UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFECTIVIDAD DE LA SEMILLA *Moringa oleífera* COMO BIOCOAGULANTE PARA EL PRE-TRATAMIENTO DE AGUA, PROVINCIA DE ILO, MOQUEGUA"

PRESENTADO POR:

BACH. JOSÉ LUIS LEGUA LAURENCIO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO - PERÚ

2021

UNAM

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Folio Nº 015

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD Nº 124 - 2021 - FACIA - UNAM

Fecha: 28-12-2021

III. El jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

EFECTIVIDAD DE LA SEMILLA MORINGA OLEIFERA COMO BIOCOAGULANTE PARA EL PRETRATAMIENTO DE AGUA, PROVINCIA DE ILO, MOQUEGUA

Bachiller: JOSE LUIS LEGUA LAURENCIO

Asesor Principal: DR. MILKO RAÚL RIVERA CAMPANO

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: CATORCE (14) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 18:00 horas, del 28 de DICIEMBRE del año 2021 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Dr. Alejandro M. Egoavil Espino
Presidente

Mg. Paulino Rios Zapata
Primer Miembro

Dr. Jose Quiñonez Choquecota
Segundo Miembro

Jose Luis Legua L.
Bachiller

Agradecimiento

Primero agradecer a Dios, por permitirme de poder gozar buena salud y cumplir una de mis metas trazadas que es la obtención de título profesional.

A mi familia, en especial a mi mamá Ana María Laurencio Cirilo por ayudarme en los momentos difíciles y los consejos que me dio durante el transcurso de mi carrera y en la ejecución de mi investigación.

A la casa de estudio superior y los docentes de la Universidad Nacional de Moquegua, que fueron pilares para mi formación profesional.

A mi asesor por su tiempo invertido en mi investigación, que fue de su gran ayuda para salir adelante y poder culminarlo.

.

“Efectividad de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para el pre-tratamiento de agua, provincia de Ilo, Moquegua”

Resumen

La problemática de la presencia de turbidez en aguas del rio Osmore generadas en las épocas de avenida y estiaje, es una preocupación para los pobladores del valle Ilo, quienes hacen uso de dichas aguas para el regadío de cultivos, alimento y bebida sin realizar un previo pretratamiento, lo que agrava la situación; por tal motivo, se desarrolló la presente investigación como una alternativa amigable de pretratamiento del agua mediante el empleo de sustancias biodegradables de fácil aplicación. En este estudio, se utilizó la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en muestras de agua turbia del rio Osmore. Se evaluó la composición proximal de la semilla *Moringa oleífera*, obteniendo en proteínas 38.46 % y en grasas 35.37%, realizando un proceso de desgrasado para un mejor rendimiento. La aplicación del biocoagulante se realizó por tratamientos con su respectivo control, se planteó un diseño bifactorial, obteniendo un efecto estadísticamente significativo a los parámetros estudiados, utilizando como variable de respuesta al porcentaje de remoción de turbidez. Como resultado, la dosis optima es de 1.35 ml en época de avenida con un tiempo de sedimentación de 30 min y 0.2 ml en época de estiaje con un tiempo de sedimentación de 60 min, obteniendo así una remoción bastante eficiente en época de avenida a comparación de la época de estiaje, llegando a alcanzar valores máximos de 97.73%, respectivamente en remoción de turbidez en las 5 réplicas. Mientras que, en el pH y Temperatura no presentaron modificaciones significativas ya que se encontraba dentro del estándar permitido.

Palabras clave: *Moringa oleífera, biocoagulante, pretratamiento, Turbiedad y efectividad.*

"Effectiveness of the seed *Moringa oleifera* as a biocoagulant for the pre-treatment of water, province of Ilo, Moquegua"

Abstract

The problem of the presence of turbidity in the waters of the Osmore River generated in the times of avenue and dryness, is a concern for the inhabitants of the Ilo Valley, who make use of these waters for the irrigation of crops, food and drink without carrying out a previous pretreatment, which aggravates the situation; for this reason, the present research was developed as a friendly alternative for pretreatment of water through the use of biodegradable substances of easy application. In this study, *Moringa oleifera* seed was used as a biocoagulant in turbid water samples from the Osmore River. The proximal composition of the *Moringa oleifera* seed was evaluated, obtaining 38.46% in proteins and 35.37% in fats, performing a defatting process for better performance. The application of the biocoagulant was carried out by treatments with their respective control, a bifactorial design was proposed, obtaining a statistically significant effect to the parameters studied, using as a response variable the percentage of turbidity removal. As a result, the optimal dose is 1.35 ml in the avenue season with a sedimentation time of 30 min and 0.2 ml in the dry season with a sedimentation time of 60 min, thus obtaining a fairly efficient removal in the avenue season compared to the dry season, reaching maximum values of 97.73%, respectively in turbidity removal in the 5 replicas. While, in the pH and Temperature did not present significant modifications since it was within the allowed standard.

Keywords: *Moringa oleifera, biocoagulant, pretreatment, Turbidity, effectiveness.*

Lista de Acrónimos

MO	*Moringa oleífera.*
NTU	Nephelometric Turbidity Unit.
T	temperatura.
pH	potencial de hidrógeno.
mL	Mililitro.
gr	gramo.
Mg/L	miligramos por litro.
H_o	Hipótesis nula.
H_I	Hipótesis alterna.
NaCl	cloruro de sodio.
C_2H_5OH	Etanol.
RPM	Revoluciones por minutos.
°C	Centígrados
ONU	Organización de las Naciones unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud
MINAM	Ministerio del Ambiente

Tabla de contenido

Introducción. 1

Capítulo I. Planteamiento del Problema 2

1.1. Descripción y formulación del problema 2

Descripción del problema 2

Formulación del problema 3

Problema general. 3

Problema específico. 3

1.2. Objetivos 4

Objetivo general 4

Objetivo específico 4

1.3. Justificación e importancia 4

1.4. Hipótesis 5

Hipótesis General 5

Hipótesis Especifico 6

Hipótesis Estadístico 6

1.5. Variables 6

Variables independientes 6

Variables dependientes 7

Capítulo II. Marco Teórico 9

2.1. Antecedentes 9

Nivel internacional 9

Nivel nacional 10

2.2. Bases teóricas 11

Base Legal 11

Revisión de literatura 12

Moringa oleífera como medicinal..... 12

Uso de *Moringa oleífera*. 12

La proteína de la semilla *Moringa oleífera*..... 12

Los compuestos activos de la semilla de *Moringa oleífera.* 13

Procesos convencionales de tratamiento de agua..... 13

Tratamiento de agua con *Moringa oleífera.*..... 14

Efecto del coagulante la semilla *Moringa oleífera* contra microorganismos. 14

Actividad de Coagulación, floculación y sedimentación.. 15

Mecanismo de acción..... 15

2.3. Definición de términos.....16

Calidad del agua.....16

M*oringa oleífera*.....16

Turbiedad 17

Coagulación.....17

Biocoagulantes 17

Floculación.....17

Partículas en suspensión.....18

Sedimentación 18

pH.....19

Temperatura 19

Capítulo III. Metodología.....20

3.1. Tipo y nivel de investigación.....20

Tipo de investigación 20

Nivel de investigación.....20
3.2. Ámbito temporal y espacial.....20
Ámbito temporal.....20
Ámbito espacial.....21
3.3. Población y muestra.....21
Población.....21
Muestra.....21
3.4. Instrumentos.....22
Equipos de laboratorio.....22
Materiales de laboratorio.....22
Reactivos.....23
3.5. Procedimientos.....23
Diseño experimental.....23
Procedimiento para la obtención del biocoagulante *Moringa oleífera*.....25
Procesamiento de las semillas *Moringa oleífera*. 25
Trituración de la semilla *Moringa oleífera*..... 26
Composición proximal de la semilla *Moringa oleífera* en polvo..... 26
Filtrado y secado residual de la semilla *Moringa oleífera*.28
Extracción del componente en solución salina. 29
Concentración del biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera* .33
Aplicación de dosis a las muestras de agua a tratar.....33
Evaluación de parámetros fisicoquímicos en aguas tratadas.....34
Evaluación de turbiedad en las aguas tratadas. 34

Evaluación de pH y temperatura en las aguas tratadas. 34

3.6. Análisis de datos. 37

Capítulo IV. Resultados 39

4.1. Concentración del biocoagulante procedente de la semilla *Moringa oleífera*…… 39

Determinación de peso de la semilla *Moringa oleífera* 39

Composición proximal de la semilla de *Moringa oleífera*.....40

Concentración del biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera* .40

4.2. Tiempo óptimo de pretratamiento del agua 41

4.3. Resultados del agua tratada en los escenarios de época de avenida y estiaje…..42

Resultados del agua tratada en el escenario de la época de avenida 42

Datos iniciales de las muestras a tratar. 42

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Turbidez. 44

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en pH..... 47

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa olefiera* en Temperatura. 49

