado de Acacia, QUINTERO (2018), demostró que el uso de los taninos modificados de Acacia tiende a remover el color en un 74,25% de los efluentes generados en los laboratorios de enseñanza de la Pontificia Universidad Javeriana, esta remoción se realizó en condiciones neutrales de pH y con una dosificación de 625ppm de taninos. Los resultados de remoción no solamente fueron los esperados en color, en Demanda Química de Oxígeno se obtuvo 80,50%, en Sólidos Suspendidos Totales 67,51% y en Conductividad Eléctrica 50,57% de remoción.

De la misma manera, ARISMENDI (2016), en su investigación Evaluación y comparación de la capacidad flocculante de taninos modificados (Quebracho, Acacia, Castaño) y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales utilizó taninos modificados de *Acacia mearnsii*, *Castanea sativa* y *Schinopsis balansae* obtuvo resultados muy favorables para *Acacia mearnsii* y *Schinopsis balansae* por su índice de remoción considerado de Turbidez, Color, pH, ORP y Sólidos totales. Según este trabajo de investigación, los taninos modificados de *Acacia mearnsii* y *Schinopsis balansae* son los más adecuados para poder emplearlos en pruebas piloto en Plantas de Tratamiento Aguas

Residuales como un tratamiento primario, generando una remoción del 89% y 86% de turbidez respectivamente.

Adicionalmente menciona que los sólidos producidos luego del proceso de decantación son más fáciles de tratar y más amigables con el medio ambiente, ya que no poseen sales inorgánicas que son difíciles de degradar y generan un daño al medio ambiente.

Por otro lado, PACA (2017), en su trabajo de titulación llamado Evaluación de residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea realizó el proceso de coagulación a partir de los restos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, para emplearlos como sustituto de los coagulantes sintéticos para el tratamiento de los efluentes residuales de la industria láctea. Los restos vegetales de camote, papa, yuca y plátano primero se lavaron y cortaron en trozos pequeños para facilitar su deshidratación, luego se procedió a secar en el horno a una temperatura de 100°C. Se monitoreaba cada 10 minutos el peso de cada material vegetal para retirarlo del horno cuando tenga ausencia de humedad.

Los resultados fueron favorables en materia de remoción de turbidez, conductividad eléctrica, pH, color, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendedos Totales y, Aceites y grasas. La dosificación óptima está entre 0,7 g/L y 1g/L en concentración al 10%. Se determinó que el mejor residuo vegetal deshidratado según porcentajes de remoción fue el plátano, pero si se desea mejorar aún más su eficiencia se debe de emplear cuando el efluente a tratar posea un pH ácido.

Del mismo modo, ESTRADA (2016), en su investigación Evaluación del rendimiento del almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado con hidróxido de sodio en mezclas con diferentes coagulantes inorgánicos, en comparación con la poliamina N-50 se evaluó el rendimiento del almidón de *Manihot esculenta* modificado con NaOH en mezclas de distintos coagulantes sintéticos para compararlos con la poliamina N-50, lográndose determinar que las mezclas del almidón de *Manihot esculenta* con los coagulantes sintéticos no generan precipitado alguno, y se mantienen estables. En la mezcla del almidón modificado con el clorhidróxido de aluminio se obtuvo la remoción del 48% de turbidez y de color en contraste con la mezcla del cloruro férrico, sulfato de aluminio y el almidón de *Manihot esculenta* modificado.

En trabajos recientes destaca ABDULKAREEM *et al.* (2019), en su investigación response Surface methodology approach to optimization of process parameter for

coagulation process of surface water using *Moringa oleifera* seed, demostrando que es muy factible el uso de *Moringa oleifera* para el proceso de floculación, ellos buscaban un sustituto del coagulante sintético porque está asociado a enfermedades neurodegenerativas y neurotóxicas. A raíz de la investigación se determinó que la solución madre óptima para este ensayo fue de 3g/L a una velocidad de agitación de 100 revoluciones por minuto, 10 minutos de tiempo de agitación y 120 minutos de sedimentación, obteniendo un resultado de 5.94 NTU de turbidez partiendo de una turbidez inicial de 800 NTU.

Por otro parte, BOULAADJOUL *et al.* (2018), en su investigación A novel use of *Moringa oleifera* seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent, obtuvieron un resultado muy favorable para la reducción de DQO comparado con el alumbre porque la *Moringa oleifera* es un producto natural y amigable con el medio ambiente, 97.28% para remoción con *Moringa oleifera* y 92.67% para remoción con alumbre, en cambio con la turbidez fue lo contrario, 96.02% para *Moringa oleifera* y 97.1% para el alumbre. Se puede resaltar que con el uso de la semilla de *Moringa oleifera* el pH no sufre alteración, y es posible reutilizar el lodo sedimentado porque no contiene ningún compuesto sintético que pueda contaminar el medio ambiente.

En la investigación Coagulantes-floculantes orgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas, DÍAZ (2014), demostró la efectividad de la semilla de Moringa realizando dos pruebas. En la primera prueba se demostró que la semilla de Moringa con cáscara redujo la turbidez de 31.94 NTU a 4.63 NTU para un efluente de fábrica y de 23.66 NTU a 3.20 NTU para un efluente doméstico. En la segunda prueba se demostró que la semilla de Moringa sin cáscara redujo la turbidez de 31.94 NTU a 4.24 NTU para un efluente de fábrica y de 42.33 NTU a 1.35 NTU para un efluente doméstico.

La implementación de coagulantes naturales es una nueva alternativa para ser usado en procesos de clarificación, por ser más económicos y por ser biodegradables generando un impacto muy bajo en los ecosistemas. Esta implementación se puede realizar en las zonas rurales y marginales de las ciudades por su fácil uso y por ser muy económico.

Estos tratamientos con productos orgánicos también son efectivos para la reducción de agentes patógenos, tal como lo demostró VUNAIN *et al.* (2019), en su investigación, Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of

*Moringa oleifera* seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi, concluyeron que la semilla de Moringa pulverizada redujo la turbidez de 287 NTU a 38.8 NTU, aumentó el pH de 4.3 a 7.1 y reguló los sólidos disueltos totales (TDS) según los estándares recomendados por la OMS para el agua potable. Se observó una disminución adecuada de la carga microbiana con una dosis de polvo de semilla de Moringa de 15 g/L, con una remoción selectiva contra *Salmonella* y *Shigella* spp. Sin embargo, para dosis de polvo de semilla de Moringa mostró su propio tiempo de sedimentación (contacto) para la reducción de microbios. También se puede inferir que se cumplieron con los objetivos de reducir la carga microbiana, los sólidos totales disueltos y la turbidez, utilizando el polvo de semilla de *Moringa oleifera* como único coagulante natural teniendo en cuenta que es un producto orgánico y es biodegradable en los ecosistemas.

Los autores ABDULLAH *et al.* (2017), en el artículo Colloids Removal from Water Resources Using Natural Coagulant: *Acacia Auriculiformis* demostraron que se pueden remover los coloides presentes en el agua del lago Seri Alam en Malasia. Utilizando una dosis de 0,2 g/L, con un tiempo de contacto de 90 minutos y a una velocidad de agitación de 80 revoluciones por minuto, las pequeñas partículas coloidales formaban adecuadamente un flóculo de gran tamaño y sedimentaban el 98% de los coloides presentes en el agua. Se determinó que las vainas de la *Acaia Auriculiformis* son un adecuado coagulante para este tipo de aguas en la que abundan las partículas coloidales que son vertidas producto de la contaminación de las urbes aledañas.

En el artículo Tannin-based Coagulants from Laboratory to Pilot Plant Scales for Coloured Wastewater Treatment realizado por GREENDA *et al.* (2018), se identificó que el extracto de tanino modificado de *Acacia mearnsii* reducía el color de las aguas residuales entre 85% - 96% precipitando los sólidos disueltos, y haciendo más viscosa la muestra. Con dosis pequeñas de poliacrilamida catiónica o aniónica se observó una mejor reducción de color y un aumento de viscosidad por parte del biocoagulante.

La mayoría de coagulantes naturales tienen en su composición altas concentraciones de taninos, tal como lo demostró DOS SANTOS *et al.* (2018), en el artículo Use of different coagulants for cassava processing wastewater treatment, determinaron que el uso de coagulantes que contienen altas cantidades de taninos genera una buena reducción de color, mayor a 77.5%, y una adecuada reducción de turbidez, mayor a 88.5%. Se utilizaron dosificaciones de 160, 320, 480, 640 y 800 mg/L, con una mezcla rápida de

120 RPM por 2 minutos y una mezcla lenta de 20 RPM durante 15 minutos. En esta investigación se demostró que los coagulantes que poseen taninos tienen una eficacia adecuada para la remoción de color y de turbidez para los efluentes de la industria del almidón de yuca, se logró reducir la turbidez de 184 NTU a 21.13 NTU, de 285 NTU a 32.70 NTU y de 450 NTU a 51.5 NTU.

Los taninos generan una adecuada reducción de partículas coloidales, según LOPES *et al.* (2019), en el artículo de investigación Evaluation of a tannin-based coagulant on the decolorization of synthetic effluents, concluyeron que el uso de los coagulantes que poseen taninos es adecuado para el tratamiento de efluentes con colorantes, para demostrar esto se hizo una comparación entre el coagulante derivado de tanino y el cloruro férrico. Se preparó una solución acuosa que simula un efluente residual de industria textil con un colorante azoico que contiene colorante y sales de 35 UC. En condiciones ácidas se logró realizar una decoloración total 0 UC, pero se usó más dosis del coagulante derivado del tanino, el triple en relación a la dosis del cloruro férrico. En condiciones neutras y alcalinas se utilizó 180 mg/L de coagulante derivado del tanino para la decoloración total de la muestra, en cambio para el cloruro férrico se utilizó una dosis de 240 mg/L, pero solamente se pudo decolorar al 20% 7 UC. Se pudo determinar que en condiciones normales de un efluente residual textil (condiciones alcalinas y neutras) el coagulante derivado del tanino tiene una mejor eficiencia.

En la investigación Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations, OLADOJA (2015), determinó que los coagulantes biológicos poseen mayor eficiencia que los coagulantes sintéticos, esto se demostró aplicando coagulantes naturales en procesos de tratamiento de agua residual con un pH alcalino, generando una mayor remoción de turbidez en comparación con un coagulante sintético. Adicionalmente se concluyó que los lodos removidos en el proceso de coagulación - floculación - sedimentación, pueden ser reutilizados porque no poseen sales sintéticas que puedan alterar la composición de ecosistemas naturales, y tienen una gran importancia económica porque es un producto natural y su obtención no requiere insumos que pueden elevar el costo del tratamiento del agua residual. El porcentaje de remoción de turbidez fueron de 95% para la *Moringa oleifera*, de 250 NTU a 12.5 NTU, de 87% para la *Casia obtusifolia*, de 250 NTU a 32.5 NTU y de 82% para la *Ocimum basilicum* de 250 NTU a 45 NTU.

Para mejorar la eficiencia de algunos coagulantes se puede utilizar las nanopartículas de magnetita, tal como MATEUS *et al.* (2018), en el estudio titulado Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with *Moringa oleifera* seed extract, determinaron que usando nanopartículas de magnetita y polvo de semilla de *Moringa oleifera* se aumenta la eficiencia en el proceso de coagulación - floculación - sedimentación. Se pudo eliminar el 96.8% de la turbidez y el 97.1% del color aparente de una turbidez inicial de 328 NTU a 10,5 NTU y el color de 42 UC a 1,2 UC. También se compararon los tiempos de sedimentación de los flóculos formados en el proceso, para el uso del polvo de semilla de *Moringa oleifera* se estableció un tiempo de 30 minutos, y para el polvo de semilla de *Moringa oleifera* con nanopartículas de magnetita se estableció un tiempo de 10 minutos, reduciendo el rango de tiempo para la sedimentación.

La semilla de Moringa se puede utilizar en distintos efluentes industriales por su gran eficiencia para remover turbidez, según DE PAULA *et al.* (2018), en su investigación titulada Dosage optimization of *Moringa oleifera* seed and traditional chemical coagulants solutions for concrete plant wastewater treatment determinaron la dosis adecuada para la aplicación de polvo de semilla de *Moringa oleifera* para reducir la turbidez de los efluentes provenientes de la industria cementera. Se compararon 3 tipos de coagulantes: polvo de semilla de *Moringa oleifera* Sulfato de aluminio y Cloruro férrico, con una dosis de 9.4 mL/L, 7.2 mL/L y 3.6 mL/L respectivamente. Se obtuvo una reducción del 99.9% de la turbidez a partir de una turbidez inicial de 410 NTU, pero para realizar un procedimiento de recirculación del agua residual tratada se debe de regular el pH, la alcalinidad y la dureza.

Adicionalmente a la remoción de partículas coloidales que genera el uso de semilla de Moringa, se adjudica la reducción de la cantidad de patógenos presentes en el agua, según PETERSEN *et al.* (2016), en la investigación Removal of *Cryptosporidium parvum* oocysts in low quality water using *Moringa oleifera* seed extract as coagulant determinaron que las semillas de *Moringa oleifera* pueden reducir los quistes de Parvum de *Cryptosporidium* y la turbidez del agua. Se aplicaron dosis de polvo de semilla de Moringa y se redujo la carga de quistes de *C. parvum* en un 38%, y la turbidez se redujo en un 94.7% de una turbidez inicial de 58 NTU a 3,74 NTU. Se indicó que los pobladores que usan el agua contaminada con los quistes de *Parvum de Cryptosporidium* puede utilizar las semillas de este árbol que crece en muchos países tropicales haciendo

su uso muy fácil ya que no se requiere tecnología muy avanzada para su implementación y sencillo de conseguir ya que crece cerca de las zonas de sembrío de frutas. Sin embargo, el tratamiento con la semilla de Moringa no pudo remover la totalidad de los quistes de *Parvum de Cryptosporidium* por eso se recomienda un tratamiento adicional para el uso del agua en riego de vegetales y frutas.

De la misma manera, KEOGH *et al.* (2017), en su publicación Evaluation of the natural coagulant *Moringa oleifera* as a pretreatment for SODIS in contaminated turbid water se demostró que el polvo de semilla de *Moringa oleifera* remueve la turbidez mejor que el filtrado, con una turbidez inicial de 30 NTU puede remover el 95% de la turbidez y detiene el crecimiento de agentes patógenos microbianos que pueden afectar el agua y cambiar sus características inocuas. Se demostró que luego del tratamiento con polvo de semilla de *Moringa oleifera* el agua tratada puede durar varios días sin presentar algún crecimiento microbiano en ella.

En el artículo de investigación llamado Development and efficacy analysis of a *Moringa oleifera* based potable water purification kit, realizado por VIRK *et al.* (2019), se determinó que 100 mg/mL de polvo de semilla de *Moringa oleifera* fue efectivo en inhibir las cepas de *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* y MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina). Desarrollaron un kit portátil de purificación para el agua que contiene una bolsa de inmersión con polvo de semilla de Moringa para eliminar cepas de bacterias patógenas que puedan afectar la calidad del agua que se usa para consumo humano. Se adicionan los 100 g de polvo de semilla de Moringa en 1 L de agua a tratar y se deja reposar por 5 minutos, en ese plazo de tiempo la Moringa inhibe las bacterias patógenas y desinfecta el 99.9% del agua.

Igualmente, FREITAS *et al.* (2016), en el artículo Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble *Moringa oleifera* seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water indicaron que las sales de aluminio empleadas en el proceso del tratamiento del agua son riesgosas debido a la asociación que existe entre el aluminio residual y las lesiones cerebrales humanas. Por eso se empleó un tratamiento paralelo con semillas de Moringa para determinar la eficiencia y compararlo con el efecto que generan las sales de aluminio. En la prueba de jarras se determinó que las semillas de Moringa obtuvieron un 96.8% de remoción de turbidez (8,96 NTU) y las sales de aluminio obtuvieron 91.3% de remoción de turbidez (27,16 NTU) partiendo de una turbidez inicial de 280 NTU.

También se determinó la concentración de aluminio residual del agua antes del tratamiento con sales (0.3 mg/L) y luego del tratamiento (35.5 mg/L) obteniendo un resultado considerable como para poder considerar el uso de la semilla de Moringa como sustituto de las sales de aluminio.

Según los estudios previos a esta investigación se pudo evidenciar que los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* son capaces de reducir partículas coloidales de distintos tipos de efluente residual, pero no siempre fueron utilizados para remover la contaminación presente en el agua.

*Moringa oleífera* es una especie endémica de la cordillera del continente asiático. En el siglo XIX se insertó en América como alimento. Esta especie es muy característica por sus hojas pinnadas y su vaina larga y leñosa. Sus flores poseen 5 pétalos, 5 sépalos y 5 estambres. Cuando el árbol llega a ser adulto puede llegar a medir hasta 10 metros (ACEVEDO, 2019). En la actualidad esta especie se encuentra distribuida en diversos países de los trópicos y subtrópicos (Tabla 1).

Tabla 1  
*Clasificación científica de Moringa oleífera*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Eudicotyledoneae
Subclase	Rosidae
Orden	Brassicales
Familia	Moringaceae
Género	<i>Moringa</i>
Especie	<i>Moringa oleífera</i>

Fuente: ACEVEDO (2019)

La *Moringa oleífera* tiene mucha relevancia debido a la cantidad de aminoácidos, minerales y vitaminas que posee, según algunos estudios recientes indican que contiene "más cantidad de vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal" (GÓMEZ, 2014).

Para la elaboración del coagulante de *Moringa oleífera*, ACEVEDO (2019), recolectó los frutos del árbol de *Moringa oleífera*, son vainas que contienen alrededor de 20 semillas

por fruto. Se escogen las vainas más secas y se retiran las semillas manualmente para luego proceder a molerlas para extraer las proteínas catiónicas las cuales son las responsables de la floculación.

La propiedad de reducción de turbiedades altas a base de polvo de semilla está demostrada, sin embargo, para reducción de turbiedades bajas existe un factor limitante, esto puede deberse al bajo peso molecular del coagulante y al mecanismo de parche de neutralización de carga y formación de flóculos, la cual está encargada de formar partículas muy pequeñas y con muy poco peso.

En los coagulantes naturales presentados también destaca la *Acacia melanoxylon*. Esta especie nativa de Australia del continente de Oceanía. Según MAHECHA (2014), llegan a medir hasta 20 metros de altura, y su tallo llega a medir 50 centímetros de ancho, sus hojas miden entre 6 y 10 centímetros de largo por 2 centímetros de ancho con borde entero y lisas. Posee una amplia tolerancia a distintos tipos de suelo, es de clima seco, húmedo y muy húmedo, puede crecer desde los 1500 hasta los 3000 m.s.n.m. su madera se utiliza para hacer postes para cercas (Tabla 2).

Del árbol de acacia se aprovechada madera para varios fines, mientras que de la corteza se obtiene un extracto que tiene abundante cantidad de taninos vegetales, los cuales son usados en la elaboración de adhesivos, en el curtido del cuero y como coagulante para el tratamiento del agua (SALAS, 2016).

Tabla 2  
*Clasificación científica de Acacia melanoxylon*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Acacia</i>
Especie	<i>Acacia melanoxylon</i>

Fuente: MAHECHA (2014)

Los taninos naturales que posee la *Acacia* le brindan la acción coagulante al extracto de la corteza, este extracto se obtiene mediante procesos sencillos. El extracto de la *acacia* tiene en su estructura anillos de flavonoides que tienen un grupo catecol, y que pueden

formar complejos con proteínas, minerales y macromoléculas. El empleo de la acacia resulta beneficioso debido a su alta capacidad coagulante y porque es barato y sencillo de manejar.

De igual manera podemos indicar que un potencial coagulante natural es el almidón de *Manihot esculenta* debido a los estudios efectuados a partir de su uso. La *Manihot esculenta* es una especie de origen americano, perteneciente a la familia Euphorbiaceae. El cultivo de yuca es una actividad muy importante, tanto económica como culturalmente, en las poblaciones rurales de muchos países del mundo. En algunos países en vías de desarrollo, la yuca es un componente principal en la ración alimenticia de sus habitantes, como también de sus animales (Tabla 3).

La yuca es un producto que se utiliza para el consumo humano, pero adicionalmente la industria la usa para la producción de harina, almidón, trozos secos, entre otros productos derivados de la yuca.

Tabla 3  
*Clasificación científica de Manihot esculenta*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	<i>Manihot</i>
Especie	<i>Manihot esculenta</i>

Fuente: ESTRADA (2016)

La *Manihot esculenta* como otras plantas que almacenan su alimento en raíces en forma de almidón, el almidón es un polisacárido conformado por amilosa y amilopectina en su mayoría, siendo responsable del efecto coagulante la amilopectina (ESTRADA 2016).

La amilopectina es un polímero altamente ramificado que tiene la propiedad de coagulante. La amilopectina es el principal componente del almidón, entre 70- 80% del almidón.

Para poder realizar pruebas con estos materiales vegetales y muestras de agua para determinar una dosis adecuada se necesita emplear un equipo llamado prueba de jarras.

La prueba de jarras es un equipo de laboratorio que nos permite simular el proceso de coagulación y floculación en condiciones controladas, nos permite moderar el pH, alterar la dosis del coagulante, como la velocidad de mezcla para simular las condiciones de una planta de tratamiento (ESTRADA, 2016).

La aplicación de cada material vegetal generará un proceso llamado coagulación, el cual, es un proceso mediante el cual se adiciona un coagulante para ayudar a sedimentar partículas en suspensión desestabilizando las cargas de las partículas para luego se vuelvan a aglomerar en partículas más grandes, aprovechando el peso resultante de la aglomeración de partículas para poder sedimentarlas.

La coagulación consta de 3 etapas: etapa de neutralización de cargas negativas, formación de flóculos de óxido hidratado coloidal con carga positiva y adsorción superficial de impurezas por los flóculos.

Este proceso se empleará para determinar la dosis óptima de cada material vegetal para una muestra de agua residual doméstica. El agua residual doméstica es la descarga residual proveniente de domicilios e instituciones, conformada por los desechos líquidos procedentes de la cocina, lavandería, baño, etc. y se le conoce popularmente como desagüe doméstico, que en su composición poseen materia orgánica con distinto grado de biodegradabilidad, compuestos nitrogenados y fosforados, y microorganismos patógenos (SEDAPAL, 2017).

En este proceso se busca reducir la carga orgánica del agua residual doméstica, según OROZCO (2014), se puede definir como la cantidad de alimento por unidad de biomasa que reciben por día los microorganismos, en términos de Kg DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno) / Kg SSVLM (Sólidos Suspendidos Volátiles del Líquido Mezcla) por día y los parámetros que nos indican la presencia de esta son DBO<sub>5</sub>, Turbidez, Coliformes totales y Oxígeno disuelto.

En una PTAR para reducir la carga orgánica de efluentes residuales se debe de realizar un tratamiento de aguas residuales, según RAMALHO (2013), es un proceso que inicia por la separación física de sólidos de gran tamaño de la corriente de aguas domésticas o industriales utilizando un sistema de cribas, posteriormente se emplea un desarenador para la separación de arenas para luego pasar al sistema de sedimentación donde los sólidos de menor tamaño que pueden sedimentar son retenidos. Luego se emplea un sistema de digestión microbiana para reducir la materia biológica disuelta usando

bacterias específicas presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es removida se puede aplicar los procesos de filtración y desinfección según las características del agua que se quiere generar.

Previamente para elegir que tratamiento se le brindará al agua residual se debe de realizar una caracterización, la cual nos brindará un mejor panorama de todos los componentes presentes en el agua. Según DELGADILLO *et al.* (2010), la caracterización del agua residual es una técnica que tiene como finalidad determinar el tratamiento adecuado, según las características del agua residual, que se implementará al agua residual para reducir su carga contaminante.

La caracterización del agua residual se da mediante el análisis de parámetros físicos (Temperatura, Olor, Turbidez, Color, Conductividad eléctrica y Sólidos totales), químicos (pH, Compuestos inorgánicos y Compuestos orgánicos) y microbiológicos (Bacterias, Virus y Parásitos) que el agua posee.

También es muy importante considerar en la caracterización del agua residual a los parámetros microbiológicos como Coliformes totales, porque son los principales agentes que generan problemas de salud (gastrointestinales) en lugares donde conseguir agua de calidad es muy difícil. Según la ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2013), se les designa coliformes totales a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Dentro de este grupo de microorganismos se encuentran los coliformes termotolerantes y el *Escherichia coli*.

