



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Uso de la *Moringa oleifera* Lam. (MORINGACEAE) como coagulante natural para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Pool Williams Mejía Carrillo

ASESOR

Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos

LIMA - PERÚ

2016 – II

Página del Jurado

MSc. Rubén Munive Cerrón

Presidente

MSc. Rita Cabello Torres

Secretario

Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

Vocal

Dedicatoria:

Dedicado a Dios, a mi esposa Auristela Barraza e hijos André y Lionel con quienes he sacrificado valioso tiempo de estar juntos, ellos son mi motor y motivo, que al igual que mis padres Carlos Mejía y Rosa Carrillo, así como a mis hermanos me brindaron su apoyo incondicional, gracias por todo.

Agradecimiento:

Agradezco a todos los profesionales que pudieron brindar sus críticas y recomendaciones para la elaboración y desarrollo de mi tesis, a la Universidad César Vallejo por los conocimientos brindados, a SEDAPAL que ha permitido potenciar conocimientos y desarrollarme profesionalmente, al Ing. Adan Muñoz Arandia por el apoyo brindado y el suministro de semillas de Moringa, a mis asesores Lorgio Valdiviezo y Yakov Quinteros quienes con su experiencia y profesionalismo supieron guiar de la mejor manera el desarrollo de mi investigación.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Pool Williams Mejía Carrillo, identificado con DNI N° 40147833, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniera Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de diciembre del 2016

Pool Williams Mejía Carrillo

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**USO DE LA *Moringa oleifera* Lam. (MORINGACEAE) COMO COAGULANTE NATURAL PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **Ingeniería Ambiental**.

El Autor:

Pool Williams Mejía Carrillo

INDICE GENERAL

Página del Jurado	ii
Dedicatoria:	iii
Agradecimiento:	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática.....	1
1.2 Trabajos Previos	2
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	10
Características de las aguas residuales.....	10
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).....	11
Tratamiento Primario Avanzado	12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	12
Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	12
Sólidos	13
Coagulación	14
Floculación.....	14
Coloides	15
Moringa	16
Marco legal.....	18
1.4 Formulación del problema	19
Problema General:	19
Problema Específico:.....	20
1.5 Justificación del estudio.....	20
1.6 Hipótesis	20

	Hipótesis General	20
	Hipótesis Específica	21
1.7	Objetivos	21
	Objetivo General:.....	21
	Objetivo Específico:.....	21
II.	MÉTODO	22
2.1	Diseño de investigación	22
2.2	Variables, Operacionalización	23
2.3	Población y Muestra	24
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 24	
	Preparación del coagulante natural	24
	Preparación de los 03 métodos de uso de la semilla de <i>M. oleifera</i>	27
	Preparación del coagulante Químico	30
	Ensayo de prueba de jarras	32
	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
	Equipos y materiales utilizados	34
	Validez	35
	Confiabilidad	35
2.5	Métodos de análisis de datos	36
2.6	Aspectos éticos	37
III.	RESULTADOS	38
3.1	Población y Muestra.	38
	Población	38
	Muestra	38
3.2	Pruebas de Jarras	39
3.3	Resultados del Laboratorio (PTAR Carapongo)	44
3.4	Interpretación de Resultados	45
3.5	Análisis Estadísticos	48
IV.	DISCUSIÓN	66
V.	CONCLUSIONES	68
VI.	RECOMENDACIONES	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	ANEXOS	75