Resultados del agua tratada en el escenario de la época de estiaje.....52

Datos iniciales de las muestras a tratar. 52

Datos finales de las muestras después del pretratamiento con el biocoagulante..... 53

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Turbidez. 54

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Temperatura. 59

Capítulo V. Discusión de Resultados.....62

Capítulo VI. Conclusiones 64

Capítulo VII. Recomendaciones 66

Capítulo VIII. Referencias 67

Capítulo IX. Anexos 74

Índice de figura

Figura 1. Recolección de semillas *Moringa oleífera* 26

Figura 2. Trituración y obtención de polvo de la semilla *Moringa oleífera* 26

Figura 3. Proceso de extracción de aceite y grasas de la semilla *Moringa oleífera*……. 28

Figura 4. Filtrado de aceite y grasas 28

Figura 5. Separación de aceites y grasas de la semilla *Moringa oleífera* 29

Figura 6. Secado de la torta residual de la *Moringa oleífera* 29

Figura 7. Preparación de solución salina 30

Figura 8. Homogenización por medio de agitación magnética 30

Figura 9. Filtrado final para la obtención del biocoagulante 31

Figura 10. Diagrama de bloques del proceso de biocoagulante 32

Figura 11. Aplicación de dosis en las muestras de agua 33

Figura 12. Proceso del análisis de remoción de turbidez en las muestras tratadas 34

Figura 13. Medición de pH y temperatura del agua 35

Figura 14. Diagrama de bloque de proceso de coagulación y floculación 36

Figura 15. Gráfico de barras con desviación estándar en función de la concentración de la semilla *Moringa* y el tiempo de sedimentación para la época de avenida 45

Figura 16. Gráfico de barras con desviación estándar de pH en función de la concentración de la semilla *Moringa* y tiempo de sedimentación para la época de avenida 47

Figura 17. Gráfico de barras con desviación estándar de temperatura en función de la concentración de la semilla *Moringa* y tiempo de sedimentación para la época de avenida 50

Figura 18. Gráfico de barras con desviación estándar en función de la concentración de la semilla *Moringa* y el tiempo de sedimentación para la época de estiaje 54

Figura 19. Gráfico de barras con desviación estándar de pH en función de la concentración de la semilla *Moringa* y tiempo de sedimentación para la época de avenida 57

Figura 20. Gráfico de barras con desviación estándar de temperatura en función de la concentración de la semilla *Moringa* y tiempo de sedimentación para la época de avenida 59

Figura 21. Recolección de muestra de agua de rio Osmore 82

Figura 22. Peso de la semilla *Moringa oleífera* en polvo sin desgrasar 83

Figura 23. Proceso de desgrasamiento con solvente de la semilla *Moringa oleífera* 83

Figura 24. Verificación del proceso de filtrado de aceite y grasas 84

Figura 25. Evaluación del secado de la semilla *Moringa oleífera* desgrasada 84

Figura 26. Análisis y recolección de datos de turbiedad en aguas tratadas 85

Figura 27. Análisis y recolección de datos de pH y temperatura en aguas tratadas 85

Figura 28. Aguas tratadas a base de la semilla *Moringa oleífera* 86

Figura 29. Muestras de aguas tratadas 86

Índice de tablas

Tabla 1. Variables 8

Tabla 2. Coordenadas de la toma de muestra de agua. 22

Tabla 3. Diseño en bloque completamente al azar (DCBA) de la época de avenida. 24

Tabla 4. Diseño en bloque completamente al azar (DCBA) de la época de estiaje.....25

Tabla 5. Análisis proximal de la semilla *Moringa oleífera* sin desgrasar.....27

Tabla 6. Análisis de Varianza para el experimento de 2 factores con *n* réplicas. 37

Tabla 7. Evaluación del peso de la semilla *Moringa oleífera*.....39

Tabla 8. Composición proximal de la semilla *Moringa oleífera*. 40

Tabla 9. Concentración del biocoagulante *Moringa oleífera*.....41

Tabla 10. Concentración de las dosis aplicadas en las aguas tratadas. 41

Tabla 11. Tiempos óptimos de cada procedimiento de pretratamiento del agua……. 42

Tabla 12. Datos iniciales antes del pretratamiento de agua en el escenario de la época de avenida……. 42

Tabla 13. Datos finales después del pretratamiento de agua en el escenario de la época de avenida……. 43

Tabla 14. ANOVA Bifactorial para la turbidez en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....45

Tabla 15. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla *Moringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa.....46

Tabla 16. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de turbidez tras la aplicación de dosis apropiada…….....46

Tabla 17. ANOVA Bifactorial para pH en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....48

Tabla 18. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla *Moringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa 48

Tabla 19. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de pH tras la aplicación de dosis apropiada…….....…….49

Tabla 20. ANOVA Bifactorial para temperatura en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....50

Tabla 21. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla *Moringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa.....51

Tabla 22. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de pH tras la aplicación de dosis apropiada…….....51

Tabla 23. Datos iniciales antes del pretratamiento de agua en el escenario de la época de estiaje…….....52

Tabla 24. Datos finales después del pretratamiento de agua en el escenario de la época de estiaje…….....53

Tabla 25. ANOVA Bifactorial para la turbidez en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....55

Tabla 26. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla *Moringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa.....55

Tabla 27. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de turbidez tras la aplicación de dosis apropiada…….....56

Tabla 28. ANOVA Bifactorial para pH en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....57

Tabla 29. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla M*oringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método e la diferencia mínima significativa. 58

Tabla 30. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de pH tras la aplicación de dosis apropiada…….....58

Tabla 31. ANOVA Bifactorial para temperatura en función de la concentración y tiempo de sedimentación…….....60

Tabla 32. Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla *Moringa oleífera* aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa. 60

Tabla 33. Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de temperatura tras la aplicación de dosis apropiada**.** 61

Índice de Anexo

Anexo 1

Mapa de Ubicación Política 74

Anexo 2

Mapa de recolección de muestra agua. 75

Anexo 3

Informe de análisis de composición proximal de la semilla *Moringa oleífera*.....76

Anexo 4

Autorización para uso de laboratorio de química. 78

Anexo 5

Registro de ingreso a laboratorio química básica. 79

Anexo 6

Valores críticos de la distribución F (0.05). 80

Anexo 7

Datos resultados emitido por el equipo turbidímetro. 81

Anexo 8

Fotografías 82

Introducción

Una gran cantidad de personas están expuestas a los peligros de la contaminación del agua como es la presencia de microorganismos, algas, arcillas y más; las poblaciones alejadas sufren cuando se activan las quebradas por fuertes lluvias que se presentan en época de verano y otoño, lo que aumentan principalmente los niveles de turbidez. Por ello, es muy importante que el agua se someta a una serie de tratamientos previos antes de ser utilizada o consumirla; garantizar la remoción total o parcial de dichas impurezas es clave para que el agua sea considerado apto para el consumo humano (OMS, 2011). De igual modo, Choque et al. (2018) menciona que "el agua potable debe presentar características de calidad como libre de turbidez, de color y de sabor perceptibles, así como otros parámetros regulados de acuerdo con las normativas de los países" (p. 299).

En el pretratamiento de agua para reducir agentes contaminantes como la turbidez, el uso de polielectrolitos en unión con coagulantes metálicos presenta grandes beneficios; sin embargo, en los procesos convencionales, el uso de sulfato de aluminio para tratar el agua genera residuos tóxicos que provoca enfermedades a largo plazo. Los polielectrolitos naturales que son polímeros generados por reacciones bioquímicas naturales ya sea en plantas o animales y que pueden ser proteínas, carbohidratos y polisacáridos, se muestran como una alternativa amigable con el ambiente y la salud humana (Melo & Turriago, 2012).

Por tal motivo, el presente estudio de investigación "efectividad de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para el pretratamiento de agua", se realizó mediante pruebas experimentales en laboratorio, en donde se determinó la influencia de la semilla *Moringa oleífera* en la turbidez, pH y temperatura, así como la concentración de *Moringa oleífera* como biocoagulante.

Capítulo I
Planteamiento del Problema

1.1. Descripción y formulación del problema

Descripción del problema

Se sabe que el consumo de agua es vital y necesario para los seres vivos, al ser un elemento natural del cual dependemos para poder sobrevivir como lo menciona ONU (2006), es por ello, que la presencia de agentes contaminantes en este recurso es una problemática latente a nivel mundial.

En los ríos, los principales agentes contaminantes presentes son los microorganismos, metales pesados y turbidez, los cuales tienen origen natural y/o antropogénico; con el fin de eliminar dichos contaminantes se hace necesario la construcción de plantas de tratamiento de aguas; sin embargo, en el caso de las zonas rurales es poco factible la construcción de estas plantas debido a la falta de materiales, personal capacitado y lejanía de los pueblos, lo que trae como consecuencia un posible problema de salud pública y medio ambiente (Villanueva, 2016).