Para determinar la dosis óptima de cada material vegetal en esta investigación, se inició con la preparación de una solución madre para cada material vegetal, con la finalidad de que los resultados sean más confiables. Según las NACIONES UNIDAS (2012), la solución madre es una solución estándar con una concentración alta la cual servirá como patrón para demás disoluciones.

Esta investigación se generó para darle respuesta a interrogantes que surgieron para erradicar el problema de carga orgánica de los efluentes domésticos con el uso de cada material vegetal. Se plantearon problemas para esta investigación los cuales los podemos clasificar como problema general y problemas específicos.

Problema general: ¿En cuánto, los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*, reducirán la carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres?

Problema específico 1: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de la carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres, de cada uno de los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*?

Problema específico 2: ¿Qué material vegetal tiene mayor porcentaje de remoción de la carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres?

Y por último el problema específico 3: ¿Es posible reutilizar el agua residual doméstica tratada con los materiales vegetales para el riego de hortalizas?

El motivo principal para realizar esta investigación surgió a raíz de una evaluación de eficiencia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel nacional por la SUNASS en la cual indica que las plantas a nivel nacional no llegan a tratar generar el porcentaje de remoción esperado de los afluentes residuales debido a la sobrecarga de carga orgánica.

Debido al problema descrito líneas arriba nace la necesidad de reducir la carga orgánica de los efluentes domésticos para ayudar a minimizar el exceso de concentración de carga orgánica que sufren las plantas de tratamiento de aguas residuales y por consiguiente aseguramos el buen funcionamiento de estas, que las conexiones que dirigen el efluente residual doméstico no sufran colapsos por acumulación de materia orgánica en sus estructuras y tengan un mayor tiempo de vida.

Esta investigación es para todos los usuarios domésticos, y está enfatizada en los usuarios en donde en sus conexiones de desagüe sufren constantes atoros. Se podrá generar un efluentel con menos carga orgánica, y en consecuencia al reducir la carga orgánica de los

efluentes se mejora el tiempo de vida de los servicios de desagüe de la EPS a cargo, adicionalmente la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales aumenta.

Sirve como precedente para futuras investigaciones en las cuales puedan reutilizar el sólido resultante del proceso de coagulación con materiales vegetales debido a que el coagulante es natural y no deja residuos como los coagulantes sintéticos que en la actualidad se utilizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. También se puede realizar una adecuada gestión del recurso hídrico para poder reutilizarlo en riego de áreas verdes o poder realizar sistemas de recirculación adicionándoles un sistema de desinfección.

Otro de los motivos para realizar esta investigación fue para aportar conocimiento y datos actualizados para utilizarlos como referencias en trabajos similares en los cuales se puedan utilizar los mismos materiales vegetales utilizados en esta investigación, debido a que se demuestra la eficiencia de cada material vegetal y su cantidad de remoción por dosis utilizada.

Esta investigación sirve de base para futuros trabajos que tengan como objetivo determinar la reducción de carga orgánica de efluentes residuales empleando materiales vegetales, y es evidencia para poder establecer una dosis adecuada por cantidad de materia orgánica a remover.

Una de las razones por las cuales se realizó esta investigación fue por la necesidad de reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales domésticas, porque a su vez estas aportan carga orgánica a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales generando un exceso de concentración de carga orgánica a tratar y en consecuencia un funcionamiento ineficiente de la PTAR. Para que la PTAR pueda tratar el agua residual con elevada carga orgánica, esta debe de verter una parte de agua residual sin tratar al cuerpo de agua receptor para reducir el nivel de concentración de la carga orgánica y así puedan realizar un tratamiento adecuado. Por ese motivo es necesario reducir la carga orgánica de las aguas residuales domésticas ya que la PTAR recibirá menos carga orgánica y podrá trabajar de manera eficiente.

Un fundamento importante para la materialización de esta investigación fue el uso de materiales vegetales para reducir la carga orgánica en aguas residuales domésticas, para que sirva como base para futuros proyectos en los cuales se contemplen el uso de dichos

materiales, aportando sustento y viabilidad para acreditar su uso y un resultado óptimo basados en esta investigación.

Esta investigación se realizó para que sirva como base la implementación del uso de estos materiales vegetales en la mayoría de sistemas de tratamiento de aguas residuales, economizando recursos y manteniendo un proceso sostenible y amigable con el medio ambiente al sustituir el uso de sales sintéticas por el uso de estos materiales vegetales que son biodegradables.

En base a las investigaciones preliminares detalladas en esta investigación podemos generar una hipótesis general y tres hipótesis específicas para satisfacer al problema general y a los problemas específicos correspondientemente.

Hipótesis general: Los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* reducen la carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres.

Hipótesis específica 1: Uno de los materiales vegetales es más eficiente con respecto a los demás.

Hipótesis específica 2: Uno de los materiales vegetales genera una remoción de carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres por encima del 50%.

Y por último la hipótesis específica 3: El agua residual doméstica tratada con los materiales vegetales se puede reutilizar para el riego de hortalizas.

Luego de haber planteado las hipótesis se decidió que la mejor manera para abordar los problemas planteados sería determinando objetivos, estos son el objetivo principal y los objetivos específicos.

Objetivo principal: Determinar la reducción de la carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres con materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*.

Objetivo específico 1: Determinar que material vegetal es más eficiente con respecto a los demás.

Objetivo específico 2: Determinar que material vegetal genera una remoción de carga orgánica de los efluentes domésticos de la urbanización Ingeniería de San Martín de Porres por encima del 50%.

Y por último el objetivo específico 3: Determinar si es posible reutilizar el agua residual doméstica tratada con los materiales vegetales para el riego de hortalizas.

## **II. MÉTODO**

### **2.1.- Diseño de Investigación**

#### **2.1.1.- Tipo de Estudio**

El tipo de investigación de este estudio fue aplicada, porque se buscó reducir la carga orgánica presente en el agua residual doméstica mediante el uso de materiales vegetales. Es decir, se evaluó la remoción de materia orgánica, mediante la medición de parámetros, (Turbidez, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales) que se generará a raíz del proceso de coagulación por parte del material vegetal de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* en el efluente residual doméstico.

#### **2.1.2.- Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación de este estudio fue explicativo, ya que se explicó la relación que hay entre la remoción de materia orgánica del efluente residual doméstico que generan las viviendas del distrito de San Martín de Porres, con el material vegetal de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* que se empleó para dicho proceso.

#### **2.1.3.- Diseño de la Investigación**

El presente estudio fue experimental según las directrices del método científico. El estudio consistió en la reducción de la carga orgánica del efluente residual doméstico mediante la aplicación de materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*. Se manipuló la variable independiente (polvo de semillas de *Moringa oleífera*, extracto de corteza de *Acacia melanoxylon* y almidón de *Manihot esculenta*) para observar la reacción de la variable dependiente (reducción de la carga orgánica del efluente residual doméstico).

## 2.2.- Variables, Operacionalización

Tabla 4

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE	Biomasa vegetal de <i>Moringa oleífera</i> , <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>	Semilla de <i>Moringa oleífera</i>	Compuestos orgánicos que se emplearon como coagulantes naturales para realizar la remoción de carga orgánica del efluente doméstico residual.	Prueba con polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i>	Dosis del polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> .	mL/L
					Agitación rápida	RPM
					Agitación lenta	RPM
		Corteza de <i>Acacia melanoxylon</i>		Prueba con polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i>	Dosis del polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> .	mL/L
					Agitación rápida	RPM
					Agitación lenta	RPM
		Almidón de <i>Manihot esculenta</i>		Prueba con polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i>	Dosis del polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> .	mL/L
					Agitación rápida	RPM
					Agitación lenta	RPM
DEPENDIENTE	Reducción de la carga orgánica del efluente doméstico residual	Disminución de la concentración de carga orgánica presente en el agua	Valor o índice obtenido luego del proceso de coagulación empleando biomasa vegetal de <i>Moringa oleífera</i> , <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>	Parámetros físico-químicos y microbiológicos de carga orgánica	Turbidez	NTU
					Temperatura	Celsius
					Oxígeno disuelto	mg/L
					pH	razón
					DBO <sub>5</sub>	mg/L
				Coliformes totales	NMP/100 mL	
				Estándar de Calidad Ambiental – Agua, Categoría 3, D1, Agua para riego restringido.	DBO <sub>5</sub>	mg/L
Coliformes totales	NMP/100 mL					

Fuente: Elaboración propia

## **2.3.- Población y Muestra**

### **2.3.1.- Población**

CRUZ *et al.* (2014), la población es el conglomerado de todas las unidades que poseen en común una o más cualidades de las que se desea investigar.

Para esta investigación se determinó que la población será el total de agua residual doméstica generado por los domicilios de la urbanización Ingeniería en el distrito de San Martín de Porres.

### **2.3.2.- Muestra**

MUÑOZ (2015), la muestra es el grupo de unidades que representan de manera adecuada a la población, posee las mismas características que la población, pero tienen un menor número de unidades.

La muestra fue de 120 litros de agua residual doméstica generada por los domicilios pertenecientes a la urbanización Ingeniería en el distrito de San Martín de Porres.

### **2.3.3.- Muestreo**

CRUZ *et al.* (2014), el muestreo es el procedimiento por el cual se toman muestras con el fin de concluir los resultados hallados en la muestra, estos resultados sirvieron para determinar las características de la población por ser de carácter representativo.

MUÑOZ (2015), se considera realizar un muestreo probabilístico cuando se determina que la muestra es igual y conocida.

Se aplicó un muestreo probabilístico porque se empleó un muestreo aleatorio simple e integrado. Se tomó la muestra de agua residual doméstica en la caja de registro que se encuentra en la vereda de los puntos a monitorear, se consideró la RM N.º 273 - 2013 - VIVIENDA, "Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales".

#### **2.3.4.- Criterios de Selección**

Muestreo se realizó por las características consideradas a analizar y por su accesibilidad, los puntos de muestreo contaron con estas consideraciones:

- Que el efluente residual doméstico sea turbio.
- Que el domicilio al cual pertenece el punto de monitoreo sea habitado por una familia numerosa, o posea más de dos pisos construidos.
- Que todos los efluentes residuales domésticos del domicilio descarguen en el punto de monitoreo para luego ser conducidos a la red de alcantarillado.

## 2.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 5

Etapas del proyecto

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADOS
Recolección y de caracterización muestras	Urbanización Ingeniería, distrito de San Martín de Porres	Análisis documental	Registro de cadena de custodia Registro de datos de campo	Muestra de agua residual doméstica
	Laboratorio Envirotest S.A.C.	Experimental	<b>Métodos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed.</li> <li>Demanda bioquímica de oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd.Ed..</li> </ul>	Caracterización físico-química y microbiológica del agua residual doméstica
	Laboratorio de Físico-química – SENATI, SURQUILLO	Experimental	<b>Métodos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oxígeno disuelto: EPA Method 360.1</li> <li>pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (Incluye MUESTREO)</li> <li>Temperatura: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.</li> <li>Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd.Ed.</li> </ul>	Caracterización físico-química del agua residual doméstica
Obtención de polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i> <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>	Mera, Gutiérrez, Montes, Paz, (2016). Rondón <i>et al.</i> , (2017). Olivero, Florez, Vega, Villegas, (2017).	Experimental	Método mecánico para extracción de cáscara, pulverizado y tamizado, y uso de aparato Soxhlet para desengrasado.	Polvo de semilla <i>Moringa oleífera</i> sin grasa.
	Quintero, (2018). Arismendi, (2016).		Método mecánico para extracción de corteza, pulverizado y tamizado, y uso de aparato Soxhlet para retirar impurezas.	Polvo de corteza de <i>Acacia melanoxylon</i> .
	Paca, (2017). Estrada, (2016).		Método mecánico para corte, triturado, filtrado, sedimentado y obtención del almidón.	Polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i>

<b>Coagulación, floculación y sedimentación utilizando polvo de semilla de <i>Moringa oleífera</i>, <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>.</b>	Mera, Gutiérrez, Montes, Paz, (2016). Rondón <i>et al.</i> , (2017). Olivero, Florez, Vega, Villegas, (2017). Quintero, (2018). Arismendi, (2016). Paca, (2017). Estrada, (2016).	Experimental	Registro de datos del tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> , <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>	Dosis óptima del material vegetal, pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno disuelto, DBO <sub>5</sub> , Coliformes totales
<b>Determinación del porcentaje de reducción de carga orgánica y eficiencia del material vegetal de <i>Moringa oleífera</i>, <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>.</b>	Mera, Gutiérrez, Montes, Paz, (2016). Rondón et al., (2017). Olivero, Florez, Vega, Villegas, (2017). Quintero, (2018). Arismendi, (2016). Paca, (2017). Estrada, (2016).	Análisis documenta	Registro de datos del tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> , <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i>	Porcentaje de reducción de carga orgánica (Turbidez, DBO <sub>5</sub> , Coliformes totales) del agua residual doméstica. Eficiencia del material vegetal.

Fuente: Elaboración propia

#### **2.4.2.- Validez y confiabilidad del instrumento**

Los expertos en el tema de investigación, el Ing. Sanitario Hebel Olivas Hidalgo, el Ing. Sanitario Cyryll Víctor Huamán Torres y el Ing. Sanitario Raúl José Madueño Huaruco validaron el instrumento que se utilizará para el proyecto de investigación, luego de realizar una evaluación individual a cada ítem de la investigación, así como se evidencia en el anexo 4

#### **2.5.- Procedimiento**

##### **Etapa 1:**

Se recolectó la muestra en la urbanización Ingeniería en el distrito de San Martín de Porres según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, aplicando la técnica análisis documental. Se aplicó un muestreo probabilístico porque se empleó un muestreo aleatorio simple e integrado siguiendo los criterios de selección especificados en el presente trabajo.

Luego de haber obtenido la muestra, se caracterizó la muestra de agua en el Laboratorio Envirotest S.A.C. y en el Laboratorio de Físico-química – SENATI, Surquillo, para poder corroborar los datos y obtener más confiabilidad de los resultados empleando la técnica experimental.

##### **Etapa 2:**

Se obtuvo el polvo de semilla de *Moringa oleífera* según el Método de extracción Soxhlet, para ello se empleó la técnica experimental. Se tuvo que retirar la cáscara de la semilla, pulverizarla y tamizarla. Luego de estas operaciones mecánicas se desengrasó el polvo de semilla obtenido mediante el uso del extractor de Soxhlet. Luego se procedió a secar el polvo de semilla desengrasado en la estufa para evaporar el disolvente utilizado en el extractor de Soxhlet. Después del secado se realizó el pulverizado y se procedió a tamizarlo.

##### **Etapa 3:**

Se consiguió el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* según el Método de extracción Soxhlet con la técnica experimental, para esto se tuvo que retirar la corteza de la *Acacia melanoxylon*, cortarla, pulverizarla y tamizarla. Luego de estas operaciones mecánicas se retiró las impurezas del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* obtenido mediante el uso del extractor de Soxhlet. Luego se procedió a secar el polvo de corteza en la estufa

para evaporar el disolvente utilizado en el extractor de Soxhlet y obtener un polvo de corteza libre de impurezas.

#### **Etapa 4:**

Se extrajo el polvo de almidón de *Manihot esculenta* según el Método de Extracción por Decantación basándose en la técnica experimental, se cortó la *Manihot esculenta* en trozos para luego licuarlos. Luego se filtró el resultado del licuado para retirar partes aún sólidas. Se dejó reposar por 5 horas al líquido filtrado para que el almidón pueda sedimentar y forme consistencia. Luego se procedió a retirar el líquido sobrante colando el almidón para luego secarlo en la estufa, después de que el almidón se encontró seco se procedió a pulverizarlo y tamizarlo.

#### **Etapa 5:**

Se determinó la dosis óptima del polvo de semilla de *Moringa oleífera* utilizando el método del Test de Jarras, la Curva de coagulación y la técnica experimental. Luego se determinaron los parámetros pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales a partir de una solución madre del material vegetal.

#### **Etapa 6:**

Se consiguió la dosis óptima del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* utilizando el método del Test de Jarras, la Curva de coagulación y empleando la técnica experimental. Luego se determinaron los parámetros pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales a partir de una solución madre del material vegetal.

#### **Etapa 7:**

Se obtuvo la dosis óptima del polvo de almidón de *Manihot esculenta* utilizando el método del Test de Jarras, la Curva de coagulación y empleando la técnica experimental. Luego se determinaron los parámetros pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales a partir de una solución madre del material vegetal.

#### **Etapa 8:**

Con los resultados de los parámetros de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>, Turbidez y Coliformes totales), empleando la técnica de análisis documental, se procedió a determinar su porcentaje de reducción, comparándolos con los resultados antes del tratamiento con el material vegetal de *Moringa oleífera*.

### **Etapa 9:**

Con los resultados de los parámetros de carga orgánica (DBO5, Turbidez y Coliformes totales), empleando la técnica de análisis documental, se procedió a determinar su porcentaje de reducción, comparándolos con los resultados antes del tratamiento con el material vegetal de *Acacia melanoxylon*.

### **Etapa 10:**

Con los resultados de los parámetros de carga orgánica (DBO5, Turbidez y Coliformes totales), empleando la técnica de análisis documental, se procedió a determinar su porcentaje de reducción, comparándolos con los resultados antes del tratamiento con el material vegetal de *Manihot esculenta*.

## **2.6.- Métodos de análisis de datos**

Se utilizó el programa Microsoft Excel para procesar los datos antes y luego del tratamiento del efluente residual doméstico con cada material vegetal a utilizar. Se realizaron evaluaciones estadísticas para obtener resultados adecuados.

MUÑOZ (2015), nos apoyamos en el software IBM SPSS Statistics Base para realizar el análisis de prueba de hipótesis según coeficiente de correlación PEARSON.

**La media aritmética:** se empleó para conseguir el promedio aritmético calculando la suma de todos los resultados y dividiendo la suma entre el número de datos.

**Gráficos estadísticos:** Se emplearon para tener una adecuada representación visual de los resultados obtenidos de tal forma que se puedan percibir fácilmente y compararlos con otros.

**La correlación de Pearson:** se utilizó para determinar la correlación que existe entre dos variables, es el grado de relación que tienen las variables entre sí.

**Coefficiente de determinación:** se obtuvo a partir del coeficiente de Pearson y se empleó para trazar una línea recta a la cual se acercan los puntos con un porcentaje de precisión, esto determinó la precisión del estudio.

## **2.7.- Aspectos éticos**

La presente investigación se desarrolló respetando los derechos de la propiedad intelectual, de igual manera los instrumentos que se utilizaron en el proceso de la investigación están validados por expertos en la materia, y los datos obtenidos en el laboratorio producto de la investigación serán desarrollados en la parte estadística e interpretados por el autor del proyecto de investigación siguiendo las recomendaciones impuestas por la casa de estudios.

### III. RESULTADOS

#### 3.1.- Resumen de etapas

##### Etapa 1

Se determinó la turbidez, pH, Oxígeno disuelto y temperatura de la muestra recopilada de agua residual doméstica, y mediante un análisis practicado al agua residual en el laboratorio ENVIROTEST S.A.C. y en el Laboratorio de Físico-química – SENATI, SURQUILLO, se analizó la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los Coliformes totales, logrando obtener los siguientes datos (Tabla 6):

Tabla 6  
*Caracterización del agua residual doméstica*

Muestra agua residual doméstica	
<b>pH</b>	7.105
<b>Temperatura</b>	21.3 °C
<b>Oxígeno disuelto</b>	1.31 mg/L
<b>Turbidez</b>	252 NTU
<b>DBO<sub>5</sub></b>	292.7 mg/L
<b>Coliformes Totales</b>	227 NMP/100 mL

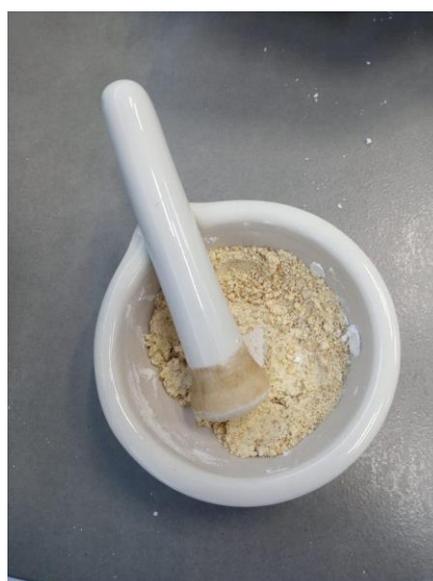
Fuente: Elaboración propia

##### Etapa 2

Se obtuvo el polvo de semilla de *Moringa oleífera*, para eso se retiró la cáscara de la semilla y se procedió a pulverizar y luego tamizar (Figura 1 y 2).



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 1.* Retiro de cáscara de semilla de *Moringa oleífera*



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 2.* Pulverizado de semilla de *Moringa oleífera*

### Etapa 3

Se consiguió extraer el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*, para eso se limpió la corteza y se procedió a pulverizar y luego tamizar (Figura 3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Corteza de *Acacia melanoxylon* pulverizada luego de pasar por el extractor Soxhlet

### Etapa 4

Se extrajo el polvo de almidón de *Manihot esculenta*, para eso se cortó en trozos pequeños, se licuó con un poco de agua y luego con ayuda de un tamiz se procedió a colar los sólidos de gran tamaño. Luego se dejó reposar por 3 horas y por decantación se retiró el líquido sobrante, se llevó a una estufa para que pueda secar todo el almidón. Luego se procedió a pulverizar y luego tamizar (Figura 4, 5, 6, 7 y 8).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Trozos de *Manihot esculenta*



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Licuado de trozos de *Manihot esculenta*



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 6. Tamizado de licuado de Manihot esculenta*



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 7. Sólidos separados luego del tamizado de Manihot esculenta*



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 8. Almidón de Manihot esculenta*

## Etapa 5

Se preparó una solución madre al 5% (50gramos/1 Litro) de polvo de semilla de *Moringa oleífera* para poder realizar la dosificación a partir de esta solución. Se determinó la dosis óptima para la reducción de carga orgánica usando diversas dosis de solución de polvo de semilla de *Moringa oleífera* en un test de jarras con una agitación rápida de 200 RPM por 1 minuto, agitación lenta de 20 RPM por 7 minutos y 10 minutos de reposo. Los parámetros observados fueron pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes totales. Se realizaron 3 pruebas por cada dosis y se promedió el resultado (Figura 9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Test de jarras usando *Moringa oleífera*

Tabla 7

Resultados promedio luego del uso de *Moringa oleífera*

Test de jarras usando <i>Moringa oleífera</i> - promedios						
Dosis (mL/L)	pH	Temperatura(°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
5	7.053	21.2	2.08	44.2	98.4	3.60
10	7.014	21.2	2.75	36.5	72.6	2.53
11	7.01	21.3	2.84	36.2	71.4	2.53
12	7.002	21.2	3.19	31.8	62.8	1.93
13	6.997	21.3	3.32	27.9	55.9	1.87
14	6.989	21.3	3.47	27.4	54.6	1.93
15	6.982	21.2	3.6	24	46.4	1.93
16	6.977	21.2	3.86	21.5	40.2	<b>1.80</b>
17	6.974	21.2	3.91	20.2	36.8	<b>1.80</b>
<b>18</b>	<b>6.972</b>	<b>21.2</b>	<b>4.02</b>	<b>18.4</b>	<b>32.8</b>	<b>1.80</b>
19	6.969	21.3	3.71	23.4	44.9	<b>1.80</b>
20	6.967	21.2	3.58	25.3	48.8	1.93

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestran los valores promedios obtenidos luego de haber realizado el test de jarras usando polvo de semilla de *Moringa oleífera* en una solución al 5% con dosis desde 5 mL hasta 20 mL. Siendo la dosis de 18 mL la más representativa.

## Etapa 6

Se preparó una solución madre al 1% (10gramos/1 Litro) de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* para poder realizar la dosificación a partir de esta solución. Se determinó la dosis óptima para la reducción de carga orgánica usando diversas dosis de solución de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* en un test de jarras con una agitación rápida de 200 RPM por 1 minuto, agitación lenta de 20 RPM por 7 minutos y 10 minutos de reposo. Los parámetros observados fueron pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes totales. Se realizaron 3 pruebas por cada dosis y se promedió el resultado (Figura 10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Test de jarras usando *Acacia melanoxylon*

Tabla 8

Resultados promedio luego del uso de *Acacia melanoxylon*

Test de jarras usando <i>Acacia melanoxylon</i> - promedios						
Dosis (mL/L)	pH	Temperatura(°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
1	7.083	21.3	3.47	22	46.4	1.93
2	7.065	21.1	3.80	12.3	28.3	1.93
3	7.034	21.3	4.09	7.83	20.6	<b>1.8</b>
4	7.033	21.2	4.52	4.88	16.8	<b>1.8</b>
5	7.025	21.3	4.58	4.72	15.1	<b>1.8</b>
<b>6</b>	<b>7.004</b>	<b>21.3</b>	<b>4.73</b>	<b>4.48</b>	<b>14.2</b>	<b>1.8</b>
7	6.985	21.2	4.51	5.64	16.3	<b>1.8</b>
8	6.941	21.2	4.29	6.75	18.5	<b>1.8</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se muestran los valores promedios obtenidos luego de haber realizado el test de jarras usando polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* en una solución al 1% con dosis desde 1 mL hasta 8 mL. Siendo la dosis de 6 mL la más representativa.