Anexo 1. Croquis de ubicación de la PTAR Pte. Piedra	76
Anexo 2. Resultados de los análisis de laboratorio.	77
Anexo 3. Matriz de Consistencia.....	78
Anexo 4. Formato 1 – Condiciones iniciales	79
Anexo 5. Validación del instrumento - Formato 1.	80
Anexo 6. Formato 2 – Tratamiento con Sulfato de Aluminio	81
Anexo 7. Validación del instrumento - Formato 2.	82
Anexo 8. Formato 3 – Ensayo de Pruebas de Jarras.....	83
Anexo 9. Validación del instrumento - Formato 3	84
Anexo 10. Formato 4 – Tratamiento con Moringa en Polvo	85
Anexo 11. Validación del instrumento - Formato 4.	86
Anexo 12. Formato 5 – Tratamiento con Moringa en Cloruro de Sodio	87
Anexo 13. Validación del instrumento - Formato 5.	88
Anexo 14. Formato 5 – Tratamiento con Moringa en Agua Destilada	89
Anexo 15. Validación del instrumento - Formato 6.	90
Anexo 16. Validación de instrumento.....	91
Anexo 17. Validación de instrumento.....	92
Anexo 18. Validación de instrumento.....	93
Anexo 19. Validación de instrumento.....	94
Anexo 20. Resumen de indicadores de gestión de las EPS	95
Anexo 21. Solicitud de autorización de elaboración de tesis a SEDAPAL.....	96
Anexo 22. Respuesta de autorización del EG-PTAR - SEDAPAL	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales	11
Figura 2. Efecto del coagulante sobre las partículas coloidales.....	15
Figura 3. Característica de los coloides.....	16
Figura 4. Usos Potenciales de la Moringa oleifera [FOIDL et al, 2001].....	17
Figura 5. Árbol de Moringa oleifera, semillas y hojas.....	18
Figura 6. Tamizado de la semilla de Moringa oleifera.....	25
Figura 7. Aplicación de la semilla en polvo.....	28
Figura 8. Preparación del extracto de <i>M. oleifera</i> en NaCl 1N.....	28
Figura 9. Preparación del extracto de <i>M. oleifera</i> en Agua destilada.....	29
Figura 10. Métodos para el estudio de eficiencia.....	29
Figura 11. Preparación del coagulante químico (Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$).....	30
Figura 12. Toma de Muestra de agua residual cruda de la PTAR Pte. Piedra.....	38
Figura 13. Rotulado de las 13 muestras	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Anexo N° 1 D.S. N° 021-2009-VIVIENDA del MVCS [MVCS, 2016].....	19
Tabla 2. Anexo N° 2 D.S. N° 001-2015-VIVIENDA del MVCS [MVCS, 2016].....	19
Tabla 3. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk	48
Tabla 4. Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene.	49
Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos	50
Tabla 6. Prueba de comparaciones.....	50
Tabla 7. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk	52
Tabla 8. Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de	52
Tabla 9. Pruebas de efectos inter-sujetos	53
Tabla 10. Prueba de comparaciones.	54
Tabla 11. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.....	55
Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene.....	56
Tabla 13. Pruebas de efectos inter-sujetos.....	57
Tabla 14. Prueba de comparaciones - SST	57
Tabla 15. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk – Turbidez.....	58
Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene– Turbidez	59
Tabla 17. Estadísticos de prueba ^{a,b} - Turbidez.....	60
Tabla 18. Prueba de comparaciones - Turbidez	60
Tabla 19. Tratamiento con Moringa con Cloruro de Sodio 1N - DBO.....	61
Tabla 20. Tratamiento con coagulante químico - DBO	62
Tabla 21. Tratamiento con Moringa con Cloruro de Sodio 1N – DQO	62
Tabla 22. Tratamiento con coagulante químico – DQO	63
Tabla 23. Tratamiento con Moringa con Cloruro de Sodio 1N – SST.....	63
Tabla 24. Tratamiento con coagulante químico – SST	64
Tabla 25. Tratamiento con Moringa con Cloruro de Sodio 1N – Turbidez.....	64
Tabla 26. Tratamiento con coagulante químico – Turbidez.....	65

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de Variables.....	23
Cuadro 2. Semillas de Moringa oleifera embazadas.....	24
Cuadro 3. Equipos de secado	25
Cuadro 4. Equipos de Tamizado.....	25
Cuadro 5. Cloruro de Sodio Para Análisis (PA).....	26
Cuadro 6. Preparación del coagulante natural bajo las 03 metodologías.....	27
Cuadro 8. Secuencia de Evaluación del Coagulante Natural	31
Cuadro 9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
Cuadro 10. Equipos utilizados en la investigación.....	34
Cuadro 10. Configuración del equipo de Pruebas de Jarras.....	37
Cuadro 11.Prueba de jarras MP replica 1	39
Cuadro 12.Prueba de jarras MP replica 2	39
Cuadro 13.Prueba de jarras MP replica 3	39
Cuadro 14.Prueba de jarras MNaCl replica 1	40
Cuadro 15.Prueba de jarras MNaCl replica 2	40
Cuadro 16.Prueba de jarras MNaCl replica 3	40
Cuadro 17.Prueba de jarras MAD replica 1	41
Cuadro 18.Prueba de jarras MAD replica 2	41
Cuadro 19.Prueba de jarras MAD replica 3	41
Cuadro 20.Resultados de las pruebas de jarras con las tres metodologías.....	42
Cuadro 21.Prueba de jarras con el sulfato de aluminio SA	43
Cuadro 22.Muestras enviadas al laboratorio	43
Cuadro 23. Resumen de análisis del laboratorio y campo.	44