Es así, que los principales procesos de tratamiento para lograr eliminar los agentes contaminantes del agua son el pretratamiento, desinfección, acondicionamiento químico y acondicionamiento organoléptico. Siendo la clarificación un proceso que incluye la coagulación-floculación que permite eliminar un porcentaje significativo de turbidez, solidos suspendidos, orgánicos disueltos, iónicos disueltos (sales) y microorganismos que pueden afectar a la salud de los consumidores (Melo & Turriago, 2012). En el pretratamiento de agua para reducir agentes contaminantes como la turbidez, el uso de polielectrolitos en unión con coagulantes metálicos presenta grandes beneficios; sin embargo, en los procesos convencionales, el uso de sulfato de aluminio para tratar el agua genera residuos tóxicos que provoca enfermedades a largo plazo.

El Perú es uno de los tantos países que afronta problemas de contaminación de aguas especialmente en zonas rurales o recientemente habitadas como es el caso del río Lurín (Villanueva, 2016). De igual modo, la Provincia de Ilo no es ajena a

esta problemática, ya que las aguas del rio Osmore presentan lodos o partículas (turbidez), que se incrementan en las épocas de avenida, caracterizadas por fuertes lluvias, que se da en verano y otoño en las zonas altas.

En el 2019, la crecida del río Osmore causó destrozos en el valle de Ilo, inundando los cultivos y generando focos de alto riesgo a la salud (Prensa Regional, 2019). Por tal motivo, en las épocas de avenida, el agua llega al valle de Ilo con altos de porcentajes de lodo, microorganismos y patógenos; lo que genera una preocupación en los agricultores de la zona, quienes usan dichas aguas para el regadío de cultivos, alimento y bebida sin realizar un pretratamiento previo, lo que agrava la situación.

El presente trabajo de investigación busca dar una propuesta de solución, utilizando un biocoagulante para un pretratamiento de agua, a través del uso de la semilla *Moringa oleífera*, en las aguas del río Osmore en la Provincia de Ilo; donde se analizaron las muestras de agua antes y después del tratamiento, a fin de verificar la reducción de la turbidez mediante el uso del turbidímetro y la variación del pH y temperatura con el pHmetro.

Formulación del problema

Problema general.

¿Cuál es el grado de efectividad de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para el pretratamiento del agua?

Problema específico.

- ¿Cuál es la concentración de semilla *Moringa oleífera*, apropiada como biocoagulante para pretratamiento de agua?
- ¿Cuál es el tiempo de exposición a la semilla *Moringa oleífera*, apropiada como biocoagulante para pretratamiento de agua?
- ¿Cuál será el grado de variación de la turbidez, pH y temperatura en el agua tratada con el biocoagulante?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar la efectividad de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para el pretratamiento del agua.

Objetivo específico

- Obtener la concentración apropiada de semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para pretratamiento de agua.
- Estimar el tiempo apropiada de exposición a la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para pretratamiento de agua.
- Analizar el grado de variación de la turbidez, pH y temperatura en el agua tratada con el biocoagulante.

1.3. Justificación e importancia

Los principales agentes contaminantes del agua son los microorganismos, metales pesados y turbidez, los cuales tienen origen natural y/o antropogénico; con el fin de eliminar dichos contaminantes se hace necesario la construcción de plantas de tratamiento de aguas. El uso de polielectrolitos en unión con coagulantes metálicos presenta grandes beneficios; sin embargo, en los procesos convencionales, el uso de sulfato de aluminio para tratar el agua genera residuos tóxicos que provoca enfermedades a largo plazo (Carrasquero et. al, 2018).

En la provincia de Ilo, las aguas del rio Osmore presentan lodos o partículas (turbidez), que se incrementan en las épocas de avenida, caracterizadas por fuertes lluvias, que se da en verano y otoño en las zonas altas, lo que genera una preocupación en los agricultores de la zona, quienes usan dichas aguas para el regadío de cultivos, alimento y bebida sin realizar un pretratamiento previo, lo que agrava la situación (Prensa Regional, 2019).

La importancia del presente trabajo que consiste en evaluar la efectividad del biocoagulante a base de semillas de *Moringa oleífera* en las aguas de río Osmore en la provincia de Ilo, se debe a que este tipo de estudios permite ampliar los conocimientos e impulsar la implementación de estos procesos; además, al ser de

fácil aplicación, tanto los pobladores, empresas y autoridades cuentan con una alternativa de pretratamiento de aguas que es amigable con el ambiente y que no afecta a la salud de población.

Además, se consideraron los siguientes aspectos:

Aspecto social. La investigación pretende abordar la problemática sobre la calidad del agua del rio Osmore que presenta altos niveles de turbidez o partículas suspendidas en época de avenida y estiaje, al presentar una alternativa de solución a través del empleo de las semillas *Moringa oleífera* para reducir la turbidez del agua, mediante la obtención de la dosis óptima, siendo un sistema de tratamiento pertinente y adecuado para la zona de estudio, con el principal objetivo de mejorar la calidad de vida y salud de la población del valle de Ilo.

Aspecto académico. Esta investigación pretende ampliar los conocimientos sobre el proceso del pretratamiento a base de la semilla *Moringa oleífera* en el pretratamiento del agua, y con los resultados obtenidos demostrar las ventajas de utilizar coagulantes naturales, y a la vez, evaluar efectividad en la remoción de turbidez. Además, estos datos y procedimientos servirán de base para las futuras investigaciones.

Aspecto ambiental. La presente investigación pretende contribuir con una alternativa de pretratamiento del agua aplicando el biocoagulante natural, siendo más amigable con el medio ambiente. El uso de la semilla *Moringa oleífera* sustituye a las sustancias convencionales o químicas, que a largo plazo genera daños a la salud y medio ambiente.

1.4. Hipótesis

Hipótesis General

La semilla *Moringa oleífera* es efectiva como biocoagulante para el pretratamiento del agua, debido a su alta cantidad de proteínas.

Hipótesis Especifico

- La concentración de la semilla *Moringa oleífera* que es apropiada como biocoagulante para pretratamiento de agua, lo hace una alternativa económica y eficaz.
- El tiempo apropiado de exposición a la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante para pretratamiento de agua, es más rápido que otros coagulantes.
- El grado de variación de la turbidez, pH y temperatura en el agua tratada con el biocoagulante, mejora la calidad del agua.

Hipótesis Estadístico

H_o: El promedio de los parámetros fisicoquímico de turbidez, pH y temperatura en aguas tratadas es igual al testigo.

$$H_0: T_1 = T_2 \ldots = T_n$$

H_I: El promedio de los parámetros fisicoquímico de turbidez, pH y temperatura en aguas tratadas es diferente al testigo.

H_I: Al menos uno de los efectos de T medias no es igual.

1.5. Variables

Las variables son una característica, ya sea cualidad o magnitud que puede sufrir cambios o que es objeto de análisis. Se clasifican en independiente (causa) y dependiente (efecto) (Arias, 2006).

Cabe mencionar que para la presente investigación se tomaron en consideración dos escenarios (época de avenida y de estiaje), los cuales tuvieron las siguientes variables de estudio:

Variables independientes

- **Semilla *Moringa oleífera*:** Se tomó en consideración una concentración constante del biocoagulante, en diferentes valores de dosis por tratamiento.

- **Tiempo.** Son los minutos de sedimentación contabilizados después del proceso de coagulación-floculación

Variables dependientes

- **Turbiedad (control de calidad):** Se evaluó de acuerdo a los siguientes indicadores:

  Indicador de turbiedad.

  - Partículas suspendidas. Presencia de materia orgánica en agua (NTU)

  Indicador de calidad de agua.

  - pH. El potencial de Hidrogeno (pH). Los valores aceptables para fuentes de agua son 6 a 8.5 después de la aplicación del biocoagulante.
  - Temperatura. Para un buen consumo y/o beber agua fresca debe oscilar a entre 20 a 30 °C.

Tabla 1

Variables

Variables		Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
Independientes	Semilla M*oringa oleífera* (concentración)	Concentración	Dosis	mL
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	min
Dependientes	Turbiedad	Turbiedad	Partículas suspendidas	NTU
		Calidad	pH	-
			Temperatura	Centígrados (°C)

Nota. *Propia del autor.*

Capítulo II
Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Nivel internacional

Guzmán et al. (2015) realizaron su investigación en el canal de Dique en la región caribe de Colombia, estudiaron la utilización del polvo de la semilla *Cassia fístula* como coagulante natural, tomando como muestra de agua el canal de Dique. Aplicaron la dosis óptima mediante la prueba de jarras y determinando los parámetros de color, turbidez, alcalinidad y dureza totales. En esta investigación encontraron que la dosis óptima del coagulante está entre 15-25 mg/L, obteniendo valores finales de turbidez y color de 6 NTU y 25 UC respectivamente. Los valores de pH y alcalinidad total no presentaron mayores variaciones. Concluyeron que el uso de coagulante natural presenta una potencialidad en tratamiento de aguas crudas.