## Etapa 7

Se preparó una solución madre al 5% (50gramos/1 Litro) de polvo de almidón de *Manihot esculenta* para poder realizar la dosificación a partir de esta solución. Se determinó la dosis óptima para la reducción de carga orgánica usando diversas dosis de solución de polvo de almidón de *Manihot esculenta* en un test de jarras con una agitación rápida de 200 RPM por 1 minuto, agitación lenta de 20 RPM por 7 minutos y 10 minutos de reposo. Los parámetros observados fueron pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes totales. Se realizaron 3 pruebas por cada dosis y se promedió el resultado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Test de jarras usando *Manihot esculenta*

Tabla 9  
Resultados promedio luego del uso de *Manihot esculenta*

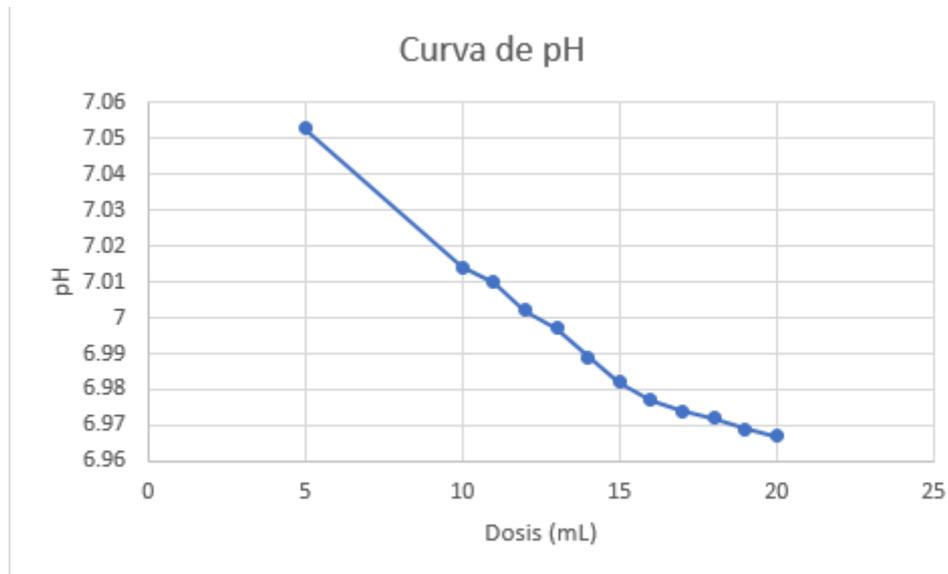
<b>Test de jarras usando <i>Manihot esculenta</i> - promedios</b>						
<b>Dosis (mL/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura(°C)</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>Coliformes Totales (NMP/100 mL)</b>
5	6.962	21.3	2.05	172	275.8	227
6	6.960	21.1	2.2	160	273.9	207
8	6.957	21.2	2.58	145	270.6	193
10	6.954	21.2	2.81	134	267.4	193
<b>12</b>	<b>6.951</b>	<b>21.3</b>	<b>3.06</b>	<b>117</b>	<b>252.1</b>	<b>187</b>
14	6.945	21.3	2.91	127	261.4	193
15	6.941	21.2	2.84	135	263.8	193
16	6.942	21.2	2.75	138	265.4	193
18	6.937	21.2	2.89	134	261.7	193
20	6.934	21.2	2.77	131	258.2	193

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestran los valores promedios obtenidos luego de haber realizado el test de jarras usando polvo de almidón de *Manihot esculenta* en una solución al 5% con dosis desde 5 mL hasta 20 mL. Siendo la dosis de 12 mL la más representativa.

## Etapa 8

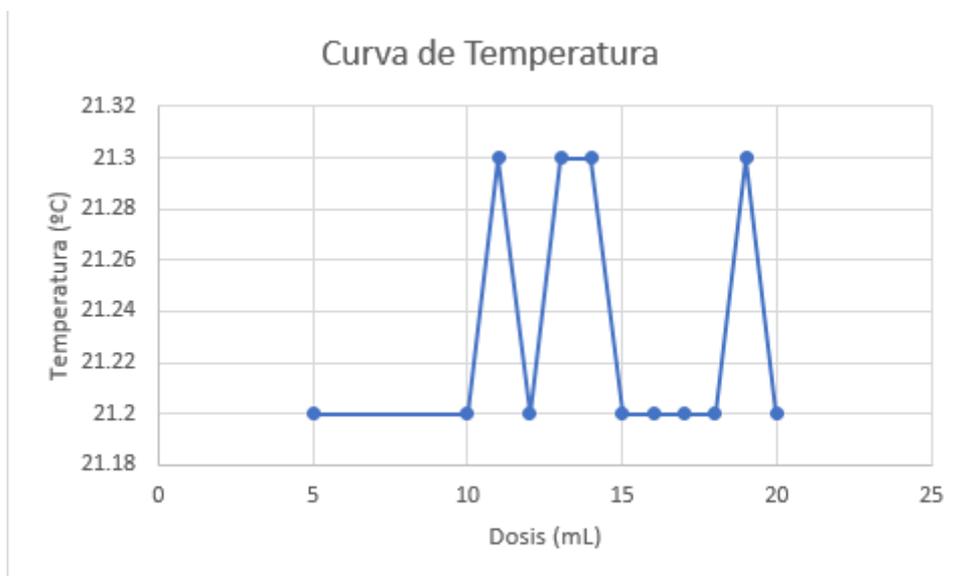
Con los datos obtenidos luego del test de jarras usando el polvo de semilla de *Moringa oleífera* se procedió a documentar y analizar los datos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Curva de pH usando *Moringa oleífera*

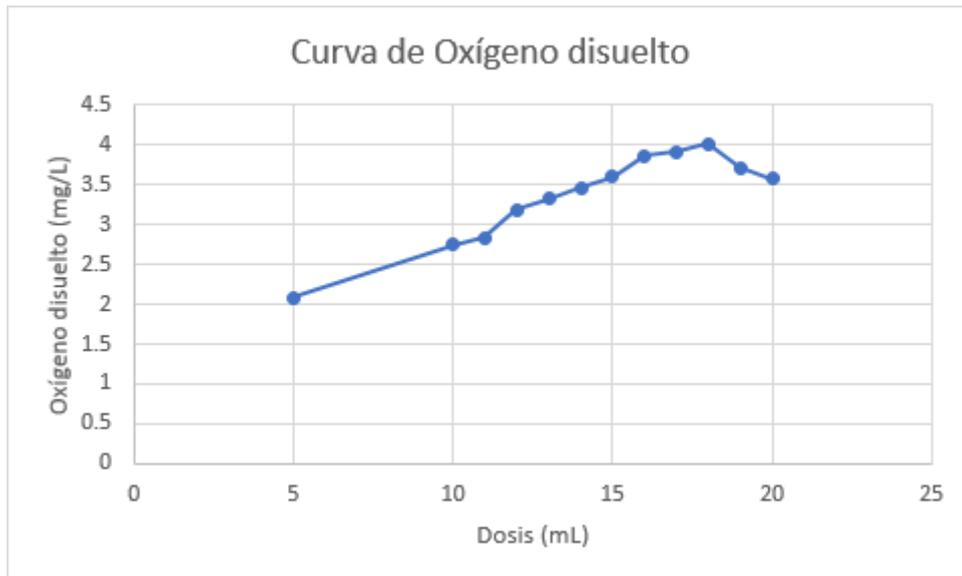
En la figura 12, se muestra que al aumentar la dosis de solución al 5% del polvo de semilla de *Moringa oleífera* el pH desciende acidificando la muestra a tratar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Curva de temperatura usando *Moringa oleífera*

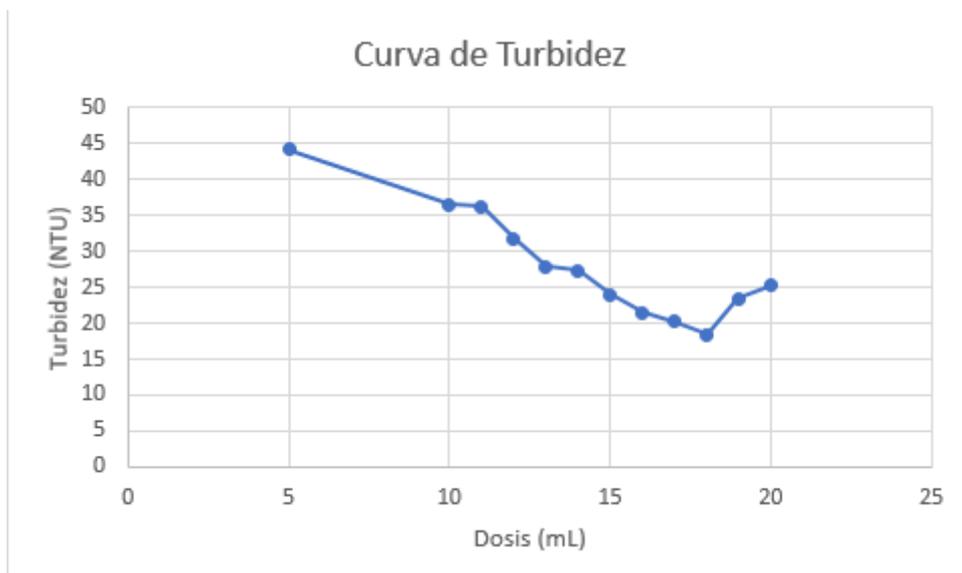
En la figura 13, se observa que la temperatura es un parámetro independiente de la dosis de solución al 5% del polvo de semilla de *Moringa oleífera* que se utiliza para el tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Curva de oxígeno disuelto usando *Moringa oleífera*

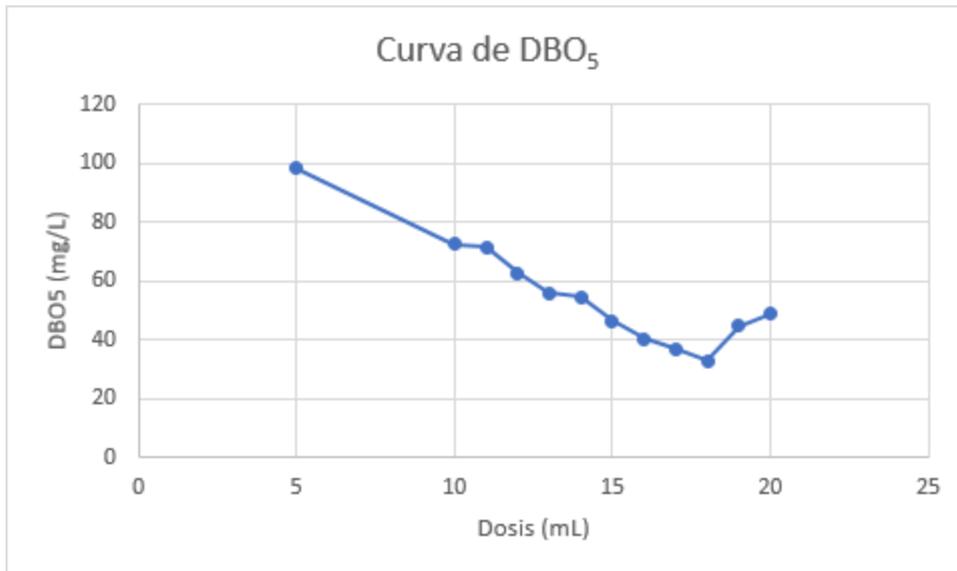
En la figura 14, se puede apreciar que al aumentar la dosis se logra aumentar la razón de oxígeno disuelto presente en la muestra hasta llegar a un punto de equilibrio, luego descendiendo realizando curvas. El mayor resultado obtenido fue de 4.02 mg/L de oxígeno disuelto empleando una dosis de 18 mL al 5% de solución de polvo de semilla de *Moringa oleífera*.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Curva de turbidez usando *Moringa oleífera*

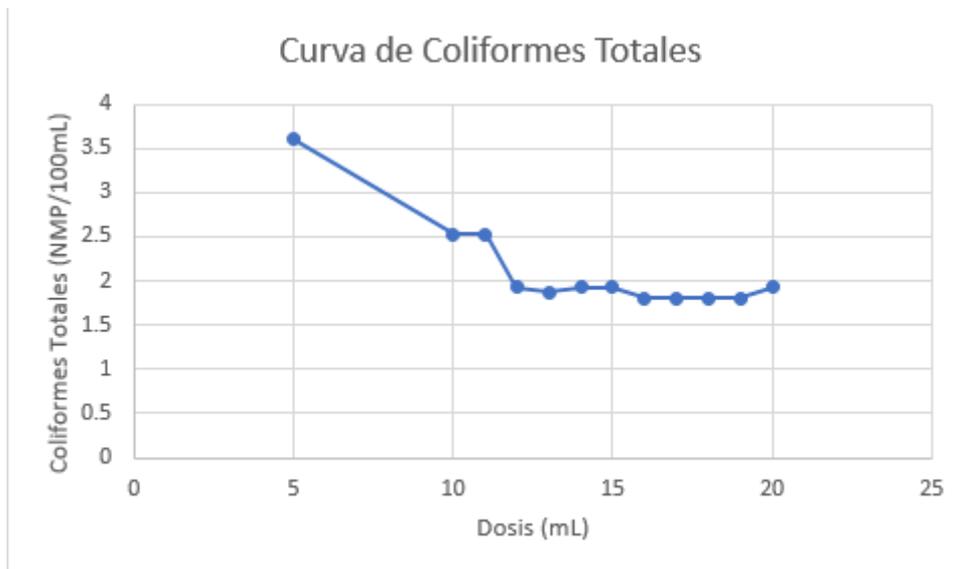
En la figura 15, se visualiza que se logró reducir la turbidez hasta 18.4 NTU con una dosis de 18 mL al 5% de solución de polvo de semilla de *Moringa oleífera*, se pudo reducir un 92.70% de turbidez inicial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Curva de DBO<sub>5</sub> usando *Moringa oleífera*

En la figura 16, se evidencia que con una dosis de 18 mL al 5% de solución de polvo de semilla de *Moringa oleífera* se logró reducir un 88.79% la DBO<sub>5</sub> inicial de 292.7 mg/L a 32.8 mg/L.



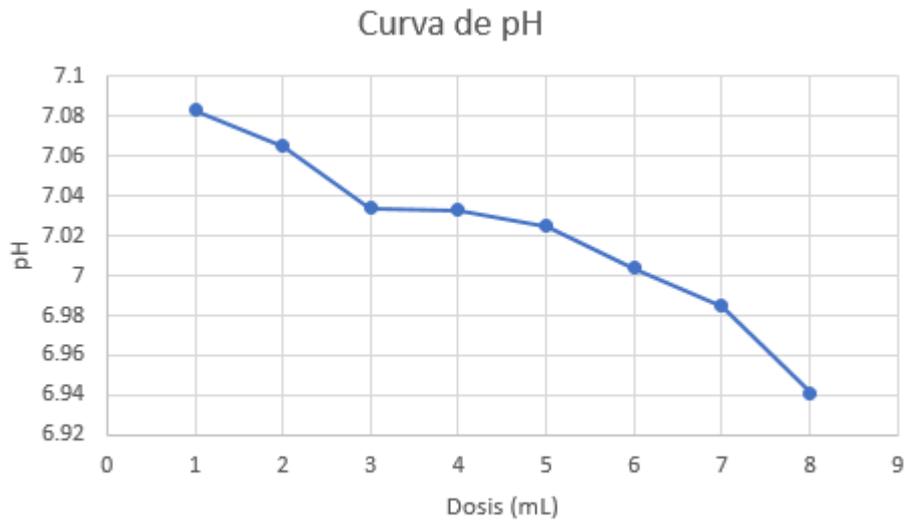
Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Curva de coliformes totales usando *Moringa oleífera*

En la figura 17, se expone que con una dosis de 16 mL, 17 mL, 18 mL y 19 mL se logró reducir la cantidad de coliformes totales a 1.80 NMP/100 mL.

## Etapa 9

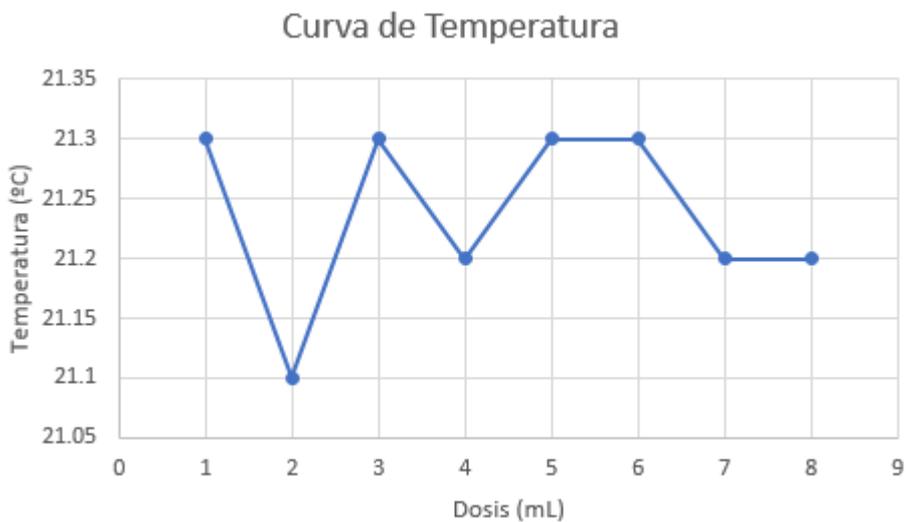
Con los datos obtenidos luego del test de jarras usando el polvo de semilla de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* se procedió a documentar y analizar los datos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Curva de pH usando *Acacia melanoxylon*

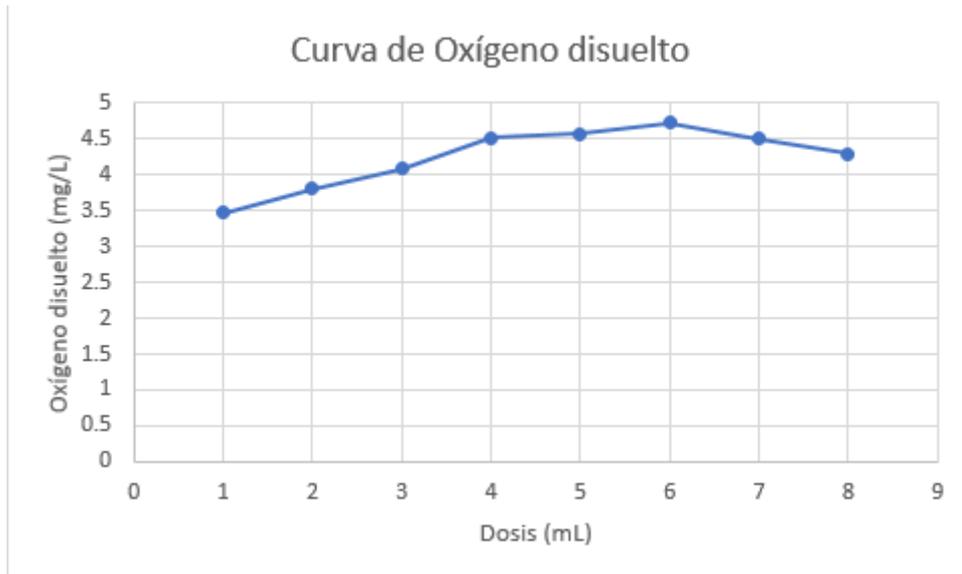
En la figura 18, se muestra que al aumentar la dosis de solución al 1% del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* el pH desciende acidificando la muestra a tratar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Curva de temperatura usando *Acacia melanoxylon*

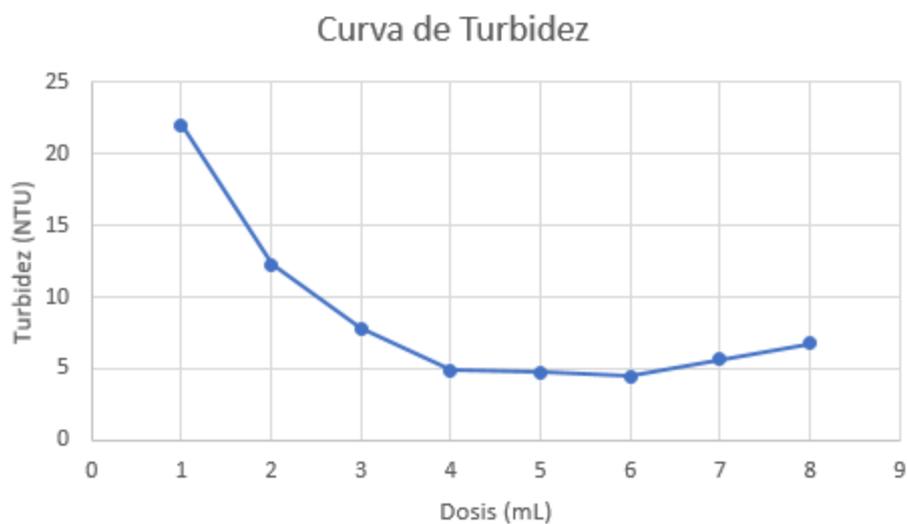
En la figura 19, se observa que la temperatura es un parámetro independiente de la dosis de solución al 1% del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* que se utiliza para el tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Curva de oxígeno disuelto usando *Acacia melanoxylon*

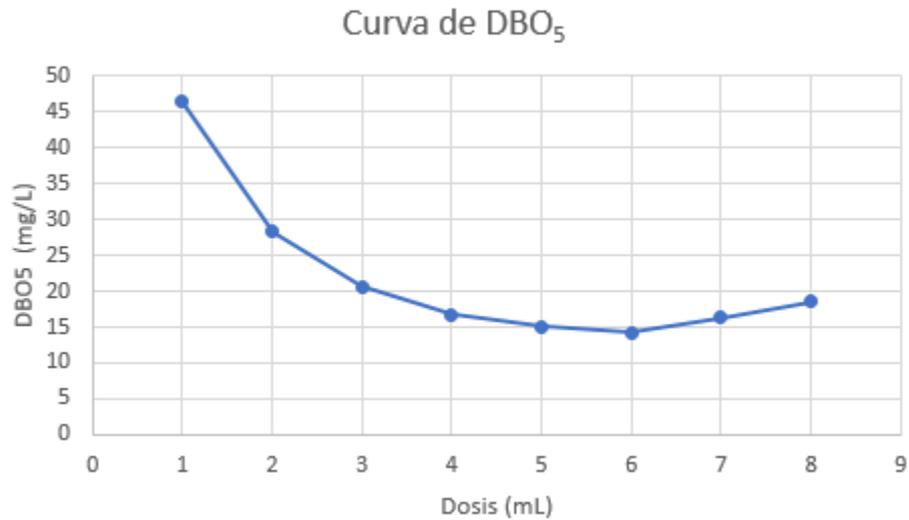
En la figura 20, se puede apreciar que al aumentar la dosis se logra aumentar la razón de oxígeno disuelto presente en la muestra hasta llegar a un punto de equilibrio, luego descendiendo realizando curvas. El mayor resultado obtenido fue de 4.73 mg/L de oxígeno disuelto empleando una dosis de 6 mL al 1% de solución de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Curva de turbidez usando *Acacia melanoxylon*

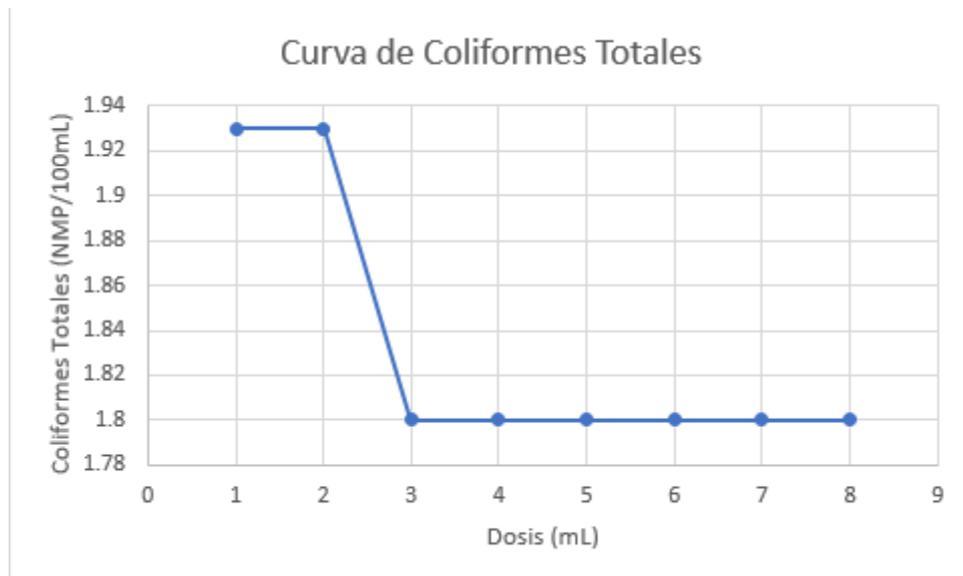
En la figura 21, se visualiza que se logró reducir la turbidez hasta 4.48 NTU con una dosis de 6 mL al 1% de solución de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*, se pudo reducir un 98.22% de turbidez inicial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Curva de Curva de DBO<sub>5</sub> usando *Acacia melanoxylon*

En la figura 22, se evidencia que con una dosis de 6 mL al 1%. de solución de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* se logró reducir un 95.15% la DBO<sub>5</sub> inicial de 292.7 mg/L a 14.2 mg/L.