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Clasificación y % p/p de los aminoácidos.	4
Gráfico 2. Caudales del periodo Oct. 2015 a Set. 2016 de la PTAR Pte. Piedra.	38
Gráfico 3. Consumo del Coagulante Natural (Semilla de <i>Moringa oleifera</i>)	42
Gráfico 4. Comparación de Turbidez entre los parámetros.....	45
Gráfico 5. Comparación de SST entre los parámetros.....	45
Gráfico 6. Comparación de DBO ₅ entre los parámetros	46
Gráfico 7. Comparación de DQO entre los parámetros	46
Gráfico 8. Comparación de DBO Total, Soluble y Particulada entre los parámetros	47
Gráfico 9. Comparación de DQO Total, Soluble y Particulada entre los parámetros.....	47
Gráfico 10. Prueba de comparaciones.	51
Gráfico 10. Prueba de comparaciones.	54
Gráfico 11. Prueba de comparaciones – SST	58
Gráfico 12. Prueba de comparación – Turbidez.....	61

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar un coagulante alternativo natural extraído de las semillas de *Moringa oleifera*, que pueda sustituir al coagulante químico en los procesos primarios avanzados (Coagulación, Floculación y Sedimentación) de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el estudio se realizó en la PTAR Puente Piedra, donde se evaluó el caudal promedio para determinar la población y los volúmenes de muestras para los ensayos. La metodología aplicada fue realizar ensayos de pruebas de jarras para determinar las dosis para cada método (03 métodos para el coagulante natural y 01 método para el coagulante químico (sulfato de aluminio)), tomando como indicador inicial la turbidez para determinar las dosis óptimas, así mismo las muestras con menor turbidez fueron analizadas para determinar la DBO₅, DQO y SST, también se realizaron mediciones de campo como pH y temperatura.

Los resultados demostraron que el coagulante natural hecho a base de las semillas de *Moringa oleifera* tiene gran eficiencia en remoción de turbidez y Sólidos Suspendidos Totales (SST), alcanzando valores de 87.3% y 88.8% respectivamente, valores cercano al 92% y 94.5% obtenido con el coagulante químico. Así mismo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) tuvieron un eficiencia de 35% y -18.9% con el coagulante químico y 25.9% y 26.3% con el coagulante natural. No obstante, la DQO incremento su valor respecto a agua cruda, esto debido a que la semilla tiene un alto contenido de materia orgánica.

Se determinó también como mejor metodología; la aplicación de la semilla de *Moringa oleifera* con extracto en cloruro de sodio 1N (MNaCl) bajo una concentración del 3% (p/v) considerando la cantidad de aplicación y resultados de los análisis.

Palabras Claves: Coagulación, Floculación, *Moringa oleifera*, SST, DBO y DOQ

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate a natural alternative coagulant extracted from the seeds of "*Moringa oleifera*", which can replace to the chemical coagulant in the advanced primary processes (Coagulation, Flocculation and Sedimentation) of WasteWater Treatment Plants (WWTP), the study was conducted at the WWTP Puente Piedra, where the average flow was evaluated to determinate the population and volumes of sample for testing. The methodology applied was to perform jar test tests to determinate doses for each method (03 methods for natural coagulant and 01 method for chemical coagulant (aluminum sulfate)), taking as initial indicator the turbidity to determinate optimal doses, also the samples with lower turbidity were analyzed to determine the BOD₅, COD and TSS, field measurements were also made as pH and temperature.

The results showed that the natural coagulant made from *Moringa oleifera* seeds has high efficiency in removal of turbidity and total suspended solids (TSS), reaching values of 87.3% and 88.8% respectively, values close to 92% and 94.5% obtained with the chemical coagulant. Likewise, the Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) and Chemical Oxygen Demand (COD) had an efficiency of 35% and -18.9% with the chemical coagulant and 25.9% and 26.3% with the natural coagulant. However, the COD increase its value compared to raw water, This because the seed has a high content of organic matter

It was also determined as best methodology; the application of *Moringa oleifera* seed with extract in 1N sodium chloride (MNaCl) at a concentration of 3% (w/v) considering the amount of application and test results.

Keywords: Coagulation, Flocculation, *Moringa oleifera*, TSS, BOD and COD.