Arango & Ortega (2017) realizaron su investigación en los procesos industriales textiles en la ciudad de Medellín, estudiaron la evaluación del extracto de semillas *Moringa oleífera* como coagulante en el tratamiento de aguas residuales, tomando como muestra las aguas residuales de las industrias textiles. Evaluaron la concentración de *Moringa oleífera*, concentración de NaCl y dosificación del extracto sobre las variables pH, conductividad y remoción de turbidez. En esta investigación encontraron que 1 m^3 de agua residual, son necesarios 23.3 litros de coagulante extraído con una solución salina 0.15 M de NaCl y 30 g/L de semilla *Moringa oleífera,* una remoción de turbidez del 82%, DQO de 355 mg O2/L, pH de 6.43 y conductividad 3.9 mS/cm. Concluyeron que el tratamiento de aguas residuales textil con *Moringa oleífera* tiene una eficacia cercana al sulfato de aluminio, demostrando un gran impacto al medio ambiente.

Tumbaco & Acebo (2018) realizaron su investigación en el rio guayas en la ciudad de Guayaquil, estudiaron la eficiencia del biocoagulante a base de la semilla de *Moringa oleífera* como tratamiento de agua, tomando como muestra de agua del rio guayas. Analizaron antes y después del tratamiento con el biocoagulante de *Moringa Oleífera* para diferentes parámetros (Turbidez, Color, pH). En esta

investigación encontraron que 66,7 mg/l (0.5 ml) del biocoagulante tuvo una remoción del 100% en turbidez y color, en el caso del pH, no presentó un nivel de alteración. Concluyeron que el biocoagulante tiene una alta eficiencia para el tratamiento de agua.

Nivel nacional

Moreno (2016) evaluó la disminución de la turbidez, tomando como muestra del agua del rio crisnejas en la comunidad Chuquibamba – Cajabamba. Analizó la velocidad de agitación, tiempo de contacto y remoción de turbidez. Tuvo como resultado una remoción de turbidez en un 61.09% de *Opuntia ficus indica*, en un 48.47% de *Caesalpinia spinosa* y en un 42.48% de *Aloe vera*. Concluyó que los coagulantes naturales son eficientes en la remoción de turbidez, siendo la más destacadas el coagulante natural *Opuntia ficus indica.*

Quispe (2012) realizó su investigación en el rio Uchusuma del departamento de Tacna, estudió la aplicación de polímero natural para la clarificación del agua, tomando como muestra de agua del rio Uchusuma. Analizaron la remoción de Turbidez alta y media. En esta investigación encontró que 95.39% y 92.36% remueven la turbidez en agua altas, 25% y 19% en aguas medias. Concluyó que el coagulante natural tiene una eficacia de remoción de turbiedad en aguas altas que en medias.

Sáenz (2015) realizó su investigación en la planta potabilizadora en la provincia de Huaylas, estudió los análisis de dosificación, floculación y sedimentación, tomando como muestra de agua Llullán, analizó la remoción de Turbidez. En esta investigación encontró que la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural removió la turbiedad a valores de 5 NTU con una tasa de sedimentación de 17 $m^3/m^2/d$. donde concluyó que el coagulante natural se encontró dentro de los límites permitidos por el D.S. N° 031-2010- SA.

2.2. Bases teóricas

A continuación, se presentan las bases teóricas que sustentan al proyecto de investigación sobre el uso de biocoagulante para el pretratamiento en agua.

Base Legal

La aplicación de coagulantes naturales para un pretratamiento de agua se debe garantizar una aplicación adecuada y fácil de usar de acuerdo con la finalidad específica, así mismo no generar riesgos y peligro para la salud de los habitantes presentes como también preservando el medio ambiente.

Constitución Política del Perú – 1993. En nuestra constitución política, en el Capítulo I, Articulo 2, aclara lo siguiente: "toda persona tiene derecho a: 22. a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida".

Ley General de Aguas N° 17752. Calidad de los recursos de aguas en general y el uso adecuado, libre de contaminantes para su uso consumo humano.

Ley N° 26842 Ley general de salud. se enmarca los principios básicos y necesarios para tener una buena calidad de agua para su consumo humano, mostrando las garantías y seguridad de preservar la salud de las personas.

D.S. 031- 2010-S.A. El reglamento de la calidad del agua para el consumo humano establece que en el artículo I sobre las gestiones de la calidad del agua, prevenir los factores de riesgo sanitario, tratamientos del agua, promover, cuidar la salud y bienestar de las personas.

D.S. 004-2017-MINAM. Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, valores que son permitidos y aceptados para que el ser humano tenga una buena calidad de agua, y no se expuesto a problemas de la salud.

Revisión de literatura

***Moringa oleífera* como medicinal.** Se han informado y apreciado que las partes del árbol de *Moringa oleífera*, incluidas las raíces, la corteza de la raíz, la corteza del tallo, las hojas, las flores, las vainas y las semillas se utilizan para tratar diversas enfermedades e infecciones corporales (Camilla & Jonas, 2014).

La *Moringa oleífera* contiene una gama excepcional de fitoquímicos que contienen el azúcar simple, ramnosa, y es rico en compuestos llamados glucosinolatos e isotiocianatos. Los fitoquímicos son aquellos productos químicos que pueden tener un impacto en la salud o en el sabor, la textura, el olor o el color de las plantas, pero que los humanos no requieren como nutrientes esenciales. Sin embargo, desempeñan un papel importante en la inhibición y eliminación de los radicales libres, proporcionando así protección a los seres humanos contra infecciones y enfermedades degenerativas (Ashfaq et al., 2012).

Uso de *Moringa oleífera*. La *Moringa oleífera* ha exhibido propiedades nutricionales, terapéuticas y profilácticas. La *Moringa oleífera* ha sido consumido durante mucho tiempo por los humanos como limpieza del hogar, biogás, tinte azul, cultivo en callejones, fertilizante, forraje animal, nutriente foliar, estiércol verde, medicina, pinturas ornamentales. Las hojas, flores y vainas verdes que se comen como vegetales y también se utilizan para el tratamiento de la desnutrición en niños y madres lactantes. La utilización de las semillas ha demostrado ser efectivas para la purificación del agua en áreas donde el agua limpia es escasa. El aceite de semilla se utiliza para cocinar y con fines cosméticos (Ramakwala, 2016).

La proteína de la semilla *Moringa oleífera*. Las semillas *de Moringa oleífera* contienen 22 % de proteínas totales. Las proteínas catiónicas componen 97 % de proteínas solubles en agua después de la eliminación de grasas, Esta fracción contiene una amplia gama de proteínas que comparten similares características físicas. Solo una de estas proteínas ha sido ampliamente estudiada y comúnmente se denomina *Moringa oleífera* proteína catiónica (MOCP), Este nombre se utiliza para describir tanto la proteína dimétrica de 12-14 kDa no reducida como la proteína monomérica reducida (Nordmark et. al, 2018).

La semilla de *Moringa oleífera* tiene una variedad de proteínas solubles de características catiónicas que son polielectrolito de aminoácidos polares con cargas positivas y negativas, dentro de ellos el Glutámico, Aspártico, Histidina, Arginina y Lisina, que son las que interactúan con las partículas (Campos et al., 2003).

La Extracción de agente coagulante de la semilla *Moringa oleífera* preparado con solución de cloruro de sodio (NaCl) es más eficiente que la extracción con agua destilada debido a la salazón mecanismo en las proteínas, en el que una sal aumenta las disociaciones proteína-proteína y solubilidad de la proteína a medida que aumenta la fuerza iónica de la sal (Ramakwala, 2016).

Los compuestos activos de la semilla de *Moringa oleífera.* Generalmente se siguen tres enfoques cuando se preparan semillas de *Moringa oleífera* para agua tratamiento. Los dos primeros también se denominan extracto crudo ya que son la semilla o extracto de semilla sin ninguna modificación o purificación (Kansal & Kumari, 2014).

- El tratamiento primario es la adición directa de semillas trituradas al agua.
- El tratamiento secundario ocurre cuando las semillas trituradas se sumergen en un pequeño volumen de agua, u otra solución, durante un período de tiempo determinado. Esta solución se agrega directamente al agua contaminada o filtrada y el filtrado añadido al agua contaminada. Las soluciones de extracto para este método incluyen agua, solución salina soluciones, alcohol y soluciones orgánicas como hexano y metanol.
- El tratamiento terciario sigue los mismos pasos que el tratamiento secundario, pero el filtrado se procesado adicionalmente para aislar los compuestos objetivo, los más comunes. El proceso utilizado para aislar el compuesto activo es la cromatografía de intercambio iónico (Kansal & Kumari, 2014).

Procesos convencionales de tratamiento de agua. El tratamiento del agua potable implica una serie de procesos combinados basados en la calidad de la fuente de agua como es la presencia de turbidez, la cantidad de carga microbiana presente en agua y los otros incluyen el costo y la disponibilidad de productos químicos para lograr nivel de tratamiento (Nordmark et. al, 2018).