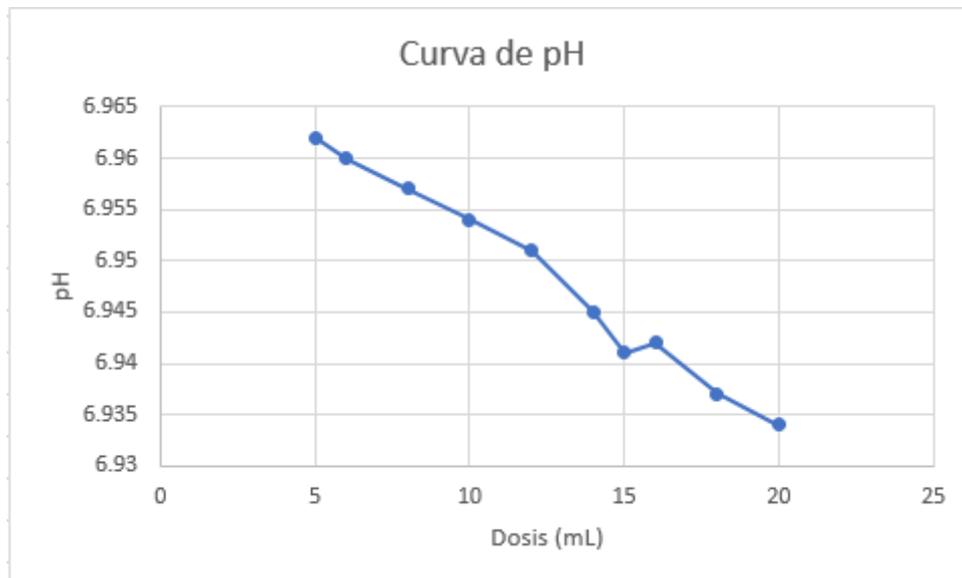
Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Curva de coliformes totales usando *Acacia melanoxylon*

En la figura 23, se expone que con una dosis de 3 mL, 4 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL y 8 mL se logró reducir la cantidad de coliformes totales a 1.80 NMP/100 mL.

## Etapa 10

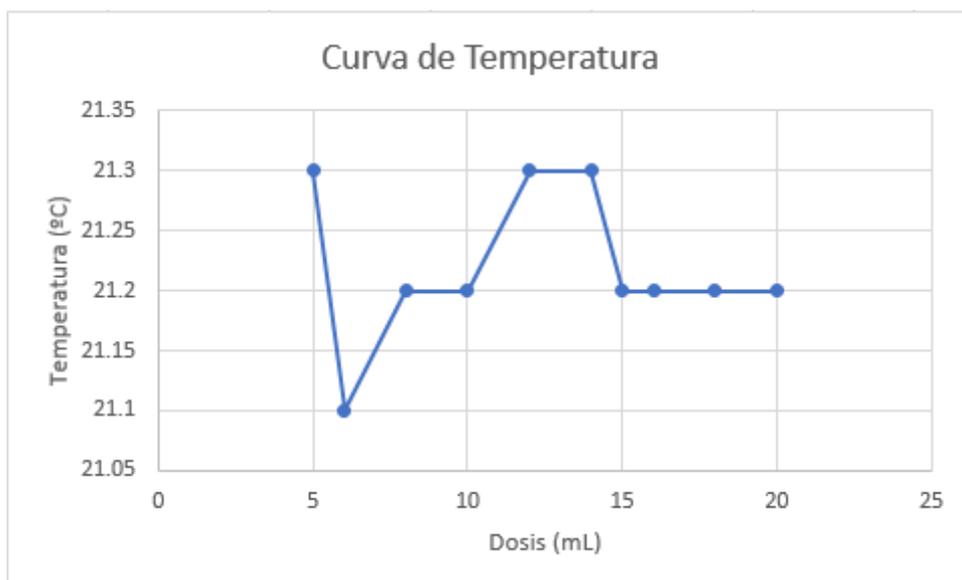
Con los datos obtenidos luego del test de jarras usando el polvo de almidón de *Manihot esculenta* se procedió a documentar y analizar los datos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Curva de pH usando *Manihot esculenta*

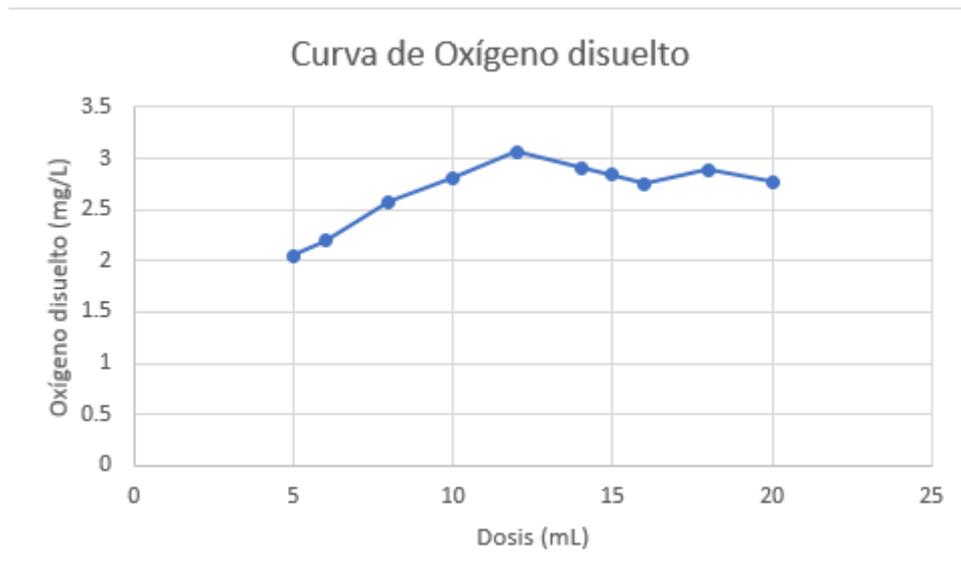
En la figura 24, se muestra que al aumentar la dosis de solución al 5% del polvo de almidón de *Manihot esculenta* el pH desciende acidificando la muestra a tratar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Curva de temperatura usando *Manihot esculenta*

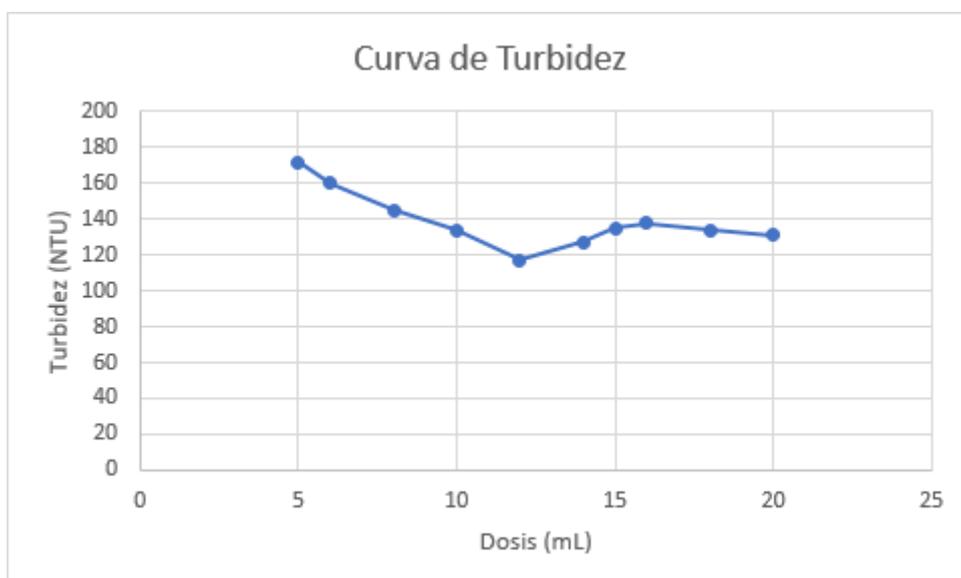
En la figura 25, se observa que la temperatura es un parámetro independiente de la dosis de solución al 5% del polvo de almidón de *Manihot esculenta* que se utiliza para el tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Curva de oxígeno disuelto usando *Manihot esculenta*

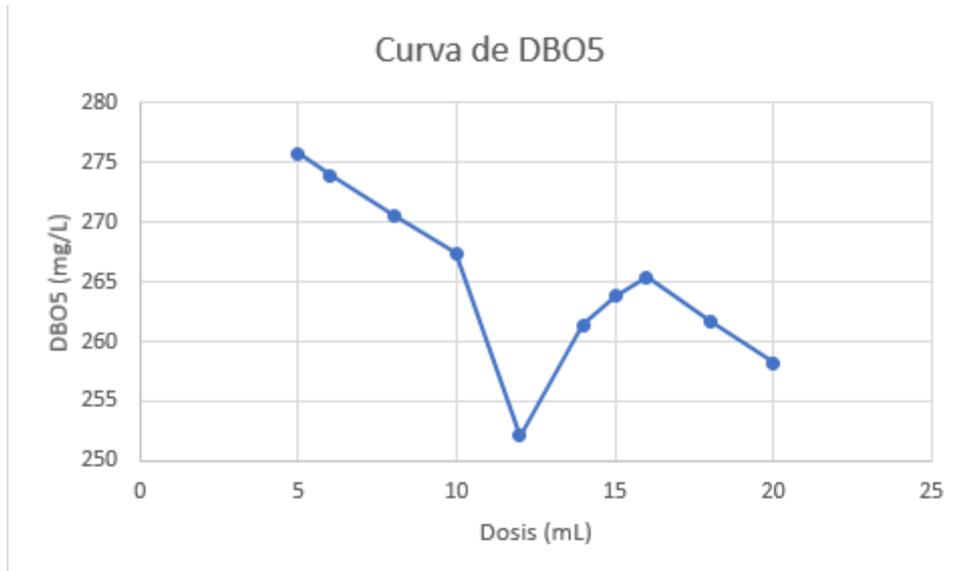
En la figura 26, se puede apreciar que al aumentar la dosis se logra aumentar la razón de oxígeno disuelto presente en la muestra hasta llegar a un punto de equilibrio, luego desciende realizando curvas. El mayor resultado obtenido fue de 3.06 mg/L de oxígeno disuelto empleando una dosis de 12 mL al 5% de solución de polvo de almidón de *Manihot esculenta*.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Curva de turbidez usando *Manihot esculenta*

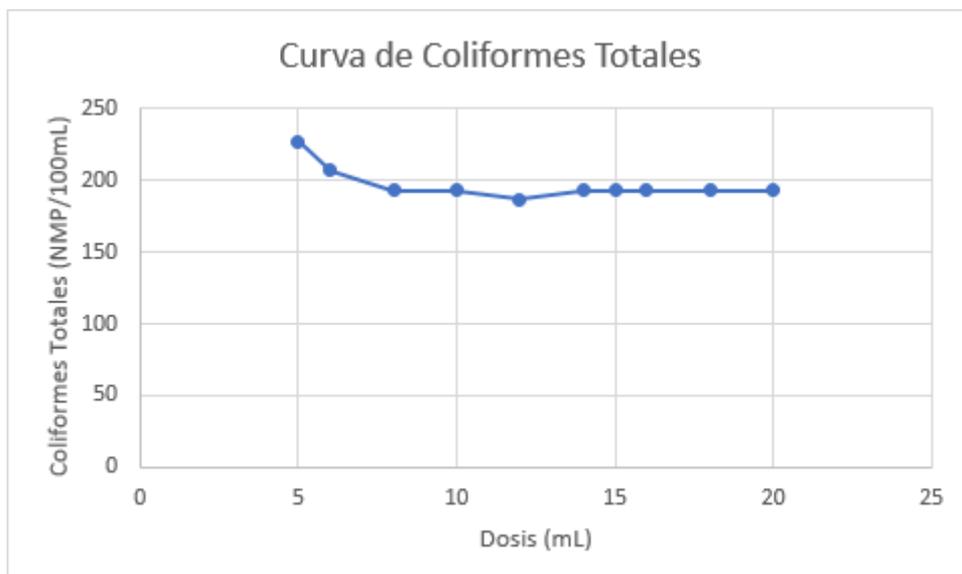
En la figura 27, se visualiza que se logró reducir la turbidez hasta 117 NTU con una dosis de 12 mL al 5% de solución de polvo de almidón de *Manihot esculenta*, se pudo reducir un 53.57% de turbidez inicial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Curva de Curva de DBO<sub>5</sub> usando *Manihot esculenta*

En la figura 28, se evidencia que con una dosis de 12 mL al 5% de solución de polvo de almidón de *Manihot esculenta* se logró reducir un 13.87% la DBO<sub>5</sub> inicial de 292.7 mg/L a 252.1 mg/L.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Curva de coliformes totales usando *Manihot esculenta*

En la figura 23, se expone que con una dosis de 12 mL se logró reducir la cantidad de coliformes totales a 187 NMP/100 mL.

## CORRELACIÓN DE PEARSON

Determinó la correlación que poseen las variables entre sí.

Tabla 10

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS pH*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	pH de muestra con tratamiento de Moringa oleífera
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson	1	-,982**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
pH de muestra con tratamiento de Moringa oleífera	Correlación de Pearson	-,982**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el pH de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el pH de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

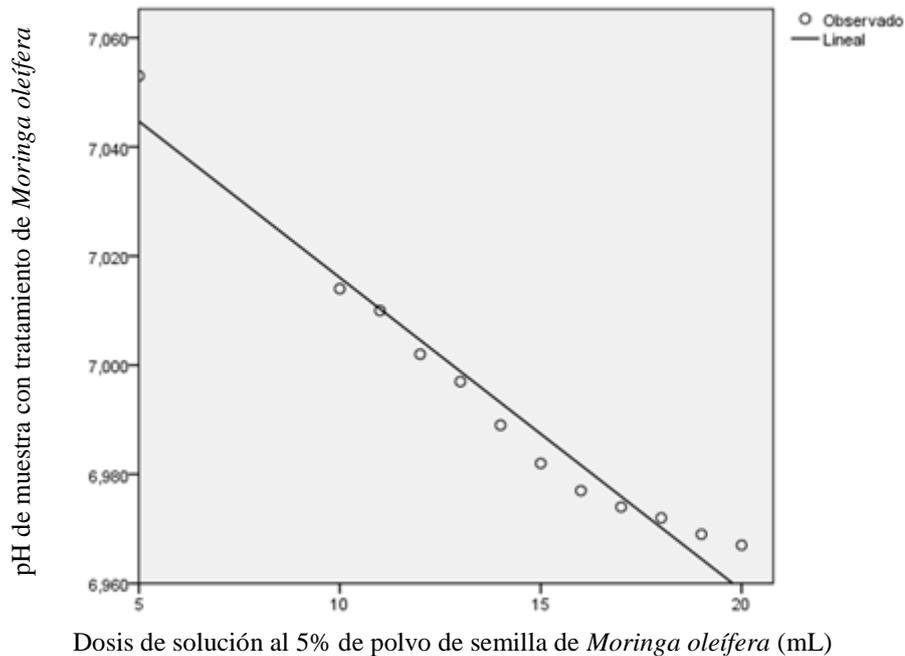
Tabla 11

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS pH*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,982 <sup>a</sup>	0,964	0,960	0,004968	0,964	268,133	1	10	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* VS pH

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el pH de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*, con el 96,4% de exactitud (Tabla 10 y 11, y Figura 30).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 12

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Temperatura*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Temperatura de muestra con tratamiento de Moringa oleífera (°C)
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson	1	,014
	Sig. (bilateral)		,965
	N	12	12
Temperatura de muestra con tratamiento de Moringa oleífera (°C)	Correlación de Pearson	,014	1
	Sig. (bilateral)	,965	
	N	12	12

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la Temperatura de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la Temperatura de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

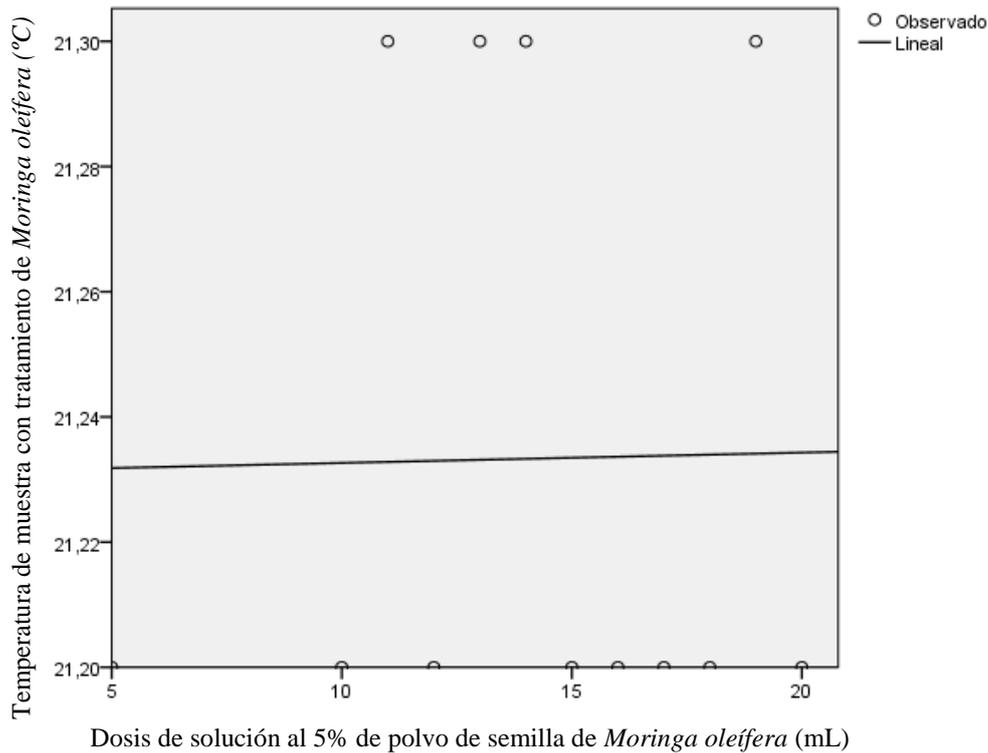
Tabla 13

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Temperatura*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,014 <sup>a</sup>	0,000	-0,100	0,0516	0,000	0,002	1	10	0,965

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* VS Temperatura

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,965 > \alpha$ , entonces se aceptó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que, no existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la temperatura de muestra con tratamiento de *Moringa oleífera* (Tabla 12 y 13, y Figura 31).

Se observó que no existe grado de correlación, debido a que las variables no se relacionan entre sí.

Tabla 14

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Oxígeno disuelto*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de Morinfa oleífera (mg/L)
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  12	,917**  12
Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de Morinfa oleífera (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,917**  12	1  12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

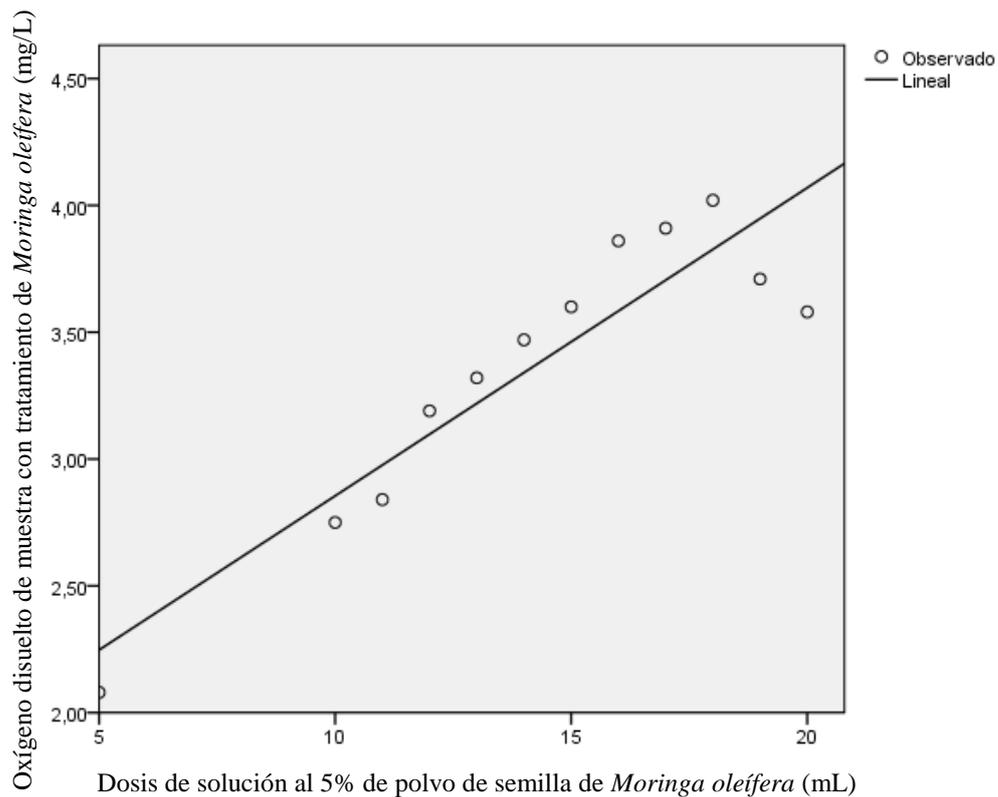
Tabla 15

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Oxígeno disuelto*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,917 <sup>a</sup>	0,841	0,825	0,23750	0,841	52,762	1	10	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* VS Oxígeno disuelto

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*, con el 84,1% de exactitud (Tabla 14 y 15, y Figura 32).

Se observó que el grado de correlación fue directamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra también.