Tratamiento de agua con *Moringa oleífera.* El interés en la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural para el tratamiento del agua ha ido en aumento en los últimos años, ya que la necesidad de métodos de tratamiento de aguas de bajo costo está creciendo en los países en desarrollo. El uso de coagulantes naturales también proporciona una alternativa a la dependencia de los productos químicos, cuyos efectos sobre la salud humana y ambiental no siempre se han dilucidado completamente (Camilla & Jonas, 2014).

Las semillas de *Moringa oleífera* producen un polipéptido catiónico natural que es soluble en agua. Esta proteína cargada positivamente actúa como un coagulante al unirse con las partículas cargadas negativamente, reduciendo la turbidez del agua, la dureza total del agua, la acidez y el contenido de cloruro (Ramakwala, 2016).

El polvo de semilla de *Moringa oleífera* que es capaz de aclarar el agua más turbia, se considera un método rápido y fácil para limpiar el agua sucia (Ashfaq et al., 2012). Después de extraer el aceite, la torta restante es un subproducto que contiene una proteína muy alta y un ingrediente activo alto, el polielectrolito catiónico neutraliza los coloides del agua sucia. Además que la proteína se puede utilizar como un polipéptido natural no tóxico para sedimentar partículas minerales y orgánicas en la purificación del agua potable, para limpiar el aceite vegetal o para sedimentar fibras en las industrias de jugos, cerveza, entre otros (Foidl et al., 2001).

Efecto del coagulante la semilla *Moringa oleífera* contra microorganismos. El extracto de la semilla *Moringa oleífera* tiene propiedades floculantes frente a las bacterias, y se ha observado un efecto bacteriostático contra varios patógenos humanos, la semilla *Moringa oleífera* se ha sugerido el extracto como complemento a la desinfección del agua (Bodlund, 2013).

El uso de semillas en la purificación del agua es una característica muy importante porque permite que las personas en áreas rurales donde no hay instalaciones de purificación de agua tengan la oportunidad de usar agua purificada y así reducir los riesgos de beber agua sucia. El agua fangosa mezclada con semillas de *Moringa oleífera* machacadas puede dar como resultado agua purificada después

de una hora, como si se hubiera filtrado con un producto químico como el fosfato de aluminio, un purificador de agua común (Emongor, 2011).

Actividad de Coagulación, floculación y sedimentación. La turbidez es causada por partículas en suspensión y materia orgánica natural presente en el agua. Estas partículas están cargadas negativamente y por lo tanto son repeliéndose entre sí, haciéndolos incapaces de agregarse y asentarse. Las partículas son portadores de contaminantes no deseados y organismos patógenos. Con el fin de disminuir la turbidez del agua de entrada se agrega algún químico cargado positivamente (Bodlund, 2013).

Se sabe que la suspensión de semillas secas de *Moringa oleífera* es un coagulante natural y que el coagulante ayuda a realizar estudios de coagulación y reducción bacteriana en agua turbia utilizando semillas de *Moringa oleífera* y que se da una reducción de la turbidez de un promedio de 80,0-99,5% paralela a una reducción bacteriana de 1-4 unidades logarítmicas (90,0-99,9%) dentro de las primeras 1-2 horas de tratamiento, las bacterias se concentran en el sedimento coagulado. La *Moringa oleífera* ha sido comparada con el sulfato de aluminio en su eficacia para eliminar los sólidos en suspensión del agua turbia, pero con una gran ventaja de ablandar también el agua dura (Emongor, 2011).

La Semilla *Moringa oleífera* es biodegradable, y a diferencia del sulfato de aluminio, no afecta significativamente el pH y la conductividad del agua después del tratamiento, *Moringa oleífera* también se ha demostrado ser eficiente para el acondicionamiento de lodos de depuradora (Ramakwala, 2016).

Mecanismo de acción. Se supone que el mecanismo sugerido de la propiedad de coagulación de la proteína de la semilla *Moringa oleífera* ser que las proteínas cargadas positivamente se unen a parte de la superficie de negativamente partículas cargadas a través de interacciones electrostáticas. Esto conduce a la formación de áreas cargadas positiva y negativamente de la superficie de la partícula (Bodlund, 2013).

2.3. Definición de términos

Se dará definiciones a las siguientes palabras relacionados al proceso de la investigación realizada optando así para un buen entendimiento, teniendo las siguientes definiciones:

Calidad del agua

Moreno (2010) define a la calidad del agua como "una variable fundamental que se refiere a sus características físicas, químicas y biológicas, básicas del agua que determinan su idoneidad para la vida o para un uso determinado" (p. 12).

De igual modo, Lavagnino (2016) define:

La calidad del agua es de mucha importancia puesto que conlleva un conjunto de características para satisfacer al usuario, comprador o consumidor para el bien de la humanidad a través de características físicas, químicas y biológicas es por ello que, para su adecuado tratamiento, se debe identificar los parámetros para ser medidos de acuerdo al uso que se le haya dado al agua (p.12).

Moringa oleífera

Es un árbol subtropical, nativo del subcontinente indio. Es comúnmente llamado *Moringa* o Baqueta, rica en proteínas. A lo largo de los años, se ha extendido al resto de Asia, África y América Latina (Peddi, 2018).

Además, es un árbol de usos múltiples, la mayoría de sus partes son útiles para varias aplicaciones y se conoce como el "árbol milagroso". Las hojas de *Moringa* o*leífera* son esencialmente ricas en vitaminas, minerales y proteínas; y son consideradas importantes para combatir la desnutrición (Ghebremichael, 2004).

Se recomienda la plantación de estos árboles, debido a que, sus semillas tienen propiedades de floculante, las cuales capturan las partículas en suspensión en el agua y provocan que se agreguen entre sí, causando la precipitación de estas (Campos et al., 2003).

Turbiedad

El término turbio se aplica a aguas que contienen impurezas finas suspendidas (arcilla, arena, materia vegetal y animal descompuesta) esa interfaz con el paso de la luz a través del agua (Ezhilarasi & Veerasekar, 2014).

Sin embargo, Trujillo et al. (2014) aclara que "la turbiedad mide el nivel de transmisión de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación con materia suspendida coloidal y residual" (p. 21).

Coagulación

La coagulación es un proceso que consiste en desestabilizar la partícula coloide que se encuentra presente en el cuerpo de agua. La partícula desestabilizada se denomina micro floc, la cual permitirá poder facilitar la acumulación de partículas (Siangsanun, 2010).

Igualmente, Ramírez (2019) indica que "la coagulación tiene por objetivo desestabilizar distintas partículas que se encuentren en suspensión, para poder de esta manera facilitar su acumulación" (p. 12).

Biocoagulantes

Sotheeswaran et al. (2011) definen que "los coagulantes naturales o biocoagulantes son indudablemente seguros y respetuosos con el medio ambiente, ya que están libres de toxicidad. Sus compuestos bioactivos son polisacáridos, proteínas, mucílagos, alcaloides y taninos" (p. 24).

Mientras, Hildebrando (2015) especifica que "los biocoagulantes son en su mayoría carbohidratos, polisacáridos y proteínas. Las ventajas que se presentan al aplicar coagulantes de origen natural para tratamiento de aguas son indiscutibles, ya que remueven el color, la turbiedad" (p. 13).

Floculación

Es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloc y que posteriormente se convierten en microfloc voluminosos que pueden sedimentarse, llamados flóculos. La introducción de otro reactivo, llamado floculante o

coadyuvante de floculación puede promover la formación del flóculo (Siangsanun, 2010).

En cambio, Andía (2000) explica que "consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad" (p. 33).

Por otro lado, Soto (2000), Indica que "La floculación implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se formen una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría un floculo suficientemente grande y pesado como para sedimentar" (p. 24)

Partículas en suspensión

Delgadillo et al. (2010) define que "los sólidos suspendidos en los cuerpos receptores varían según el tamaño y naturaleza de los sólidos; pero que, desde un punto de vista general, los efectos más notables son: interferencia con la penetración de la luz solar" (p. 57).

Sin embargo, Campos (2000) menciona que "se refiere a las partículas orgánicas e inorgánicas, así como líquidos inmiscibles (líquidos que no pueden mezclarse con otra sustancia) que se encuentren en el agua" (p. 49).

Sedimentación

Para Melo & Turriago (2012) definen a la sedimentación como "la operación consistente en separar de una suspensión un fluido claro, que sobrenade la superficie, y un lodo con una concentración elevada de materias sólidas que se depositan por efecto gravitacional y por tener peso específico mayor que el fluido" (p. 40).

Según Campos (2000) explica que "es el proceso en que los sólidos suspendidos, mediante la acción de gravedad, se depositan en el fondo del cuerpo de agua. El proceso de sedimentación es natural, sin embargo, podrían darse condiciones de exceso de sedimentación" (p. 57).

Sin embargo, Aguilar (2002), menciona que la sedimentación de “las partículas floculadas es esencialmente distinto al de las partículas discretas. Las partículas floculadas se van aglomerando entre sí en su descenso por adsorción o coalescencia. El tamaño de los fóculos aumenta y también su velocidad de sedimentación” (p. 89).

pH

El pH es una medida de cuán ácido o básico es el agua. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. La escala de pH varía de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino) (Arora, 2017).

Mientras, Broncano & Rosario (2017) resalta que “el pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente” (p. 29).

Temperatura

La temperatura es una medida de la energía promedio (cinética) de las moléculas de agua, se mide en una escala lineal de grados Celsius o grados Fahrenheit y determina la idoneidad del agua para diversas formas de vida acuática (Arora, 2017).

En cambio, Campos (2000) explican que “es un parámetro muy importante en la vida del cuerpo de agua, pues la existencia de la biota depende directamente de la temperatura” (p.51).

Capítulo III
Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

Existen diversos tipos de investigación según Muñoz (2015), y la agrupación de las investigaciones depende del criterio a considerar, el tipo de investigación según su finalidad es aplicado, ya que el propósito es generar conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. El método de manipulación de datos es cuantitativo.

Los estudios cuantitativos se privilegian de información o datos numéricos, los cuales son interpretados para fundamentar el hecho o fenómeno investigado; además, es importante precisar que cuando el fenómeno sujeto a investigar es particular, los diseños pueden depender de la elección del investigador, asegurando la validez científica del proceso (Muñoz, 2015).

Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente estudio es **explicativo**, ya que tiene la finalidad de buscar el porqué de los hechos a través de establecimiento de relaciones causa-efecto; pueden ocuparse de la determinación de causas como de los efectos mediante la prueba de hipótesis (Arias, 2006).

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de hechos o la relación de conceptos. (Hernández et al., 2010).

3.2. Ámbito temporal y espacial

Ámbito temporal

La presente investigación comprende los periodos de enero del 2020 hasta marzo 2021.

Ámbito espacial

La experimentación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Química Básica dentro de la Universidad Nacional de Moquegua – Filial Ilo

3.3. Población y muestra

Población

La población es el conjunto finito o infinito de elementos con características similares, queda delimitada por el problema y objetivos del estudio; y para los cuales serán extensivas las conclusiones (Hernández et. al, 2010).

En el presente estudio se consideró como población al río Osmore, ubicado en la provincia de Ilo, región de Moquegua, en las épocas de avenida y estiaje. En el **Anexo 02,** se encontrará el plano de ubicación de área de estudio (rio Osmore - Ilo).

Muestra

La muestra es un subconjunto que se extrae de la población, el cual debe ser representativo y finito. Existen dos tipos de muestreo; probabilístico o aleatorio y no probabilístico (Arias, 2006).

En el presente estudio se optó por tomar en consideración el muestreo **no probabilístico**, que es un procedimiento de selección, que permite considerar criterios de proximidad y accesibilidad, para lo cual se estableció el siguiente punto de muestreo.

Tabla 2

Coordenadas de la toma de muestra de agua

Puntos	Ubicación de coordenadas DATUM WGS 84			
	UTM		Coordenadas Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
P1	19K 252669.96	8049952.86	17°37'24.35"S	71°19'51.28"O

Nota. *Propia del autor.*

Cabe mencionar que las muestras se tomaron tanto en época de avenida y estiaje, a razón de 5 litros.

3.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron lo siguiente:

Equipos de laboratorio

- Balanza Analítica digital (calibrada) marca RADWAG.
- Turbidímetro HACH 2100 AN.
- Agitador magnético THERMOSCIENTIFIC.
- GPS (celular).
- pHmetro BOECO GERMANY.
- Hotplate CB5000 STUART.

Materiales de laboratorio

- Vaso precipitado de 100 mL GLASSCO.
- Vaso precipitado de 200 mL GLASSCO.
- Vaso precipitado de 500 mL GLASSCO.
- Pipeta serológica de 5 mL GLASSCO.
- Embudo.
- Matraces de 250 mL GLASSCO.
- Celdas de turbidímetro HACH GU.

- Mortero de porcelana.
- Propipeta de goma de 3 válvulas roja.
- Espátula.
- Papel filtro de 11 µm y 6 µm

Reactivos

- Etanol al 95%.
- Cloruro de sodio (NaCl).
- Agua destilada.
- Semilla *Moringa oleífera*.

3.5. Procedimientos

Diseño experimental

El diseño experimental tomado en consideración el presente estudio, fue el diseño **bifactorial**, el cual permite analizar experimentalmente el efecto que tiene la manipulación de más de una variable independiente sobre las variables dependientes; a través de los diseños bifactoriales se puede manipular las variables independientes incluyendo sus niveles y modalidades, consiste en términos prácticos en la combinación de todos los niveles de cada variable independiente (Walpole et al, 2012).

Para el escenario de la época de avenida, se aplicó 4 dosis de biocoagulante (1.2 mL, 1.3 mL, 1.35 mL y 1.4 mL) y 1 control o testigo por 2 tiempos de sedimentación de 30 y 60 min que se muestra detallada en la tabla 03, que se realizó 5 réplicas por cada tratamiento, teniendo así un valor de 50 experimentos realizados. Se mantuvo fija la agitación de 100 rpm antes los antecedentes de diferentes estudios sobre coagulantes naturales (*Moringa oleífera* u otros). Que a su vez, fue analizado los parámetros de fisicoquímico (turbidez, pH y temperatura) del tratamiento con su respectivo control.

Tabla 3

Diseño en bloques completamente al azar (DCBA) de la época de avenida

Tiempo de sedimentación	Concentración de semilla *Moringa*	Turbidez	pH	Temperatura
30 min	0 mL (T0)	TS_30 T0 P1	TS_30 T0 P2	TS_30 T0 P3
	1.2 mL (T1)	TS_30 T1 P1	TS_30 T1 P2	TS_30 T1 P3
	1.3 mL (T2)	TS_30 T2 P1	TS_30 T2 P2	TS_30 T2 P3
	1.35 mL (T3)	TS_30 T3 P1	TS_30 T3 P2	TS_30 T3 P3
	1.4 mL (T4)	TS_30 T4 P1	TS_30 T4 P2	TS_30 T4 P3
60 min	0 mL (T0)	TS_60 T0 P1	TS_60 T0 P2	TS_60 T0 P3
	1.2 mL (T1)	TS_60 T1 P1	TS_60 T1 P2	TS_60 T1 P3
	1.3 mL (T2)	TS_60 T2 P1	TS_60 T2 P2	TS_60 T2 P3
	1.35 mL (T3)	TS_60 T3 P1	TS_60 T3 P2	TS_60 T3 P3
	1.4 mL (T4)	TS_60 T4 P1	TS_60 T4 P2	TS_60 T4 P3

Nota. *Propia del autor.*

Por otro lado, para el escenario de la época de estiaje, se realizó 2 dosis del biocoagulante (0.2 mL y 0.3 mL) y 1 control por 2 tiempo diferentes de sedimentación de 30 min y 60 min que se detalla en la tabla 04, que se realizó 5 réplicas por cada tratamiento, que se tuvo un valor de 30 experimentos realizados. Se mantuvo fija la agitación de 100 rpm antes los antecedentes relacionados al tema, y que fue analizado los parámetros de fisicoquímico (turbidez, pH y temperatura) del tratamiento con su respectivo control.

Tabla 4

Diseño en bloques completamente al azar (DCBA) de la época de estiaje

Tiempo de sedimentación	Concentración de semilla *Moringa*	Turbidez	pH	Temperatura
30 min	0 mL (T0)	TS_30 T0 P1	TS_30 T0 P2	TS_30 T0 P3
	0.2 mL (T1)	TS_30 T1 P1	TS_30 T1 P2	TS_30 T1 P3
	0.3 mL (T2)	TS_30 T2 P1	TS_30 T2 P2	TS_30 T2 P3
60 min	0 mL (T0)	TS_60 T0 P1	TS_60 T0 P2	TS_60 T0 P3
	0.2 mL (T1)	TS_60 T1 P1	TS_60 T1 P2	TS_60 T1 P3
	0.3 mL (T2)	TS_60 T2 P1	TS_60 T2 P2	TS_60 T2 P3

Nota. *Propia del autor.*

Procedimiento para la obtención del biocoagulante Moringa oleífera

Procesamiento de las semillas *Moringa oleífera*. Para el procedimiento de obtención del biocoagulante a base de la semilla *Moringa oleífera* se tomó como referencia metodológica de los antecedentes de investigación citadas. Las semillas *Moringa oleífera* se obtuvieron en el mercado Pacocha de la provincia de Ilo, posteriormente fueron derivadas al laboratorio de química básica de la Universidad Nacional de Moquegua – Filial Ilo.