Tabla 16

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Turbidez*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Turbidez en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (NTU)
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  12	-,907**  12
Turbidez en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (NTU)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,907**  12	1  12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

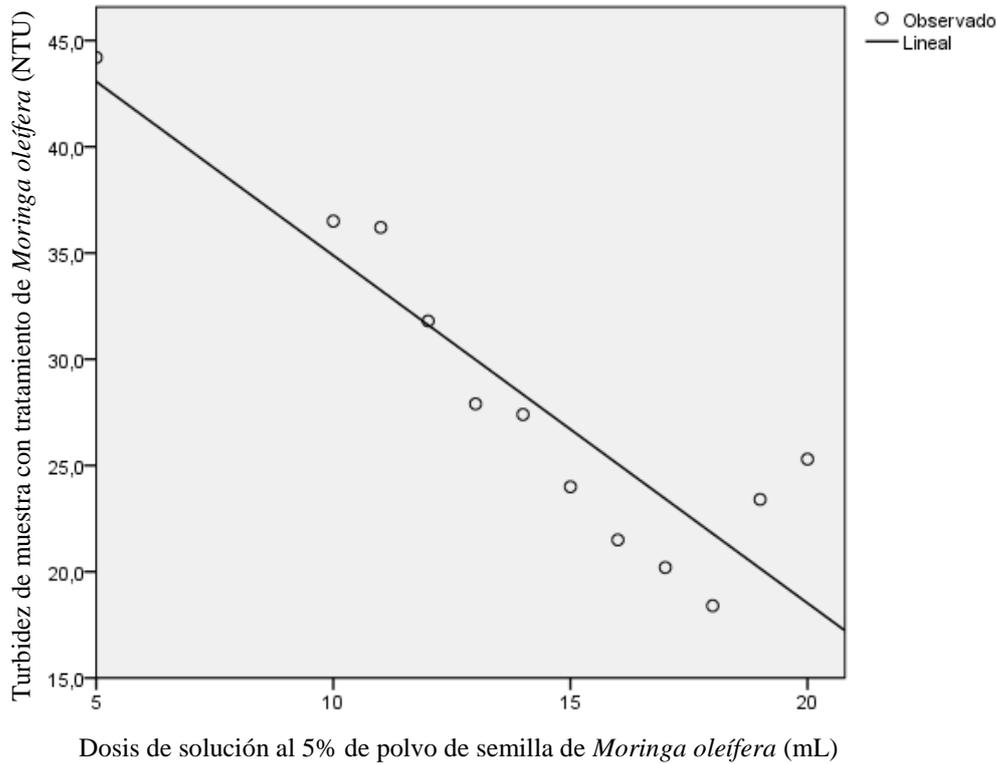
Tabla 17

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Turbidez*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,907 <sup>a</sup>	0,823	0,805	3,4099	0,823	46,450	1	10	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* VS Turbidez

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*, con el 82,3% de exactitud (Tabla 16 y 17, y Figura 33).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 18

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS DBO<sub>5</sub>*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (mg/L)
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  12	-,913**  12
DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,913**  12	1  12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

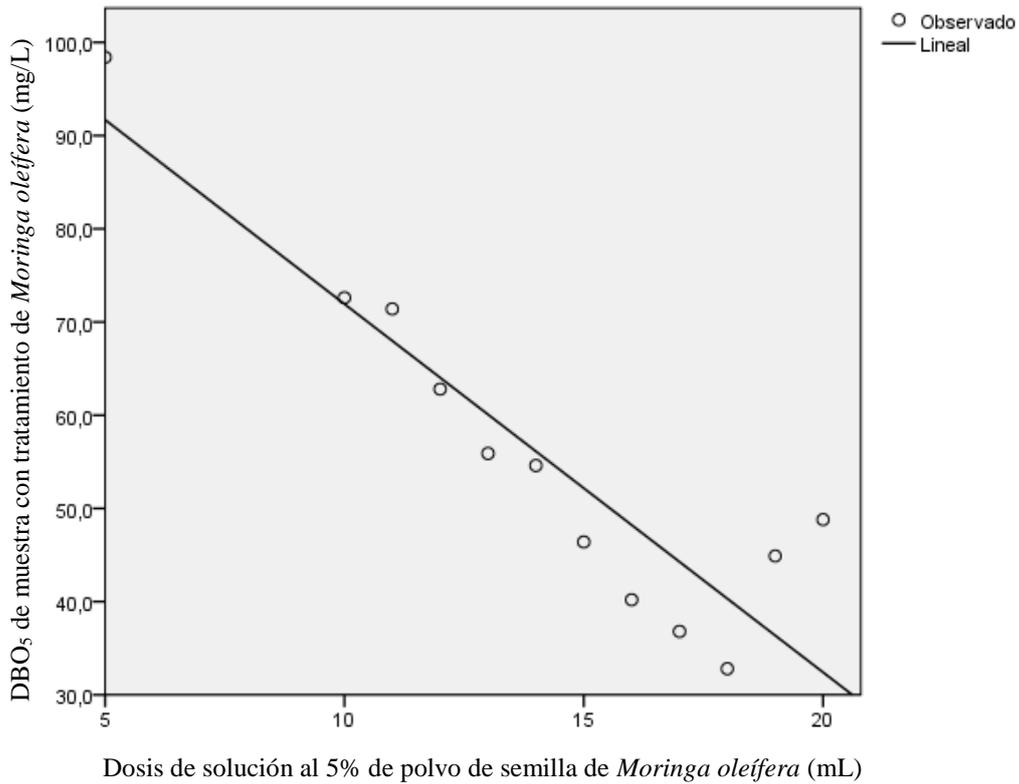
Tabla 19

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS DBO<sub>5</sub>*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,913 <sup>a</sup>	0,833	0,817	7,9356	0,833	50,009	1	10	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleifera* VS DBO<sub>5</sub>

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleifera* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Moringa oleifera*, con el 83,3% de exactitud (Tabla 18 y 19, y Figura 34).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 20

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Coliformes totales*

		Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Coliformes totales en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (NMP/100mL)
Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  12	-,849**  12
Coliformes totales en muestra con tratamiento de Moringa oleífera (NMP/100mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,849**  12	1  12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Moringa oleífera*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

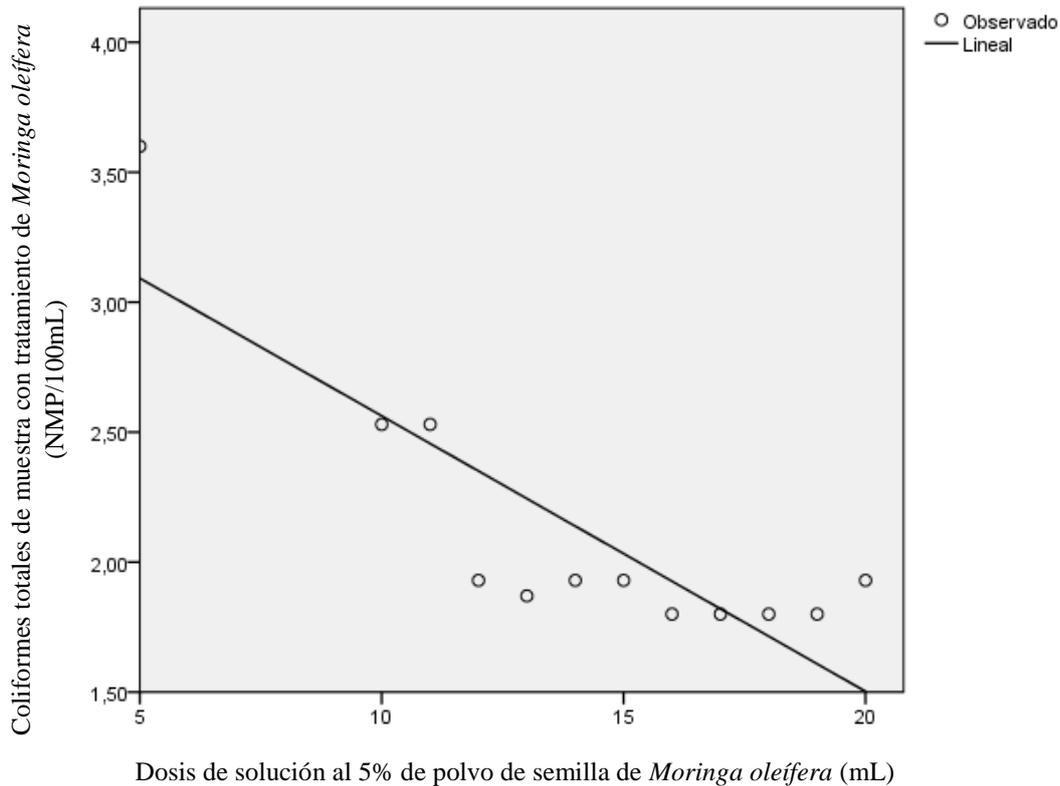
Tabla 21

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de Moringa oleífera VS Coliformes totales*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,849 <sup>a</sup>	0,721	0,693	0,29635	0,721	25,789	1	10	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleifera* VS Coliformes totales

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleifera* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Moringa oleifera*, con el 72,1% de exactitud (Tabla 20 y 21, y Figura 35).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 22

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS pH*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	pH de muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 8	-,970** 8
pH de muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,970** 8	1 8

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el pH de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el pH de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

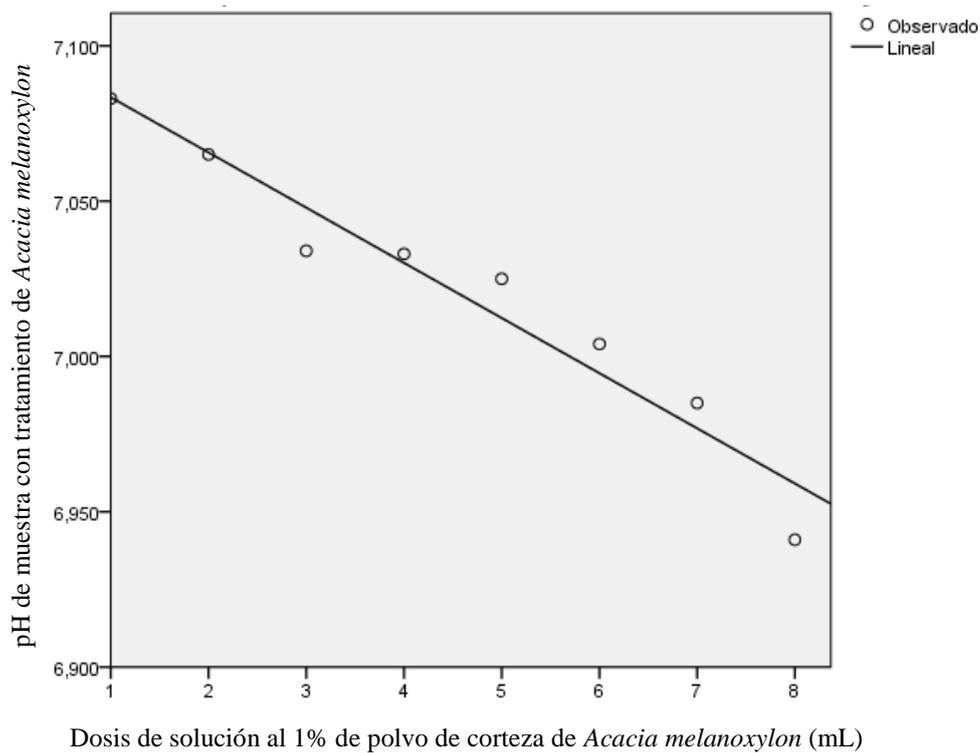
Tabla 23

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS pH*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,970 <sup>a</sup>	0,940	0,930	0,11854	0,940	94,295	1	6	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS pH

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que, existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el pH de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*, con el 94% de exactitud (Tabla 22 y 23, y Figura 36).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 24

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Temperatura*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Temperatura de muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (°C)
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 8	-,039 ,927 8
Temperatura de muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (°C)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,039 ,927 8	1 8

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

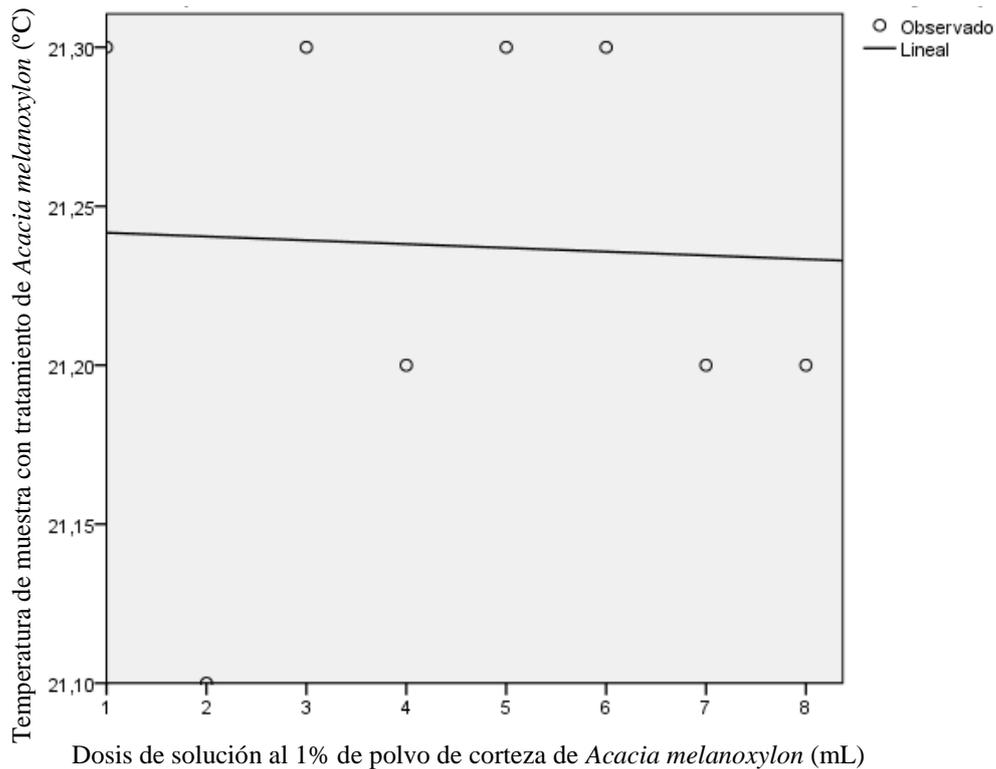
**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

Tabla 25

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Temperatura*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,39 <sup>a</sup>	0,002	-0,165	0,0803	0,002	0,009	1	6	0,927

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)  
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS Temperatura

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,927 > \alpha$ , entonces se aceptó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que, no existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon* (Tabla 24 y 25, y Figura 37).

Se observó que no existe grado de correlación, debido a que las variables no se relacionan entre sí.

Tabla 26

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Oxígeno disuelto*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (mg/L)
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  8	,757*  8 ,030
Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,757*  8 ,030	1  8

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

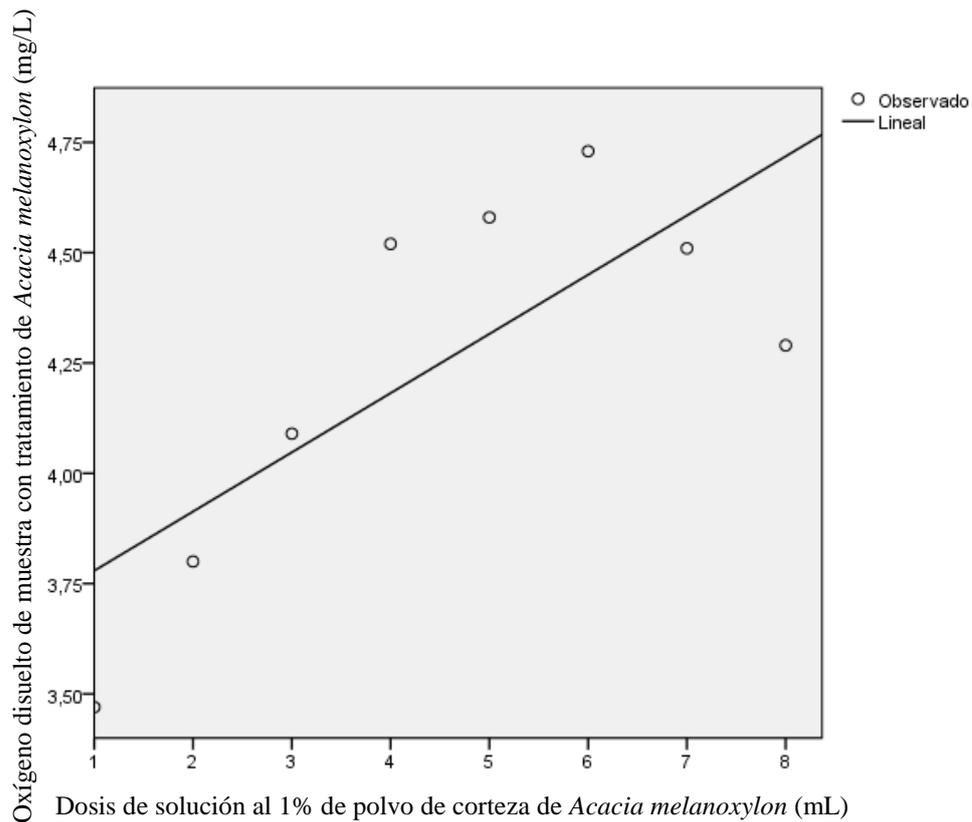
Tabla 27

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Oxígeno disuelto*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,757 <sup>a</sup>	0,574	0,503	0,30601	0,574	8,074	1	6	0,030

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS Oxígeno disuelto

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,030 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*, con el 57,4% de exactitud (Tabla 26 y 27, y Figura 38).

Se observó que el grado de correlación fue directamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra también.

Tabla 28

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Turbidez*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Turbidez en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (NTU)
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  8	-,730*  8
Turbidez en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (NTU)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,730*  8	1  8

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

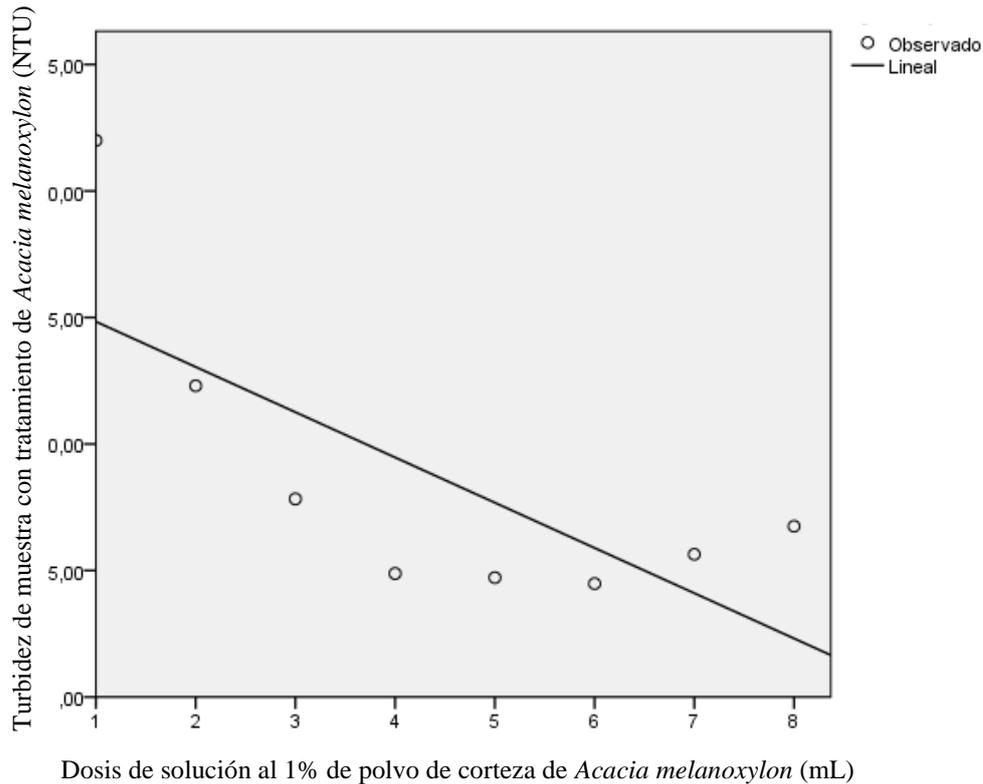
Tabla 29

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Turbidez*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,730 <sup>a</sup>	0,534	0,456	4,42523	0,534	6,863	1	6	0,040

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS Turbidez

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,040 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*, con el 53,4% de exactitud (Tabla 28 y 29, y Figura 39).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 30

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS DBO<sub>5</sub>*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (mg/L)
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  8	-,745*  8
DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,745*  8	1  8

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

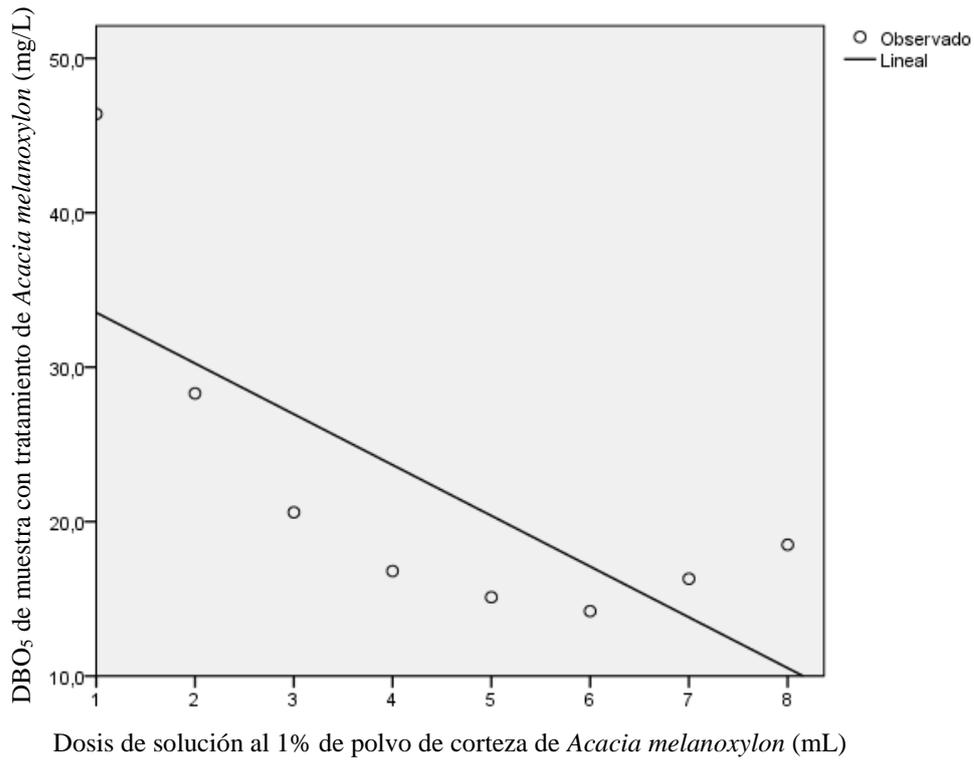
Tabla 31

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS DBO<sub>5</sub>*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,745 <sup>a</sup>	0,556	0,482	7,7798	0,556	7,502	1	6	0,034

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS DBO<sub>5</sub>

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,034 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*, con el 55,6% de exactitud (Tabla 30 y 31, y Figura 40).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 32

*Correlación de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Coliformes totales*

		Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Coliformes totales en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (NMP/100mL)
Dosis de solución al 1% de corteza de Acacia melanoxylon (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  8	-,756*  8 ,030
Coliformes totales en muestra con tratamiento de Acacia melanoxylon (NMP/100mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,756*  8 ,030	1  8

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

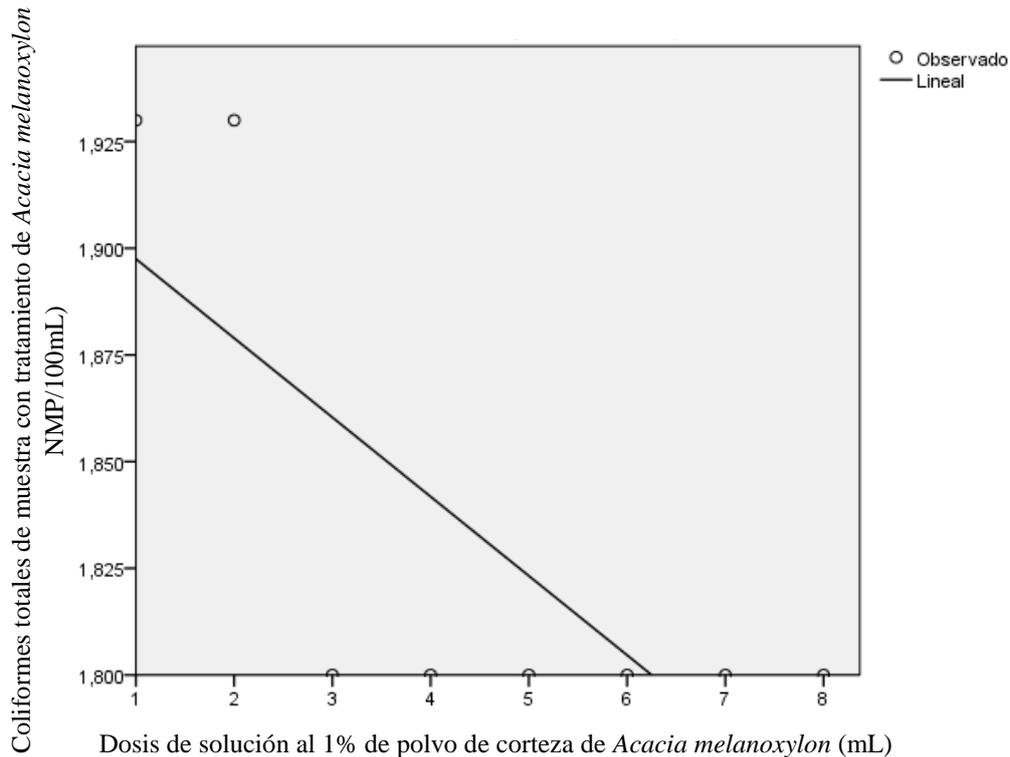
Tabla 33

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de Acacia melanoxylon VS Coliformes totales*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,756 <sup>a</sup>	0,571	0,500	0,04255	0,571	8,000	1	6	0,030