Sandoval & Laines (2013) menciona que "la semilla *Moringa oleifera* presenta una forma redonda, de color castaño y con tres alas blanquecinas, al retirar su cascara se encuentra un endospermo color blanquecino oleaginoso y rico en proteínas" (p. 95), por ello, se procedió a retirar manualmente las cáscaras; previamente se pesaron 10 semillas con cáscara, y luego sin cáscara, para de esta manera determinar la diferencia del peso en porcentaje y conocer cuánto se obtuvo de materia prima o fuente principal para la elaboración del biocoagulante. Posteriormente, se dejó a secar a temperatura ambiente durante 1 día (24 horas) para su fácil uso (Sandoval & Laines, 2013).

Figura 1

Recolección de semillas Moringa oleífera



Nota. *Propia del autor.*

Trituración de la semilla *Moringa oleífera*. La fase de trituración consistió en pulverizar las semillas peladas en una licuadora doméstica marca Oster (Carrasquero et al., 2018). En la siguiente figura, se muestra el resultado final de trituración de la semilla *Moringa oleífera*, que posteriormente se colocó en una bolsa ZIPLOC y su rotulación que recibió el código "Mol".

Figura 2

Trituración y obtención de polvo de la semilla Moringa oleífera



Nota. *Propia del autor.*

Composición proximal de la semilla *Moringa oleífera* en polvo. Para la determinación de la composición proximal de la semilla *Moringa oleífera* en polvo sin desgrasar, se envió 30 gr. de muestra al laboratorio especializado de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, donde se realizó el análisis de humedad, grasa, proteína, fibra, carbohidratos y ceniza (Adbul et al, 2016). En la

siguiente tabla, se muestran los métodos que se emplearon para la obtención de los resultados.

Tabla 5

Análisis proximal de la semilla Moringa oleífera sin desgrasar

N°	Análisis	Método empleado
1	humedad	NTP 209.085
2	grasa	NTP 209.093
3	proteínas	2057 de la AOAC
4	fibra	NTP 209.074
5	carbohidrato	31043 de la AOAC
6	ceniza	2173 de la AOAC

Nota. *Propia del autor.*

Extracción de aceite y grasas de la semilla *Moringa oleífera*. Las semillas *Moringa oleífera* tienen aproximadamente un porcentaje de 40% de aceite en peso (Garcia-Fayos et al., 2016).

Por tal motivo, se aplicó la metodología de extracción solido – liquido o lixiviación con un solvente llamado Etanol al 95% (Guamán & Sánchez, 2018), separando los compuestos antioxidantes a partir de residuos sólidos y eliminarlo para obtener el extracto concentrado o libre de grasas.

Se pesó 80 gr. de “Mol” en una balanza analítica y un volumen de 300 mL de etanol al 95% químicamente puro en un vaso precipitado de 500 mL (Ali et. al, 2010).

Se juntó a ambos en un matraz de laboratorio de capacidad de 500 mL para homogenizar en el agitador magnético por un tiempo de 40 min, luego se dejó reposar por 1 día (24 horas) (Shan et. al, 2017).

Figura 3

Proceso de extracción de aceite y grasas de la semilla Moringa oleífera



(a) **(b)** **(c)**

Nota. a) Semilla *Moringa oleífera* sin desgrasar, b) 300 mL de etanol puro y c) desgrasamiento de la semilla *Moringa oleífera*.

Filtrado y secado residual de la semilla *Moringa oleífera*. Después del transcurso de espera de un día (24 horas), se realizó el proceso de filtrado con un papel filtro de 11 µm, obteniendo así la torta residual de la semilla desgrasada con el que se trabajó para la investigación (Tumbaco & Acebo, 2018).

Figura 4

Filtrado de aceite y grasas



Nota. *Propia del autor.*

Figura 5

Separación de aceites y grasas de la semilla Moringa oleífera

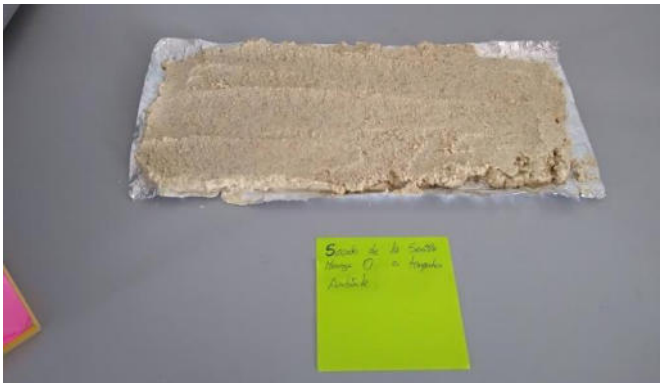


Nota. *Propia del autor.*

El secado de la torta residual fue a temperatura ambiente (23 °C) durante un día, hasta que el solvente etanol se termine de volatizar y tener la semilla *Moringa oleífera* desgrasada (Carrasquero et al, 2018).

Figura 6

Secado de la torta residual de la Moringa oleífera

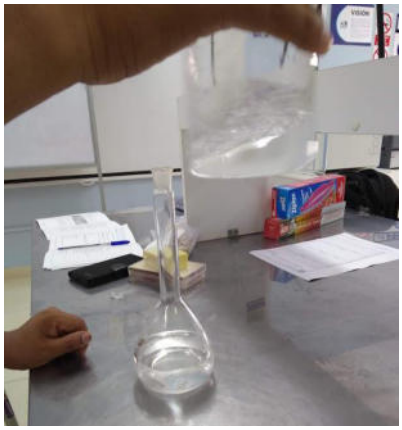


Nota. *Propia del autor.*

Extracción del componente en solución salina. La solución salina es un componente de activación que ayuda al coagulante a ser más soluble en el agua turbia (Abdul et al., 2016). La cual se preparó con 500 mL de agua destilada y 29.22 gr de NaCl, se homogenizó en un vaso precipitado de 500 mL con el agitador magnético por un tiempo de 15 min (Ali et. al, 2010).

Figura 7

Preparación de solución salina



Nota. *Propia del autor.*

Obtención del biocoagulante a base de la semilla *Moringa oleífera*. Se agregó 15 gr. de *Moringa oleífera* desgrasada al vaso precipitado de 500 mL de la solución salina. Con ayuda del agitador magnético se mezcló por un tiempo de 30 minutos (Shan et. al, 2017).

Figura 8

Homogenización por medio de agitación magnética

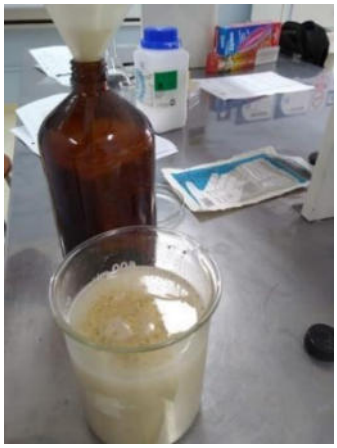


Nota. *Propia del autor.*

Finalmente, se filtró la solución con un papel filtro donde se obtuvo el biocoagulante y que fue reservado en un frasco de vidrio oscuro (Tumbaco & Acebo, 2018).

Figura 9

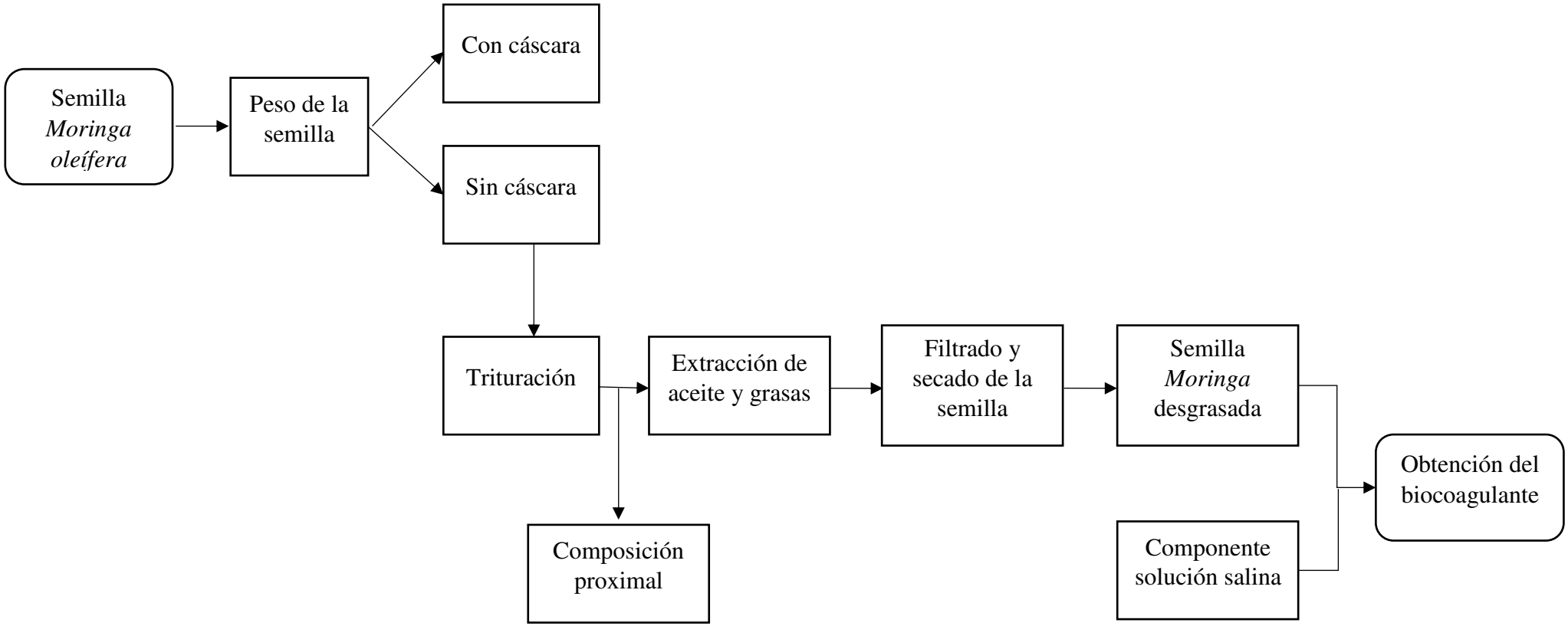
Filtrado final para la obtención del biocoagulante