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* VS Coliformes totales

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,030 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon*, con el 55,6% de exactitud (Tabla 32 y 33, y Figura 41).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 34

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS pH*

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	pH de muestra con tratamiento de Manihot esculenta
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	Correlación de Pearson	1	-,993**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
pH de muestra con tratamiento de Manihot esculenta	Correlación de Pearson	-,993**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el pH totales de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el pH totales de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.01$

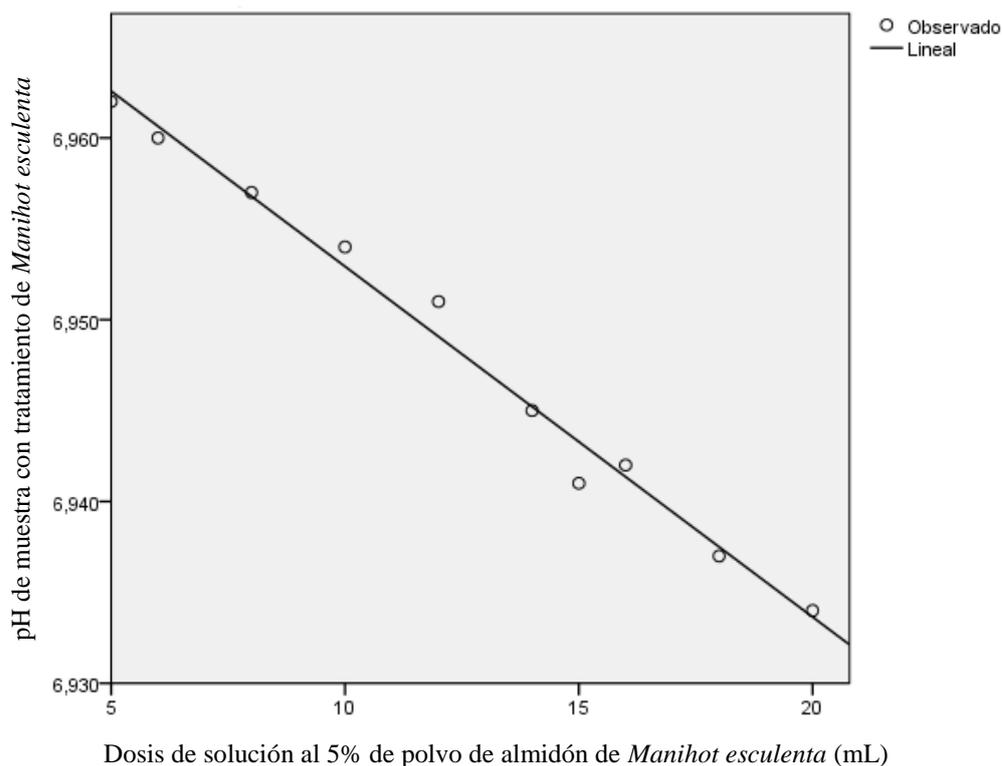
Tabla 35

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS pH*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,993 <sup>a</sup>	0,987	0,985	0,01210	0,987	590,312	1	8	0,000

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 42. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS pH

**p-valor** =  $p < 1\% = 0,01$

**decisión** =  $0,000 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 1%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el pH de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*, con el 98,7% de exactitud (Tabla 34 y 35, y Figura 42).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 36

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS Temperatura*

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	Temperatura de muestra con tratamiento de Manihot esculenta (°C)
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	Correlación de Pearson	1	,007
	Sig. (bilateral)		,985
	N	10	10
Temperatura de muestra con tratamiento de Manihot esculenta (°C)	Correlación de Pearson	,007	1
	Sig. (bilateral)	,985	
	N	10	10

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

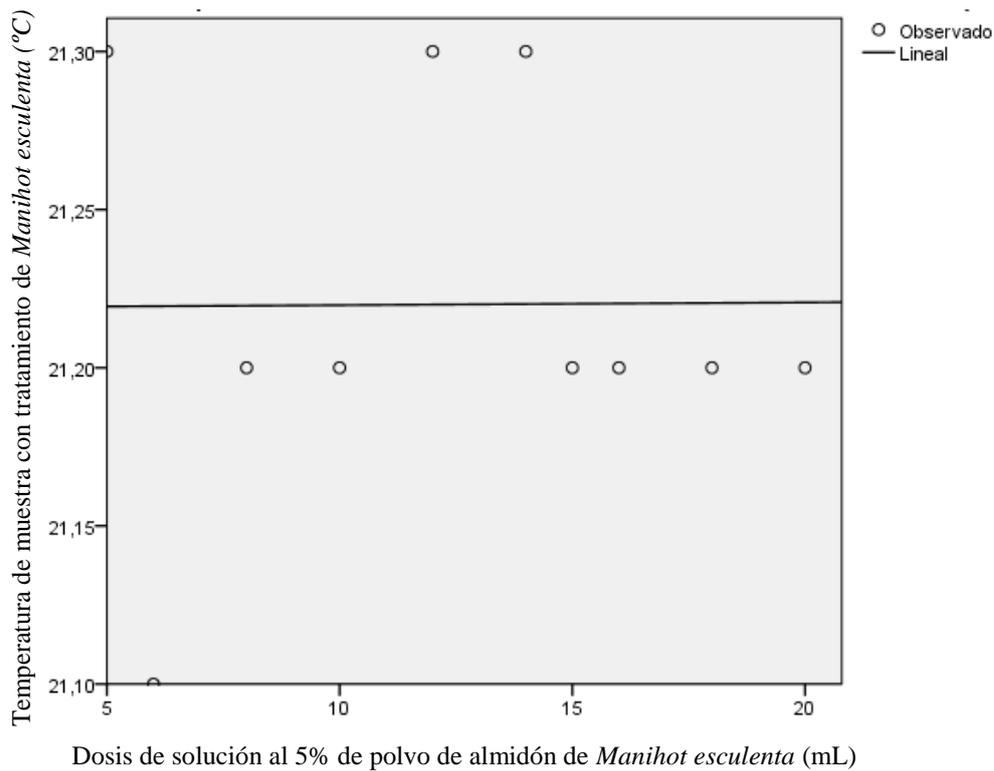
Tabla 37

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS Temperatura*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,007 <sup>a</sup>	0,000	-0,125	0,0671	0,000	0,000	1	8	0,985

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Temperatura

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,985 > \alpha$ , entonces se aceptó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que no existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 1% de corteza de *Acacia melanoxylon* y la temperatura de la muestra con tratamiento de *Acacia melanoxylon* (Tabla 36 y 37, y Figura 43).

Se observó que no existe grado de correlación, debido a que las variables no se relacionan entre sí.

Tabla 38

Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Oxígeno disuelto

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (mg/L)
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  10	,720 <sup>*</sup>  10
Oxígeno disuelto en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,720 <sup>*</sup>  10	1  10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

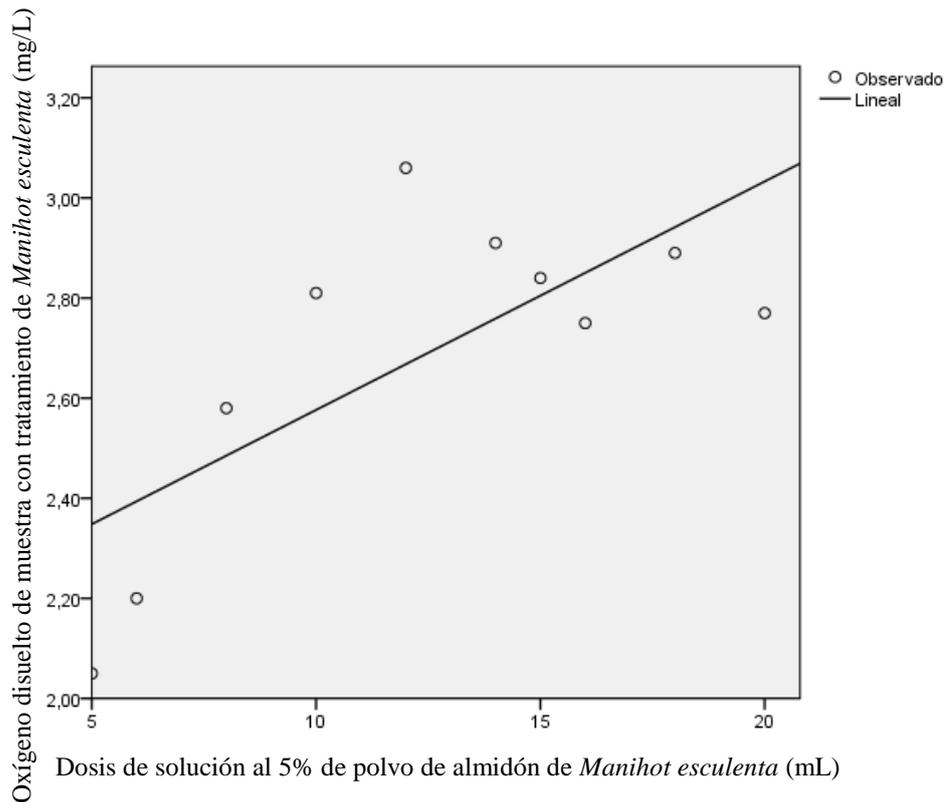
Tabla 39

Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Oxígeno disuelto

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,720 <sup>a</sup>	0,518	0,458	0,23712	0,518	8,608	1	8	0,019

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 44. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Oxígeno disuelto

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,019 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y el oxígeno disuelto de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*, con el 51,8% de exactitud (Tabla 38 y 39, y Figura 44).

Se observó que el grado de correlación fue directamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la también.

Tabla 40

Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Turbidez

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	Turbidez en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (NTU)
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  10	-,689 <sup>*</sup>  10
Turbidez en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (NTU)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,689 <sup>*</sup>  10	1  10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

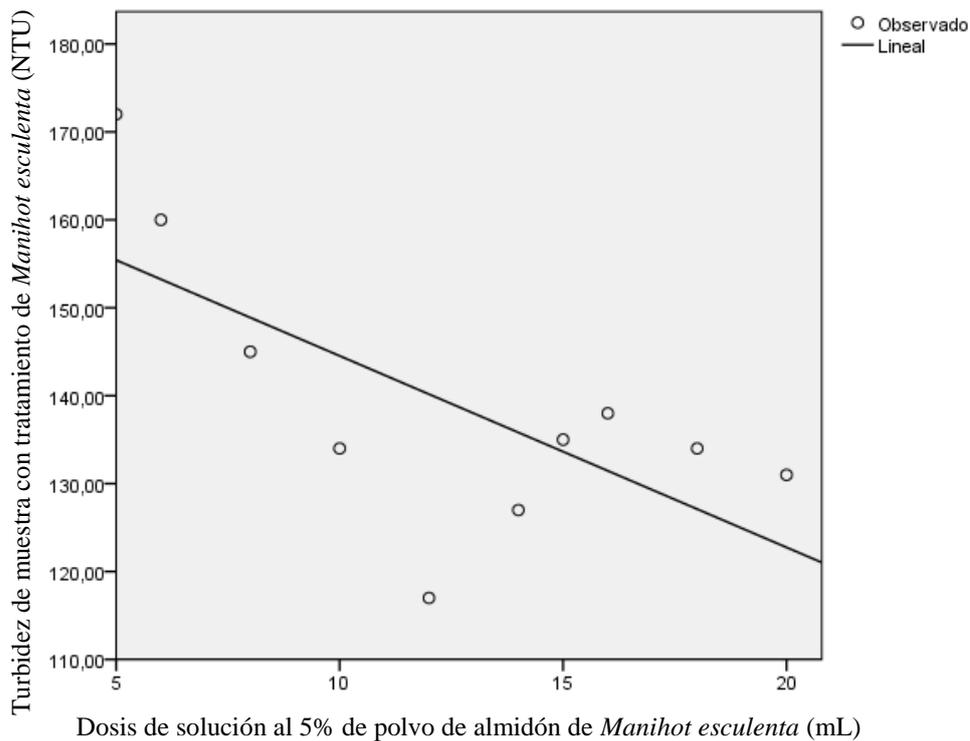
Tabla 41

Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* n VS Turbidez

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,689 <sup>a</sup>	0,474	0,409	12,35680	0,474	7,221	1	8	0,028

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Turbidez

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,028 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la turbidez de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*, con el 47,4% de exactitud (Tabla 40 y 41, y Figura 45).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 42

Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS DBO<sub>5</sub>

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (mg/L)
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de <i>Manihot esculenta</i> (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  10	-,725 <sup>*</sup>  10
DBO <sub>5</sub> en muestra con tratamiento de <i>Manihot esculenta</i> (mg/L)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,725 <sup>*</sup>  10	1  10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

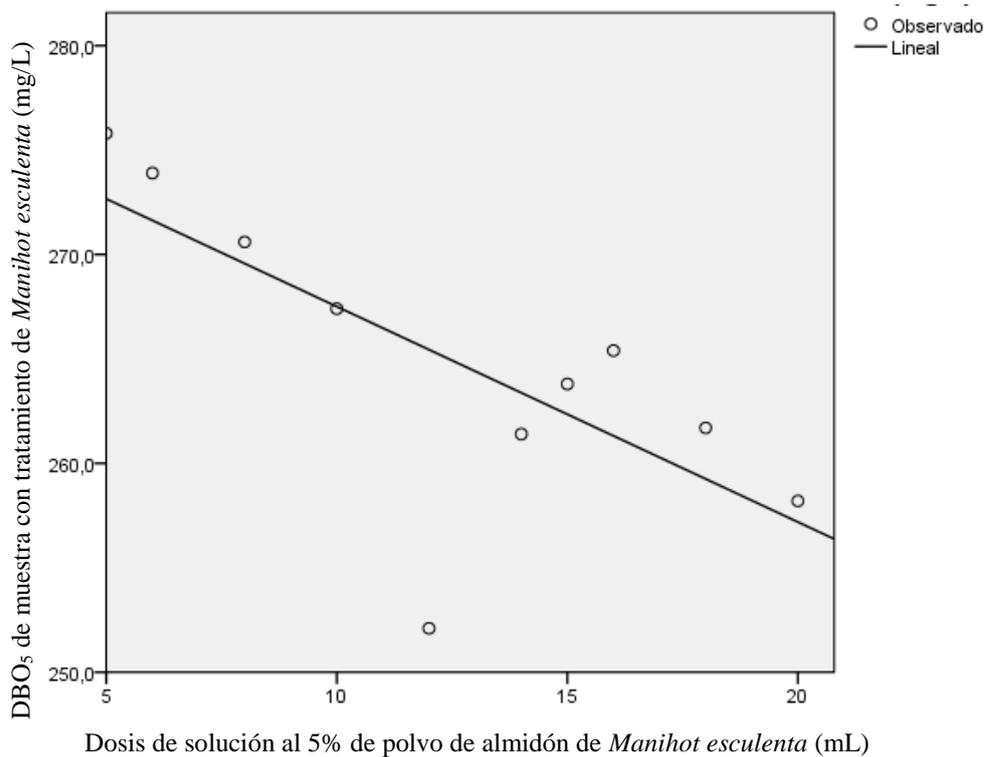
Tabla 43

Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS DBO<sub>5</sub>

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,725 <sup>a</sup>	0,525	0,466	5,2890	0,525	8,839	1	8	0,018

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS DBO<sub>5</sub>

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,018 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y la DBO<sub>5</sub> de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*, con el 52,5% de exactitud (Tabla 42 y 43, y Figura 46).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Tabla 44

*Correlación de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS Coliformes totales*

		Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	Coliformes totales en muestra con tratamiento de Manihot esculenta (NMP/100mL)
Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta (mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  10	-,638*  10
Coliformes totales en muestra con tratamiento de Manihot esculenta (NMP/100mL)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,638*  10	1  10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** No existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**H<sub>1</sub>:** Si existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

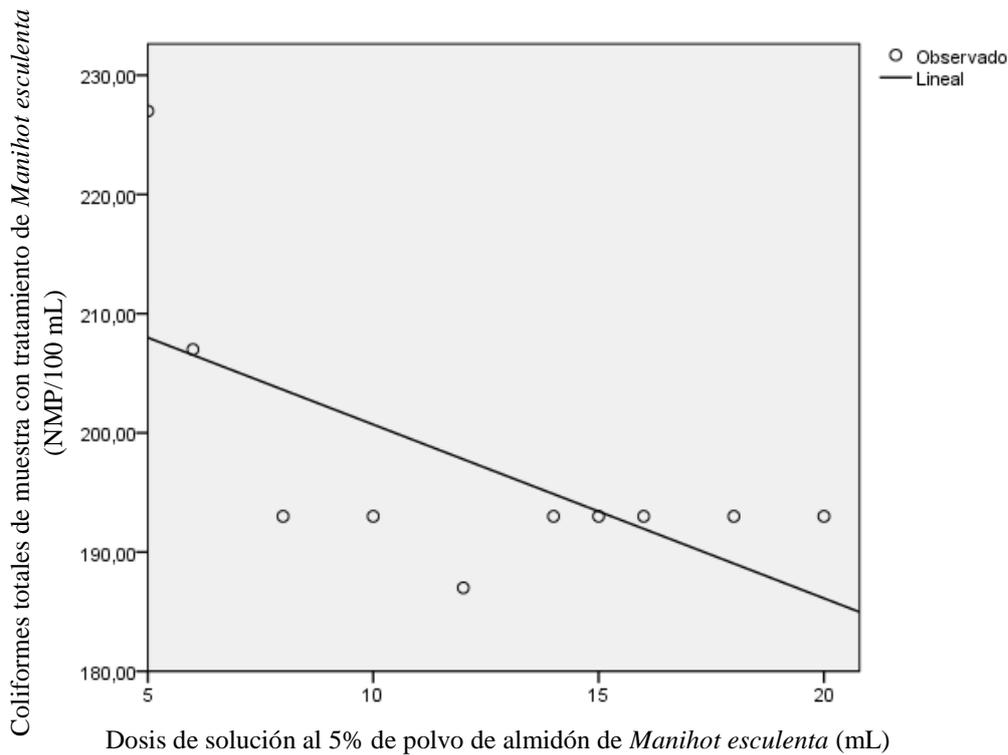
Tabla 45

*Resumen del modelo-regresión lineal de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de Manihot esculenta VS Coliformes totales*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	0,638 <sup>a</sup>	0,408	0,334	9,47158	0,408	5,506	1	8	0,047

a. Predictores: (Constante), Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* (mL)

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Diagrama de dispersión-recta de regresión de dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* VS Coliformes totales

**p-valor** =  $p < 5\% = 0,05$

**decisión** =  $0,047 < \alpha$ , entonces se rechazó la hipótesis nula.

**Conclusión** = Con el nivel de significancia del 5%, se afirma que existe relación lineal entre los datos de Dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta* y los coliformes totales de la muestra con tratamiento de *Manihot esculenta*, con el 40,8% de exactitud (Tabla 44 y 45, y Figura 47).

Se observó que el grado de correlación fue inversamente proporcional, debido a que una variable tiende a aumentar y la otra disminuye.

Luego de haber verificado la relación que existe entre las variables se procedió a procesar la información y comparar los resultados de cada material vegetal empleado.

Tabla 46  
*Resultados de dosis óptima*

<b>Dosis óptima de <i>Moringa oleífera</i>, <i>Acacia melanoxylon</i> y <i>Manihot esculenta</i></b>								
Material vegetal	Solución madre	Dosis (mL)	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
<i>Moringa oleífera</i>	5%	18	6.972	21.2	4.02	18.4	32.8	1.80
<i>Acacia melanoxylon</i>	1%	6	7.004	21.3	4.73	4.48	14.2	1.80
<i>Manihot esculenta</i>	5%	12	6.951	21.3	3.06	117	252.1	187

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46 se muestran los resultados obtenidos luego de determinar la dosis óptima de cada material vegetal utilizado. Se observa que para la *Acacia melanoxylon* se utilizó menos concentración para la solución madre, su dosis fue de 6 mL y generó valores muy aceptables en comparación con *Moringa oleífera* y *Manihot esculenta*.

Tabla 47  
*Porcentaje de remoción de carga orgánica – Moringa oleífera*

<b>Porcentaje de remoción de carga orgánica de <i>Moringa oleífera</i></b>			
Dosis (mL/L)	Turbidez (%)	DBO <sub>5</sub> (%)	Coliformes totales (%)
5	82.46	66.38	98.41
10	85.52	75.20	98.89
11	85.63	75.61	98.89
12	87.38	78.54	99.15
13	88.93	80.90	99.18
14	89.13	81.35	99.15
15	90.48	84.15	99.15
16	91.47	86.27	<b>99.21</b>
17	91.98	87.43	<b>99.21</b>
<b>18</b>	<b>92.70</b>	<b>88.79</b>	<b>99.21</b>
19	90.71	84.66	<b>99.21</b>
20	89.96	83.33	99.15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 47 se observan los porcentajes de remoción de turbidez, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales, que comprenden la carga orgánica, utilizando distintas dosis de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera*.

Tabla 48

*Porcentaje de remoción de carga orgánica – Acacia melanoxylon*

<b>Porcentaje de remoción de carga orgánica de <i>Acacia melanoxylon</i></b>			
<b>Dosis (mL/L)</b>	<b>Turbidez (%)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (%)</b>	<b>Coliformes totales (%)</b>
1	91.27	84.15	99.15
2	95.12	90.33	99.15
3	96.89	92.96	<b>99.21</b>
4	98.06	94.26	<b>99.21</b>
5	98.13	94.84	<b>99.21</b>
<b>6</b>	<b>98.22</b>	<b>95.15</b>	<b>99.21</b>
7	97.76	94.43	<b>99.21</b>
8	97.32	93.68	<b>99.21</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 se visualiza los porcentajes de remoción de turbidez, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales, que comprenden la carga orgánica, generado a partir del uso de distintas dosis de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*.

Tabla 49

Porcentaje de remoción de carga orgánica – *Manihot esculenta*

<b>Porcentaje de remoción de carga orgánica de <i>Manihot esculenta</i></b>			
<b>Dosis (mL/L)</b>	<b>Turbidez (%)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (%)</b>	<b>Coliformes totales (%)</b>
5	31.75	5.77	0.00
6	36.51	6.42	8.81
8	42.46	7.55	14.98
10	46.83	8.64	14.98
<b>12</b>	<b>53.57</b>	<b>13.87</b>	<b>17.62</b>
14	49.60	10.69	14.98
15	46.43	9.87	14.98
16	45.24	9.33	14.98
18	46.83	10.59	14.98
20	48.02	11.79	14.98

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se aprecian los porcentajes de remoción de turbidez, DBO<sub>5</sub> y Coliformes totales, que comprenden la carga orgánica, utilizando distintas dosis de solución al 5% de polvo de almidón de *Manihot esculenta*.

Se puede inferir en base a los valores obtenidos, que el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* generó mejores resultados. Removiendo la turbidez al 98.22%, la DBO<sub>5</sub> al 95.15% y los coliformes totales al 99.21%.

El polvo de semilla de *Moringa oleífera* removió el 92.70% de turbidez, el 88.79% de DBO<sub>5</sub> y el 99.21% de coliformes totales, generando un resultado aceptable en comparación con el polvo de almidón de *Manihot esculenta* el cual generó pudo remover el 53.57% de turbidez, el 13.87% de DBO<sub>5</sub> y el 17.62% de coliformes totales.

Tabla 50

Comparación de resultados con Estándar de Calidad Ambiental - AGUA

Materia Vegetal/ECA - AGUA		Oxígeno disuelto (≥4 mg/L)	DBO <sub>5</sub> (15 mg/L)	Coliformes totales* (2000 NMP/100 mL)
<i>Moringa oleífera</i>	Oxígeno disuelto 4.02 mg/L	CUMPLE	-	-
	DBO <sub>5</sub> 32.8 mg/L	-	NO CUMPLE	-
	Coliformes totales 1.8 NMP/100 mL	-	-	CUMPLE
<i>Acacia melanoxylon</i>	Oxígeno disuelto 4.73 mg/L	CUMPLE	-	-
	DBO <sub>5</sub> 14.2 mg/L	-	CUMPLE	-
	Coliformes totales 1.8 NMP/100 mL	-	-	CUMPLE
<i>Manihot esculenta</i>	Oxígeno disuelto 3.06 mg/L	NO CUMPLE	-	-
	DBO <sub>5</sub> 252.1 mg/L	-	NO CUMPLE	-
	Coliformes totales 187 NMP/100 mL	-	-	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

\*En el Estándar de Calidad Ambiental de Agua D.S. 004-2017-MINAM se indica como parámetro microbiológico a los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Se consideró realizar un análisis a los coliformes totales, debido que los parámetros coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se encuentran dentro de los coliformes totales.

En la tabla 50 se compararon los resultados con los valores que indica el Estándar de Calidad Ambiental de Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 3, D1, Agua para riego restringido, siendo el material vegetal más aceptado la corteza de *Acacia melanoxylon* por que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango impuesto en la normativa vigente.

Tabla 51

Comparación de resultados de laboratorio ENVIROTEST S.A.C. con Estándar de Calidad Ambiental - AGUA

Materia Vegetal/ECA - AGUA		DBO <sub>5</sub> (15 mg/L)	Coliformes totales* (2000 NMP/100 mL)
<i>Moringa oleífera</i>	DBO <sub>5</sub> 35.1 mg/L	NO CUMPLE	-
	Coliformes totales 1.3 NMP/100 mL	-	CUMPLE
<i>Acacia melanoxylon</i>	DBO <sub>5</sub> 12.3 mg/L	CUMPLE	-
	Coliformes totales 1.3 NMP/100 mL	-	CUMPLE
<i>Manihot esculenta</i>	DBO <sub>5</sub> 273.1 mg/L	NO CUMPLE	-
	Coliformes totales 170.9 NMP/100 mL	-	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

\*En el Estándar de Calidad Ambiental de Agua D.S. 004-2017-MINAM se indica como parámetro microbiológico a los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Se consideró realizar un análisis a los coliformes totales, debido que los parámetros coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se encuentran dentro de los coliformes totales.

Para respaldar los valores obtenidos luego del empleo de cada material vegetal para remover la carga orgánica del agua residual doméstica, se analizaron las muestras de agua tratadas con los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* en el laboratorio acreditado ENVIROTEST S.A.C. (Tabla 51)

Los resultados se compararon con el Estándar de Calidad Ambiental de Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 3, D1, Agua para riego restringido, confirmando que el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* es el material vegetal que genera una adecuada remoción de carga orgánica y cumple con la normativa ambiental vigente.

#### IV. DISCUSIÓN

Uno de los objetivos planteados de este trabajo de investigación fue la reducción de carga orgánica del efluente doméstico, mediante el uso de materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* como coagulantes. La remoción de turbidez con el uso del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* fue del 98.22%, con agitación rápida de 200RPM por 1 minuto, agitación lenta de 20RPM por 7 minutos y 10 minutos de reposo, utiliza menos tiempo de tratamiento en comparación con el trabajo realizado por ABDULLAH ET AL. (2017), en su artículo titulado “Colloids Removal from Water Resources Using Natural Coagulant” donde empleaba 90 minutos de agitación lenta a 80 RPM y generaba una remoción de turbidez del 98%.

En el trabajo de investigación titulado “Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia” elaborado por MERA (2016), utilizan una dosis de 4g/600 mL de polvo de semilla de *Moringa oleífera* para remover el 92% de turbidez, en esta investigación se empleó una dosis menor, 18 mL al 1% de concentración, siendo su equivalente 108 mg/600 mL, para generar un 92.70% de remoción de turbidez.

ESTRADA (2016), en su investigación “Evaluación del rendimiento del almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado con hidróxido de sodio en mezclas con diferentes coagulantes inorgánicos, en comparación con la poliamina N-50”, el almidón de yuca logró remover la turbidez inicial y el color en 48%. El resultado obtenido no tiene mucha diferencia con esta investigación, porque se logró remover el 53.57% de turbidez con una dosis de 12 mL/L con una agitación rápida de 200RPM por 1 minuto, con agitación lenta de 20RPM por 7 minutos y un tiempo de reposo de 10 minutos.

Se logró remover la carga orgánica con los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*, pero el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* generó mejores resultados con poca dosis. GREYDA ET AL. (2018), en su artículo “Tannin-based Coagulants from Laboratory to Pilot Plant Scales for Coloured Wastewater Treatment” evalúa la viabilidad de utilizar los taninos de la *Acacia mearnsii* como coagulante natural para el tratamiento en una planta piloto de aguas residuales basándose en el 96% de remoción de la turbidez; teniendo en cuenta que la remoción de turbidez obtenida por el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* fue de 98.22%, es posible que se pueda proponer al polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* para emplearlo en plantas pilotos de PTAR como reemplazo de las sales inorgánicas.

En la investigación titulada “Evaluación y comparación de la capacidad floculante de taninos modificados (Quebracho, Acacia, Castaño) y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales” realizada por ARISMENDI (2016), se utilizaron los taninos de la *Acacia mearnsii* para reducir la turbidez inicial del efluente residual, generando un 89% de remoción de turbidez, en comparación del 98.22% de turbidez removida con una dosis de 6 mL de solución al 1% de polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*. El resultado generado es mucho mayor, también nos indica que el uso de la *Acacia melanoxylon* en comparación con la *Acacia mearnsii* es más eficiente.

Se pudo determinar que, mediante el empleo de mayor dosis de polvo de semilla de *Moringa oleífera*, el pH se acidificaba ínfimamente llegando a 6.972 con una dosis de 18 mL con la que se pudo remover 92.7% de turbidez. En el trabajo de investigación de VUNAIN et al. (2019), titulado “Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of *Moringa oleifera* seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi” el empleo de la semilla de *Moringa oleífera* generó una reducción de 86.48% de remoción de turbidez, pero logró neutralizar el pH de 4.3 a 7.1. En ambos casos el polvo de semilla de *Moringa oleífera* logra reducir la turbidez, pero en uno acidifica el efluente y en otro lo neutraliza, esto debió ocurrir por el tipo de contaminantes que se encontraba presente en el agua.

En la investigación titulada “Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with *Moringa oleifera* seed extract” realizada por MATEUS et al. (2018), se consiguió una reducir la turbidez en un 96.8% con un tiempo de reposo de 10 minutos, empleando la semilla de *Moringa oleífera* con nanopartículas de magnetita. Esta técnica aumenta la eficiencia del polvo de semilla de *Moringa oleífera* reduciendo el tiempo de sedimentación. Pero si contrastamos los resultados de la investigación realizada por MATEUS et al. (2018), con los obtenidos con una dosis de 18 mL de solución al 5% de polvo de semilla de *Moringa oleífera* determinamos que no existe mucha diferencia (92.7% remoción de turbidez) y que el tiempo de sedimentación (10 minutos) es el mismo. Podemos asumir que si se emplearían nanopartículas de magnetita se podría aumentar la remoción de turbidez y reducir o mantener el tiempo de reposo.

## V. CONCLUSIONES

- Se redujo la carga orgánica del agua residual doméstica con el uso del polvo de semilla de *Moringa oleífera*, el polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* y el polvo de almidón de *Manihot esculenta*.
- El polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* tiene es más eficiente con respecto al polvo de semilla de *Moringa oleífera* y al polvo de almidón de *Manihot esculenta*, generando una remoción de carga orgánica por encima del 90%.
- Los materiales vegetales de *Moringa oleífera* y *Acacia melanoxylon* lograron remover la carga orgánica en más del 50%.
- Es posible reutilizar el agua residual doméstica tratada con los materiales vegetales para el riego de hortalizas, según el Estándar de Calidad Ambiental de Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 3, D1, Agua para riego restringido.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la evaluación en materia de viabilidad económica para determinar la factibilidad del uso del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* en comparación con compuestos químicos que se emplean para la coagulación y floculación.
- Seguir investigando la manera de aumentar la eficiencia del polvo de corteza de *Acacia melanoxylon*, realizando mezclas con otros compuestos o mejorando sus propiedades fisicoquímicas.
- Replicar e introducir el tratamiento de aguas residuales con polvo de corteza de *Acacia melanoxylon* en las zonas rurales, porque por su alta eficiencia y fácil empleabilidad sería una buena alternativa en lugares donde se trata el agua residual inadecuadamente y con poca tecnología.
- Aumentar el tiempo de sedimentación en el tratamiento con los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*, debido a que durante el desarrollo del tratamiento pudimos comprobar que, al darle mayor tiempo de reposo, aumentaba la reducción de turbidez.
- Investigar si al combinar los materiales vegetales de *Moringa oleífera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta* se incrementa el rendimiento ya que podría mejorar la eficiencia que presenta por separado cada uno.

## REFERENCIAS

- A novel use of *Moringa oleifera* seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent por Soumia Boulaadjoul, [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Setiembre 2018, Vol. 206, No. 1. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518307720>  
ISSN: 0045-6535
- ABDULLAH, M, ROSLAN, A, KAMARULZAMAN, M., y ERAT, M. Colloids Removal from Water Resources Using Natural Coagulant: *Acacia Auriculiformis*. American Institute of Physics. [en línea]. 2017, Vol. 1885, No. 1. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2019]. Disponible en [https://www.aip.org/aip/search?cx=004445072414534619134%3Azoo0-stuoya&q\\_ry=Colloids+Removal+acacia&cof](https://www.aip.org/aip/search?cx=004445072414534619134%3Azoo0-stuoya&q_ry=Colloids+Removal+acacia&cof)  
ISSN: 0094-243X
- ACEVEDO PICÓN, Ernesto de Jesús. Uso de semillas de *Moringa (Moringa oleífera)* como floculante natural para la purificación de aguas crudas de Rio Negro, Rio de Oro y Quebrada Floridablanca, Santander. Tesis (Magister en Microbiólogo industrial). Santander: Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agropecuarias, 2018. 65 pp.
- AGUA. Naciones Unidas. 19 de abril de 2019. Disponible en <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE. UNICEF. 11 de abril de 2019. Disponible en [https://www.unicef.org/spanish/wash/index\\_31600.html](https://www.unicef.org/spanish/wash/index_31600.html)
- ARCILA, Hildebrando y PERALTA, Jhoan. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11 (2): 136-153., 2016. ISSN 1900-4699
- ARISMENDI ESPINOSA, William Andrés. Evaluación y comparación de la capacidad floculante de taninos modificados (Quebracho, Acacia, castaño) y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales Tesis (Magister en Ciencias Biológicas). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, 2016. 97 pp.
- CRUZ, C, OLIVARES, S y GONZÁLEZ, M. Metodología de la investigación. GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014. 227 pp.  
ISBN: 9786074288763
- DELGADILLO, O, CAMACHO, A, PÉREZ, L y ANDRADE, M. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Nelson Antequera Durán, 2010. 106 pp.  
ISBN: 9789995476625

- Development and efficacy analysis of a Moringa oleifera based potable water purification kit por Amanpreet Virk [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Febrero 2019, Vol. 27, No. 1. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714418305786>  
ISSN: 02214-7144
- Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. SUNASS. 9 de abril de 2019. Disponible en [https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro\\_ptar\\_gtz\\_sunass.pdf](https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf)
- DIAZ CLAROS, José Nahum. Coagulantes-floculantes orgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas. Tesis (Maestría en Ciencias Naturales). San Pedro Sula Cortés: Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Vice-Rectoría de investigación y post grado, 2014. 159 pp.
- Dosage optimization of Moringa oleifera seed and traditional chemical coagulants solutions for concrete plant wastewater treatment por Heber De Paula [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Febrero 2018, Vol. 174, No. 1. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617326161>  
ISSN: 0959-6526
- Efecto de la Moringa oleífera en tratamiento de aguas residuales en El Cauca, Colombia por Carlos Mera [et al]. Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14 (2): 100-109, 2016  
ISSN: 1692-3561
- Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. Maylín Rondón Macías [et al]. Ingeniería Hidráulica y Ambiental [en línea]. Agosto 2017, Vol. 38, No 2. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2019]. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=123138825&lang=es&site=eds-live>  
ISSN: 1815-591X
- ESTRADA ASTURIAS, Ligia Iveth. Evaluación del rendimiento del almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado con hidróxido de sodio en mezclas con diferentes coagulantes inorgánicos, en comparación con la poliamina N-50. Tesis (Ingeniero Químico). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Química, 2017. 108 pp.

- Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas por Rafael Olivero [et al]. Producción + Limpia [en línea]. Diciembre 2017, Vol. 12, No. 2. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2019]. Disponible en <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=cbd241e3-ab6e-472d-80da-9080278b107f%40sessionmgr102>  
ISSN: 1909-0455
- Evaluation of a tannin-based coagulant on the decolorization of synthetic effluents por Elisandra Lopes [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Junio 2019, Vol. 7, No. 3. [Fecha de consulta: 08 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343719302489>  
ISSN: 2213-3437
- Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of Moringa oleifera seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi Ephraim Vunain [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Junio 2019, Vol. 7, No. 3. [Fecha de consulta: 07 de junio de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103118>  
ISSN: 2213-3437
- Evaluation of the natural coagulant Moringa oleifera as a pretreatment for SODIS in contaminated turbid water por Michael Keogh [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Junio 2017, Vol. 158, No. 1. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0038092X17308757?token=D1DB07D11432F6911854F87722B8EB1809F93AD94AB774B0D397D42F8851A76809630431BFCA0C3682116927F6908BE2>  
ISSN: 0038-092X
- Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble Moringa oleifera seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water por José Freitas [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Noviembre 2016, Vol. 163, No. 1. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516310360>  
ISSN: 0045-6535
- FERIA, Jhon, BERMÚDEZ, Sixto y ESTRADA, Ana. Eficiencia de la semilla *Moringa Oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Producción + Limpia, 9 (1): 15-28, junio 2014.  
ISSN: 2323-0703
- Fiscalización ambiental en aguas residuales. OEFA. 25 de abril de 2019. Disponible en [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Glosario de términos sobre garantía de calidad y buenas prácticas de laboratorio. UNODC. 15 de septiembre 2019. Disponible en: [http://www.unodc.org/documents/scientific/Glossary\\_ST\\_NAR\\_26\\_S.pdf](http://www.unodc.org/documents/scientific/Glossary_ST_NAR_26_S.pdf)

- GÓMEZ, A y ORTEGA, K. Revisión de las características y usos De la planta Moringa oleifera. [en línea]. Barranquilla Colombia. [consulta: 4 de abril de 2019]. disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=2208620e-a250-404d-8891-f0b5e3799a9e%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc210ZT11ZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.51FA64F&db=edsbas>.
- Indicadores microbiológicos del agua. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 13 de septiembre 2019. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs\\_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli\\_bacterias\\_termo.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli_bacterias_termo.pdf)
- LARIOS-MEOÑO, Fernando, GONZÁLES, Carlos y MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista Saber y Hacer, Universidad San Ignacio de Loyola. [en línea]. Octubre 2015, Vol. 2, No. 2. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>  
ISSN: 2311-7613
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (Perú). Aprueba el reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. D.S N.º 010 - 2019 - VIVIENDA. Lima, 2019. 45 pp.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (Perú). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. R.M N.º 273 - 2013 - VIVIENDA. Lima, 2013. 35 pp.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (Perú), Ley orgánica del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Ley N° 26821. Lima,1997. 10 pp.
- Moringa Oleifera and Strychnos Potatorum Seeds as natural coagulant compared with synthetic common coagulants in treating car wash wastewater: Case Study 1 por Radin Mohamed [et al]. Malasia: Asian Journal of Applied Sciences, 2 (5): 693-700, octubre 2014.  
ISSN: 2321-0893
- MUÑOZ, Carlos. Metodología de la investigación. OXFORD, 2015.432 pp.  
ISBN: 9786074265422
- Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with Moringa oleifera seed extract por Gustavo Mateus [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Agosto 2018, Vol. 6, No. 4. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343718302872>  
ISSN: 2213-3437

- OLADOJA, Nurudeen Abiola. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. Elsevier Ltd. [en línea]. Junio 2015, Vol. 6, No. 1. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714415000306>  
ISSN: 2214-7144
- OROZCO, Álvaro. Bioingeniería de Aguas Residuales Teoría y Diseño. 2ª ed. ACODAL, 2014.566 pp.  
ISBN: 978958965482
- PACA TELENCHANO, Flor Rocío. Evaluación de residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea. Tesis (Ingeniero Químico). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Química, 2017. 83 pp.
- POMPILIO, Carlos. Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez. [en línea]. Huaraz Perú. [consulta: 4 de noviembre de 2016]. disponible en: <https://es.scribd.com/document/317375962/Monografia-uso-de-Floculantes-de-Origen-Natural-en-El-Tratamiento-Del-Agua-en-Terminos-de-Turbidez-en-El-Rio-Santa-Huaraz>.
- QUINTERO DUQUE, María Camila. Tratamiento primario de aguas residuales no domésticas provenientes de la Pontificia Universidad Javeriana mediante el uso de tanino modificado de Acacia. Tesis (Magister en Ciencias Biológicas). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, 2018. 25 pp.
- RAMALHO, Rubens. Tratamiento de Aguas Residuales. 2ª ed. Editorial REVERTÉ, 2013.707 pp.  
ISBN: 8429179755
- Removal of *Cryptosporidium parvum* oocysts in low quality water using Moringa oleifera seed extract as coagulant por Harry Petersen [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Junio 2016, Vol. 3, No. 1. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en <http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=EBSCO%3aedselp&genre=article&issn=24056766&ISBN=&volume=3&issue=&date=20160601&spage=1&pages=1-8&title=Food+and+Waterborne+Parasitology&atitle=Removal+of+Cryptosporidium+parvum+oocysts+in+low+quality+water+using+Moringa+oleifera+seed+extract+as+coagulant&aulast=Petersen%2c+H.H.&id=DOI%3a10.1016%2fj.fawpar.2016.03.002&site=ftf-live>  
ISSN: 2405-6766

- Response surface methodology approach to optimization of process parameter for coagulation process of surface water using *Moringa oleifera* seed. South African Journal of Chemical Engineering por Fatima Abdulkareem [et al]. Journals [en línea]. Enero 2019, Vol. 28, No. 1. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2019]. Disponible en [https://journals.co.za/docserver/fulltext/chemeng\\_v28\\_a6.pdf?expires=1560656081&id=id&acname=guest&checksum=B89DFEE0D8DCA73F62CB8CDBBB8F66FB](https://journals.co.za/docserver/fulltext/chemeng_v28_a6.pdf?expires=1560656081&id=id&acname=guest&checksum=B89DFEE0D8DCA73F62CB8CDBBB8F66FB) ISSN: 1026-9185
- RIVERA HUANAY, Roger Hector. Eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (*Manihot Esculenta*) y plátano (*Musa Paradisiaca*) para remover turbidez y *Escherichia Coli* del riachuelo Santa Perené Chanchamayo. Tesis (Profesional en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2017. 90 pp.
- RIVERA ÑACARI, Ana Claudia. Uso de *Moringa oleífera* y carbón activado para el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular en el distrito de San Martín de Porres – Lima 2017. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental, 2017. 101 pp.
- RODRÍGUEZ PANIAGUA, Elena. Elimination of emerging contaminants present in waters by physical and chemical methods. Tesis (Doctor en Química). Badajoz: Universidad de Extremadura, Departamento de Ingeniería Química y Química Física, 2015. 433 pp.
- SALAS OLIVARES, Héctor Manuel. Estudio comparativo de un coagulante natural frente a coagulantes químicos. Tesis (Magister en Ingeniería Ambiental). Barcelona: UPC BARCELONA TECH, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Camins, 2016. 112 pp.
- Tannin-based Coagulants from Laboratory to Pilot Plant Scales for Coloured Wastewater Treatment por Kinga Grenda [et al]. Ebscohost Ltd. [en línea]. Mayo 2018, Vol. 13, No. 2. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2019]. Disponible en <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=2a7a371f-d159-472d-805f-05dbc02f8dc2%40pdc-v-sessmgr01> ISSN: 1930-2126
- The World's Water por Peter Gleick [et al]. Island press Ltd. [en línea]. Enero 2014, Vol. 8, No. 1. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2019]. Disponible en <https://islandpress.org/books/worlds-water-volume-8> ISSN: 9781610914833

- Tratamiento biológico de aguas residuales por Carlos López [et al] IWA Publishing. [en línea]. Noviembre 2017, Vol. 1, No. 1. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2019]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=lxNBDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales+historia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVwr-x14fjAhVM4qwKHVINCc4Q6AEILTAB#v=onepage&q&f=false>  
ISSN: 9781780409146
- Use of different coagulants for cassava processing wastewater treatment por Jordana Dos Santos [et al]. Elsevier Ltd. [en línea]. Abril 2018, Vol. 6, No. 2. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343718301118>  
ISSN: 2213-3437
- Vegetación del territorio CAR 450 especies de sus llanuras y montañas por Gilberto Mahecha, [et al]. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2014. ISBN: 9588188067

## ANEXOS

### Anexo 1: Registro de datos de campo

Lugar de procedencia:		<i>Buzos de desagüe calle Manuel Villar</i>	
Muestreo:		<i>Agua Residual</i>	
Denominación del punto de monitoreo:		<i>Alcantarillado Calle Manuel Villar</i>	
Fecha	Hora	pH	Temperatura
<i>11/11/2019</i>	<i>12:30</i>	<i>7,105</i>	<i>21,3°C</i>
Observaciones en el punto de monitoreo:		<i>Presencia de sólidos suspendidos y sedimentables</i>	
Características del agua residual:		<i>Turbia y con vertos fecales.</i>	

**Anexo 2:** Registro de cadena de custodia

Lugar de procedencia		Buzones de desagüe calle Manuel Villar Urb. Ingeniería - SMP								
Muestra Nº	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetros de análisis			Observaciones
							Oxígeno disuelto	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales	
1	AR	11/11/19	12:30	Plástico	25 L	refrigeración	X	X	X	—
2	AR	11/11/19	12:30	Plástico	25 L	refrigeración	X	X	X	
3	AR	11/11/19	12:30	Plástico	25 L	refrigeración	X	X	X	
4	AR	11/11/19	12:30	Plástico	25 L	refrigeración	X	X	X	
5	AR	11/11/19	12:30	Plástico	25 L	refrigeración	X	X	X	
Hora de entrega al medio de transporte				12:45						

Operador de muestreo		Custodio de la muestra		Recepción en el laboratorio	
Nombres y Apellidos	Firma	Nombres y Apellidos	Firma	Nombres y Apellidos	Firma
Edwin Manuel Cordero Villegas		Edwin Manuel Cordero Villegas		Edwin Manuel Cordero Villegas	

**Anexo 3:** Registro de datos del tratamiento con *Moringa oleifera*, *Acacia melanoxylon* y *Manihot esculenta*

Uso de <i>Moringa oleifera</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																							
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia					
Pueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <i>Moringa</i>		Mezcla <i>Acacia</i>		Tiempo (min)	pH		T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción		
				Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM		Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100ml)	Final (NMP/100ml)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales
1	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.058	21.3	21.2	252	44.1	1.31	2.04	292.7	98.4	227	360	82.46	66.38	98.41
2	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.051	21.3	21.2	252	44.3	1.31	2.08	292.7	98.4	227	358	82.45	66.40	98.41
3	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.052	21.3	21.2	252	44.2	1.31	2.12	292.7	98.2	227	363	82.47	66.36	98.41
4	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.049	21.3	21.2	252	36.5	1.31	2.75	292.7	78.6	227	253	85.52	75.20	98.89
5	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.049	21.3	21.2	252	36.2	1.31	2.73	292.7	72.4	227	253	85.53	75.19	98.89
6	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.042	21.3	21.2	252	36.3	1.31	2.74	292.7	72.8	227	253	85.51	75.21	98.89
7	5%	11	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.046	21.3	21.2	252	36.2	1.31	2.81	292.7	71.4	227	254	85.62	75.61	98.89
8	5%	11	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.059	21.3	21.3	252	36.0	1.31	2.81	292.7	71.3	227	254	85.63	75.60	98.89
9	5%	11	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.041	21.3	21.3	252	36.4	1.31	2.82	292.7	71.2	227	252	85.64	75.62	98.89
10	5%	12	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.042	21.3	21.2	252	37.8	1.31	3.19	292.7	62.8	227	193	87.38	78.54	99.15
11	5%	12	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.042	21.3	21.2	252	37.6	1.31	3.21	292.7	62.4	227	197	87.36	78.52	99.15
12	5%	12	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.040	21.3	21.2	252	37.9	1.31	3.17	292.7	63.2	227	192	87.40	78.56	99.15

Uso de <i>Moringa oleifera</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																							
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia					
Prueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <i>Alphita</i>		Mezcla <i>Boruta</i>		Tiempo (min)	pH	T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción			
				Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM			Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100mL)	Final (NMP/100mL)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>
1	5%	13	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.998	21.3	21.3	252	779	1.31	3.30	242.7	55.8	227	1.87	88.97	80.90	99.18
2	5%	13	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.997	21.3	21.3	252	777	1.31	3.32	242.7	55.9	227	1.87	88.93	80.92	99.18
3	5%	13	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.999	21.3	21.3	252	281	1.31	3.34	242.7	56.0	227	1.87	88.91	80.88	99.18
4	5%	14	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.995	21.3	21.2	252	774	1.31	3.45	242.7	54.2	227	1.93	89.13	81.36	99.15
5	5%	14	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.991	21.3	21.3	252	773	1.31	3.46	242.7	54.6	227	1.93	89.15	81.35	99.15
6	5%	14	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.989	21.3	21.3	252	775	1.31	3.48	242.7	55.0	227	1.93	89.11	81.34	99.15
7	5%	15	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.987	21.3	21.2	252	240	1.31	3.61	242.7	46.1	227	1.93	90.47	84.17	99.15
8	5%	15	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.991	21.3	21.2	252	238	1.31	3.60	242.7	46.2	227	1.93	90.48	84.15	99.15
9	5%	15	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.989	21.3	21.2	252	242	1.31	3.59	242.7	46.6	227	1.93	90.46	84.13	99.15
10	5%	16	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.991	21.3	21.3	252	215	1.31	3.86	242.7	40.0	227	1.80	91.47	86.27	99.21
11	5%	16	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.977	21.3	21.2	252	212	1.31	3.84	242.7	40.0	227	1.80	91.45	86.23	99.20
12	5%	16	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.989	21.3	21.2	252	218	1.31	3.88	242.7	40.6	227	1.80	91.49	86.31	99.22

Uso de <i>Moringa oleifera</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																							
Coagulación y Floculación								Sedimentación		Parámetros								Eficiencia					
Prueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <del>Agua</del>		Mezcla <del>Residual</del>		Tiempo (min)	pH		T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción		
				Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM		Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100ml)	Final (NMP/100ml)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales
1	5%	17	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.97	21.3	21.2	252	202	1.31	390	292.7	36.8	227	1.80	91.95	87.43	99.21
2	5%	17	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.95	21.3	21.2	252	200	1.31	391	292.7	36.6	227	1.80	91.98	87.41	99.21
3	5%	17	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	204	1.31	392	292.7	37.0	227	1.80	92.01	87.45	99.21
4	5%	18	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.97	21.3	21.2	252	184	1.31	402	292.7	32.6	227	1.80	92.70	88.79	99.20
5	5%	18	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	184	1.31	402	292.7	32.7	227	1.80	92.70	88.80	99.21
6	5%	18	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.97	21.3	21.2	252	185	1.31	401	292.7	32.9	227	1.80	92.70	88.78	99.22
7	5%	19	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	234	1.31	3.71	292.7	44.7	227	1.80	90.71	84.66	99.21
8	5%	19	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	231	1.31	3.79	292.7	44.9	227	1.80	90.70	84.62	99.21
9	5%	19	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.97	21.3	21.2	252	237	1.31	3.68	292.7	44.9	227	1.80	90.72	84.60	99.21
10	5%	20	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	233	1.31	3.56	292.7	48.8	227	1.93	89.96	83.31	99.17
11	5%	20	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	232	1.31	3.58	292.7	48.7	227	1.80	89.94	83.33	99.15
12	5%	20	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	234	1.31	3.60	292.7	48.9	227	1.93	89.98	83.35	99.13

Uso de *Acacia melanoxylon* para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico

Uso de <i>Acacia melanoxylon</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																							
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia					
Puede	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <del>separada</del>		Mezcla <del>mezclada</del>		Tiempo (min)	pH	T°		Turbidez	Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción				
				Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM			Inicial	Final		Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100ml)	Final (NMP/100ml)	Turbidez
1	1%	1	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.085	21.3	21.3	252	22	1.31	3.47	292.7	46.4	227	2	91.26	84.15	99.12
2	1%	1	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.082	21.3	21.3	252	18	1.31	3.47	292.7	46.4	227	1.8	91.23	84.12	99.20
3	1%	1	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.089	21.3	21.3	252	26	1.31	3.47	292.7	46.4	227	2	91.24	84.18	99.12
4	1%	2	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.065	21.3	21.1	252	13	1.31	3.80	292.7	28.6	227	2	95.11	90.33	99.12
5	1%	2	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.065	21.3	21.1	252	13	1.31	3.84	292.7	28.0	227	2	95.11	90.33	99.12
6	1%	2	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.065	21.3	21.1	252	12.3	1.31	3.76	292.7	25.3	227	1.8	95.11	90.33	99.20
7	1%	3	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.039	21.3	21.3	252	7.88	1.31	4.12	292.7	20.6	227	1.8	96.80	92.96	99.20
8	1%	3	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.032	21.3	21.3	252	7.83	1.31	4.09	292.7	21.2	227	1.8	96.89	92.94	99.20
9	1%	3	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.062	21.3	21.3	252	7.78	1.31	4.06	292.7	20.0	227	1.8	96.89	92.98	99.20
10	1%	4	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.033	21.3	21.2	252	4.88	1.31	4.54	292.7	16.2	227	1.8	98.06	94.26	99.20
11	1%	4	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.033	21.3	21.2	252	4.45	1.31	4.50	292.7	17.4	227	1.8	98.10	94.30	99.20
12	1%	4	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.033	21.3	21.2	252	4.81	1.31	4.52	292.7	16.8	227	1.8	98.02	94.22	99.20

Uso de <i>Acacia melanoxylon</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																									
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia							
Prueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <del>Acacia</del>		Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	pH		T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción		
				Tiempo (min)	RPM						Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100ml)	Final (NMP/100ml)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales
1	1%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.008	21.3	21.3	252	4.71	1.31	4.58	242.7	15.1	22.7	1.8	98.13	94.84	99.20		
2	1%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.023	21.3	21.3	252	4.73	1.31	4.60	242.7	14.7	22.7	1.8	98.15	94.80	99.20		
3	1%	5	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.008	21.3	21.3	252	4.71	1.31	4.56	242.7	15.5	22.7	1.8	98.17	94.88	99.20		
4	1%	6	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.008	21.3	21.3	252	4.48	1.31	4.73	242.7	14.7	22.7	1.8	98.22	95.15	99.20		
5	1%	6	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.008	21.3	21.3	252	4.48	1.31	4.74	242.7	14.0	22.7	1.8	98.20	95.17	99.20		
6	1%	6	1000	1	200	7	20	10	7.105	7.008	21.3	21.3	252	4.48	1.31	4.75	242.7	14.4	22.7	1.8	98.24	95.13	99.20		
7	1%	7	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.991	21.3	21.3	252	5.62	1.31	4.51	242.7	16.1	22.7	1.8	98.15	94.40	99.20		
8	1%	7	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.988	21.3	21.3	252	5.62	1.31	4.54	242.7	16.3	22.7	1.8	98.10	94.43	99.20		
9	1%	7	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.988	21.3	21.3	252	5.67	1.31	4.48	242.7	16.5	22.7	1.8	98.20	94.46	99.20		
10	1%	8	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.991	21.3	21.3	252	6.35	1.31	4.27	242.7	18.3	22.7	1.8	97.36	93.66	99.20		
11	1%	8	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.988	21.3	21.3	252	6.80	1.31	4.29	242.7	18.7	22.7	1.8	97.30	93.68	99.20		
12	1%	8	1000	1	200	7	20	10	7.105	6.988	21.3	21.3	252	6.70	1.31	4.31	242.7	18.5	22.7	1.8	97.40	93.70	99.20		

Uso de <i>Manihot esculenta</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																									
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia							
Prueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <del>Agua</del>		Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	pH		T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción		
				Mezcla <del>Agua</del>	Mezcla <del>Agua</del>						Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100mL)	Final (NMP/100mL)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales
1	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.91	21.3	21.3	252	172	1.31	2.06	292.7	275.8	227	227	31.75	5.72	0.00		
2	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.91	21.3	21.3	252	170	1.81	2.04	292.7	275.4	227	227	31.74	5.77	0.00		
3	5%	5	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.83	21.3	21.3	252	179	1.31	2.05	292.7	276.2	227	227	31.76	5.62	0.00		
4	5%	6	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.90	21.3	21.3	252	160	1.31	2.25	292.7	274.1	227	207	36.51	6.40	8.82		
5	5%	6	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.99	21.3	21.4	252	158	1.31	2.20	292.7	273.9	227	210	36.50	6.42	8.81		
6	5%	6	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.98	21.3	21.1	252	162	1.31	2.15	292.7	273.7	227	204	36.52	6.44	8.80		
7	5%	8	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.99	21.3	21.1	252	147	1.31	2.58	292.7	270.6	227	193	42.40	7.51	14.93		
8	5%	8	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.99	21.3	21.1	252	145	1.31	2.59	292.7	270.4	227	193	42.46	7.55	14.93		
9	5%	8	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.98	21.3	21.2	252	143	1.31	2.57	292.7	270.8	227	193	42.52	7.59	15.03		
10	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.98	21.3	21.2	252	138	1.31	2.81	292.7	267.4	227	193	46.80	8.63	14.97		
11	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.91	21.3	21.2	252	134	1.31	2.80	292.7	268.0	227	193	46.83	8.64	14.98		
12	5%	10	1000	1	200	7	20	10	7.10	6.93	21.3	21.2	252	130	1.31	2.82	292.7	266.2	227	193	46.86	8.65	14.99		

Uso de <i>Manihot esculenta</i> para reducción de carga orgánica de efluente residual doméstico																									
Coagulación y Floculación						Sedimentación		Parámetros										Eficiencia							
Prueba	Concentración de Solución Madre	Dosis (mL)	Agua residual (mL)	Mezcla <del>separada</del>		Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	RPM	Tiempo (min)	pH		T°		Turbidez		Oxígeno disuelto		DBO <sub>5</sub>		Coliformes totales		% de Reducción		
				Tiempo (min)	RPM						Inicial	Final	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Inicial (NMP/100mL)	Final (NMP/100mL)	Turbidez	DBO <sub>5</sub>	Coliformes totales
1	5%	12	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	117	1.31	3.07	292.7	252.1	227	187	53.57	13.82	17.62	
2	5%	12	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	118	1.31	3.05	292.7	252.4	227	187	53.58	13.86	17.62	
3	5%	12	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	116	1.31	3.06	292.7	251.7	227	187	53.56	13.88	17.62	
4	5%	14	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	121	1.31	2.92	292.7	261.4	227	193	49.60	10.69	14.98	
5	5%	14	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	130	1.31	2.91	292.7	261.3	227	193	49.60	10.71	15.00	
6	5%	14	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	129	1.31	2.93	292.7	261.5	227	193	49.60	10.67	14.96	
7	5%	15	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	135	1.31	2.83	292.7	263.8	227	193	46.47	9.87	14.98	
8	5%	15	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	132	1.31	2.84	292.7	263.5	227	193	46.43	9.84	14.98	
9	5%	15	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.98	21.3	21.3	252	138	1.31	2.85	292.7	264.1	227	193	46.44	9.90	14.98	
10	5%	16	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.94	21.3	21.2	252	138	1.31	2.74	292.7	265.4	227	193	45.24	9.33	14.98	
11	5%	16	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	138	1.31	2.75	292.7	265.2	227	193	45.22	9.31	14.98	
12	5%	16	1000	1	200	7	20	10	10	7.105	6.92	21.3	21.2	252	138	1.31	2.76	292.7	265.6	227	193	45.26	9.35	14.98	

## Anexo 4: Validación de instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I.- DATOS GENERALES

1.1.- Apellidos y Nombres: *Maduena Huaruco y Raul Jose*  
 1.2.- Cargo e Institución donde labora: *Prof. Subor. - Univ. de P. Tarma*  
 1.3.- Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Examen de delos*  
 1.4.- Autor(a) del instrumento: *Edison Moral Castro Vallejos*

#### II.- ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X	X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

#### III.- OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento  cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV.- PROMEDIO DE VALORACION

92,5%
-------

Lima, *10 de Junio* del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: .....

*Raul Jose Maduena Huaruco*  
 RAUL JOSE  
 MADUENO HUARUCO  
 INGENIERO SANITARIO  
 Reg. CIP N° 88119

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I.- DATOS GENERALES**

1.1.- Apellidos y Nombres: *Humano Torres, Cyrill Victor*  
 1.2.- Cargo e Institución donde labora: *Dep. de Ingeniería, Dico. Solución S.P.C.*  
 1.3.- Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Pruebas de datos*  
 1.4.- Autor(a) del instrumento: *Edwin Manuel Colorado Vellego*

**II.- ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III.- OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento ~~no~~ cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV.- PROMEDIO DE VALORACION**

92 %
------

 Lima, *10 de Junio* del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: .....



CYRILL VICTOR  
 HUAMÁN TORRES  
 INGENIERO SANITARIO  
 Reg. CIP N° 213480

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I.- DATOS GENERALES**

1.1.- Apellidos y Nombres: ... *Oliva Hidalgo Hibel* .....  
 1.2.- Cargo e Institución donde labora: ... *Bio. Subteniente - Jefe de Grupo* .....  
 1.3.- Nombre del instrumento motivo de evaluación: ... *Reporte en datos* .....  
 1.4.- Autor(a) del instrumento: ... *Edwin Manuel Coronado Villalobos* .....

**II.- ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III.- OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento ... cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV.- PROMEDIO DE VALORACION**

92 %
------

Lima, *10 de Junio* ..... del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

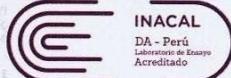
DNI: .....

*Hibel*  
 HEBEL OLIVAS HIDALGO  
 INGENIERO SANITARIO  
 Reg. CIP N° 144823

# Anexo 5: Informe de laboratorio ENVIROTEST S.A.C.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-056**



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**Registro N° LE-056**

## INFORME DE ENSAYO N° 197321 CON VALOR OFICIAL

**Nombre del Cliente :** EDWIN MANUEL CORDERO VILLEGAS  
**Dirección :** Jr. Manuel Villar # 146 - Urb. Ingeniería  
**Solicitado Por :** EDWIN MANUEL CORDERO VILLEGAS  
**Referencia :** Colización N° 3997-19R01  
**Proyecto :** Reservado por el cliente  
**Procedencia :** Reservado por el cliente  
**Muestreo Realizado Por :** El cliente  
**Cantidad de Muestra :** 4  
**Producto :** Agua residual  
**Fecha de Recepción :** 12/11/2019  
**Fecha de Ensayo :** 12/11/2019 al 23/11/2019  
**Fecha de Emisión :** 23/11/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

### I. Resultados

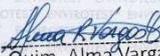
Código de Laboratorio	197321-01	197321-01	197321-01	197321-01
Código de Cliente	SIN-TRAT	ACACIA	MORINGA	MANIHOT
Fecha de Muestreo	12/11/2019	12/11/2019	12/11/2019	12/11/2019
Hora de Muestreo (h)	10:00	11:00	12:00	12:40
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados	
Fisicoquímicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	299,2	12,3      35,1      273,1

LEYENDA: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; <L.C.M. o L.D.M. Indicado. \* = Resolución cuantificable; \*\* = Límite de Detección de Método; \*\*\* = No Análisis.

### II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímicos		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 B, 23rd. Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

SIGLAS: \*SM: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 23rd. Ed. 2017

  
**Quim. Alma Vargas C.**  
 Supervisor de Laboratorio Inorgánico  
 C.Q.P. N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.  
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.  
 El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.  
 El tiempo de parabilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.  
 Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

**\*\* FIN DEL INFORME \*\***

---

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú , Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828, RPC: 989 114 649

Código: F01-PO.EM.01  
Revisión: 10  
Fecha: 18/11/2019
info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe
Página 1 de 2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC., - IAS  
CON REGISTRO TL - 659



**INFORME DE ENSAYO N° 197321  
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente: **EDWIN MANUEL CORDERO VILLEGAS**  
 Dirección: **Jr. Manuel Villar # 146 - Urb. Ingeniería**  
 Solicitado Por: **EDWIN MANUEL CORDERO VILLEGAS**  
 Referencia: **Cotización N° 3997-19R01**  
 Proyecto: **Reservado por el cliente**  
 Procedencia: **Reservado por el cliente**  
 Muestreo Realizado Por: **El cliente**  
 Cantidad de Muestra: **4**  
 Producto: **Agua residual**  
 Fecha de Recepción: **12/11/2019**  
 Fecha de Ensayo: **12/11/2019 al 23/11/2019**  
 Fecha de Emisión: **23/11/2019**

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

**I. Resultados**

Código de Laboratorio	197321-01	197321-01	197321-01	197321-01
Código de Cliente	SIN-TRAT	ACACIA	MORINGA	MANIHOT
Fecha de Muestreo	12/11/2019	12/11/2019	12/11/2019	12/11/2019
Hora de Muestreo (h)	10:00	11:00	12:00	12:40
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111	E 0276703 N 8670111
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Microbiológicos			
Total Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1,8	1709E+38
			1,3E+08
			1,3E+06
			170,9E+37

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, <C= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, >C= Resolución cuantificable, <L= Límite de Detección de Método, <N= No Analizado

**II. Métodos y Referencias**

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Microbiológicos		
Total Coliform Bacteria	SM 9221B / 9221C. Standard Methods 23rd Edition 2017	Enumeration of Total Coliforms by MPN method Standard Total Coliform Fermentation Technique

SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA; AWWA; WEF 23rd. Ed. 2017.

*[Firma]*  
**Blga Sissy Alvarez M.**  
 Jefe de Microbiología  
 C.B.P. N° 9928

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.  
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.  
 El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.  
 El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.  
 Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

FIN DEL INFORME

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú, Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828  
 info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Anexo 6: Cadena de custodia ENVIROTEST S.A.C.

Nº 023572 FQ-OPE-01  
PM-OPE-13

**envirotest**  
Environmental Testing Laboratory S.A.C.

### CADENA DE CUSTODIA

I.E. Nº: 147321 Pág. 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE						Agua	M.S.	C.A.	S.O.	Emi.	Otro																																			
<b>ENVIAR INFORME DE ENSAYO A</b>																																														
RAZÓN SOCIAL: EDWIN MANUEL CORDERO VILLEGAS																																														
DIRECCIÓN: Sr. Manuel Villar #146 - Urb. TEGUENANA																																														
TELEFONO: 997484157 E-MAIL: ECORDERO05@gmail.com																																														
ORDEN DE SERVICIO Nº: COTIZACIÓN Nº: 3997-19.01																																														
<b>ENVIAR FACTURA A</b>																																														
RAZÓN SOCIAL: BIO SOLUTION SAC																																														
RUC: 20000019938																																														
DIRECCIÓN: Jr. Melitón Carhuatal #231 - S.M.P. - LIMA																																														
NOMBRE DEL PROYECTO:																																														
PROCEDENCIA:																																														
ANÁLISIS REQUERIDOS																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nº de muestra</th> <th>Código de Cliente</th> <th>Fecha (d-m-a)</th> <th>Hora (24:00)</th> <th>Matriz o Producto</th> <th>Ubicación UTM</th> <th>Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>SIN-TRAT</td> <td>12-11-19</td> <td>10:00</td> <td>A.R.</td> <td>0270705</td> <td>X X</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ACACIA</td> <td>12-11-19</td> <td>11:00</td> <td>A.R.</td> <td>0270703</td> <td>X X</td> </tr> <tr> <td></td> <td>MORINGA</td> <td>12-11-19</td> <td>12:00</td> <td>A.R.</td> <td>0270705</td> <td>X X</td> </tr> <tr> <td></td> <td>MANIHOT</td> <td>12-11-19</td> <td>12:40</td> <td>A.R.</td> <td>0270705</td> <td>X X</td> </tr> </tbody> </table>						Nº de muestra	Código de Cliente	Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)	Matriz o Producto	Ubicación UTM	Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra		SIN-TRAT	12-11-19	10:00	A.R.	0270705	X X		ACACIA	12-11-19	11:00	A.R.	0270703	X X		MORINGA	12-11-19	12:00	A.R.	0270705	X X		MANIHOT	12-11-19	12:40	A.R.	0270705	X X						
Nº de muestra	Código de Cliente	Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)	Matriz o Producto	Ubicación UTM	Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra																																								
	SIN-TRAT	12-11-19	10:00	A.R.	0270705	X X																																								
	ACACIA	12-11-19	11:00	A.R.	0270703	X X																																								
	MORINGA	12-11-19	12:00	A.R.	0270705	X X																																								
	MANIHOT	12-11-19	12:40	A.R.	0270705	X X																																								
<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>ENVIROTEST S.A.C.</b>                      12 NOV 2019  <b>RECIBIDO</b>                      LA RECEPCION NO IMPLICA CONFORMIDAD                 </div>																																														

(a) Información llenada por Recepción de Muestras. (b) MATRIZ o PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) [Respirables (Resp.), Inhalables (Inh.), Polvos (Polv.), PVC, MCI], Calidad de Aire (C.A.) [PM-10, PM-2.5 (HV.LV), PTS, Sol. Cap.], Otros

Agua (A.) [Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial, A. Termal, A. de Lluvia o fluvial), Agua Residual (A.R.) (A. R. Doméstica, A. R. Industrial, A. R. Municipal), Agua de Uso y Consumo Humano (A. de piscina, A. de bebida = A. Potable/A. Envasada/A. de mesa, A. de laguna artificial), Agua Salina (A. de Mar, A. Salobres, Salmuera), Agua de Proceso (A. de circulación o enfriamiento, A. de alimentación para calderas, A. de calderas, A. de floculación, A. purificada, A. de inyección y reinyección), Emisiones (Emi.) [Partículas isoc., SO<sub>x</sub>], Muestra Sólida (M.S.) [Suelo (Sue.), Lodo (Lod.), Sedimento (Sed.)]

MUESTREO REALIZADO POR		PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	CODIGO DE EQUIPOS UTILIZADOS	OBSERVACIONES	SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE
Empresa:	Empresa: Edwin Carhuatal Villar				Nombre: Edwin Carhuatal Villar
Responsable:	Responsable: Edwin Carhuatal Villar				Cargo: Supervisor
Firma:	Firma: Edwin Carhuatal Villar				Firma: Edwin Carhuatal Villar

LABORATORIO - RECEPCION DE MUESTRAS					
Entregado por:	Recibido por:	Origen de los envases de las muestras:	Cliente:		
Fecha (d-m-a):	Fecha (d-m-a):	Condición de la Muestra:			

FI: Oct 09 FR: 13/Ago 16 Envirotest S.A.C., RUC 20523205936. Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana-Lima 31-Perú, Central Telefónica (511) 522-3758 / 533-1528, RPC 989114649, E-mail: info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

MANTENIMIENTO

**Anexo 7: Solicitud a SENATI – SURQUILLO para uso del laboratorio.**

**SOLICITUD**

Lima, 03 de Octubre del 2019

**Centro de Tecnologías Ambientales  
SENATI – Sede Surquillo**

**Atención:  
Ing. Judy Muñoz Sáenz  
Jefa de Centro de Tecnologías Ambientales  
Presente.**



De mi consideración:

Mediante la presente, yo Edwin Manuel Cordero Villegas, identificado con D.N.I.: 46512322, con Código de Alumno: 1056460 y cursando el V ciclo de la carrera Tratamiento de aguas, con el debido respeto me presento ante usted para manifestarle lo siguiente:

Que por motivos académicos solicito su consentimiento para el uso del laboratorio de la institución en la Sede Surquillo el día 10 de octubre del presente año, para realizar una prueba de jarras, y poder desarrollar el proyecto REDUCCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS CON MATERIALES VEGETALES DE *Moringa oleifera*, *Acacia melanoxylon* Y *Manihot esculenta* con el fin de desarrollar todo lo observado en esta etapa de la carrera. Teniendo en cuenta que el laboratorio de SENATI se encuentra muy bien implementado y fiándonos de su apoyo por la mejora continua y la investigación en temas ambientales, le solicito que considere brindarme el apoyo requerido para tal fin académico.

Sin otro particular, me despido de usted esperando acceda a mi solicitud.

Atentamente,

  
Edwin Manuel Cordero Villegas  
Código alumno: 1056460