Nota. *Propia del autor.*

Figura 10

Diagrama de bloques del proceso de biocoagulante



Concentración del biocoagulante de la semilla Moringa oleífera

Para determinar la concentración del biocoagulante se procedió a calcular el rango promedio de las concentraciones que se aplicó en la presente investigación. Se utilizó la siguiente formula:

$$\%\frac{m}{m} = \frac{\text{masa soluto}}{masa\ solución} x\ 100\ \%$$

Se realizaron los cálculos de porcentaje concentraciones peso a peso (p/p) (Rodriguez, 2017), los cuales se determinaron mediante tratamientos con su respectivo control. Asimismo, poder encontrar la concentración idónea y evaluar la efectividad de la semilla *Moringa oleífera*.

Aplicación de dosis a las muestras de agua a tratar

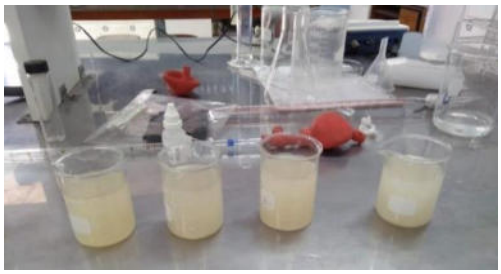
Los tratamientos se emplearon para evaluar el efecto de la remoción de turbidez a base de la semilla de *Moringa oleífera* en los procesos de coagulación-floculación para el pretratamiento de agua (Garcia-Fayos et. al, 2016), los rangos de dosis aplicadas se dieron en referencia a las investigaciones realizadas y citadas.

En el escenario de época de avenida fueron 4 dosis del biocoagulante (1.2 mL, 1.3 mL, 1.35 mL y 1.4 mL) y un control con dos tiempos de sedimentación (60 min y 30 min), teniendo como velocidad fija de 100 rpm.

En cambio, en el escenario de la época de estiaje, se aplicó dos dosis del biocoagulante (0.2 mL y 0.3 mL) y un control con dos tiempos de sedimentación (60 min y 30 min), teniendo como velocidad fija de 100 rpm.

Figura 11

Aplicación de dosis en las muestras de agua



Nota. *Propia del autor.*

Evaluación de parámetros fisicoquímicos en aguas tratadas

Evaluación de turbiedad en las aguas tratadas. Para la evaluación del efecto de biocoagulante sobre la turbiedad, se analizó a través del turbidímetro marca HACH 2100 AN del laboratorio de química básica de la Universidad Nacional de Moquegua.

Figura 12

Proceso del análisis de remoción de turbidez en las muestras tratadas



Nota. *Propia del autor.*

Se hizo la evaluación del antes y después de los tratamientos con su respectivo control, para poder calcular la diferencia de los datos obtenidos en porcentaje de remoción de turbiedad en los escenarios de épocas de avenida y estiaje.

Evaluación de pH y temperatura en las aguas tratadas. Para la evaluación del efecto del biocoagulante en cuanto al pH y temperatura, se realizó la medición con la ayuda de un pHmetro en el proceso del antes y después del tratamiento con la dosis optima bajo 5 réplicas, obteniendo los datos que permite analizar si existe una variación o diferencia en los parámetros (Urquía, 2017). Los resultados del análisis del efecto del biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera* sobre el pH y temperatura del agua tratada, han sido realizados en los escenarios de época de avenida y estiaje.

Figura 13

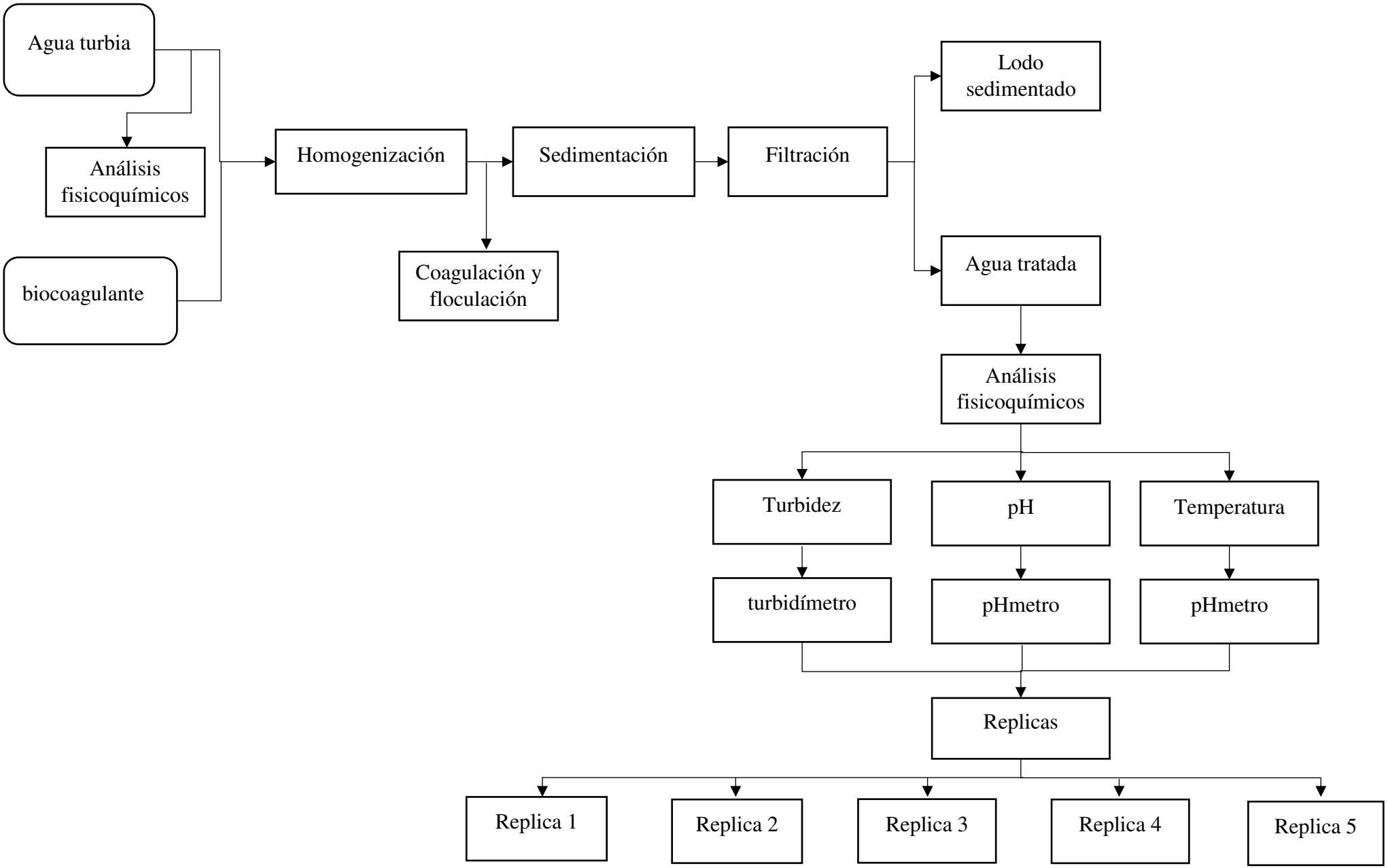
Medición de pH y temperatura del agua



Nota. *Propia del autor.*

Figura 14

Diagrama de bloque de proceso de coagulación y floculación



3.6. Análisis de datos.

Para el procesamiento de análisis de datos de acuerdo con el diseño experimental bifactorial, se utilizó el paquete de datos estadísticos RStudio 1.4, donde se insertó los datos resultantes de las muestras tratadas en el laboratorio en las épocas de avenida y estiaje.

Para poder evaluar si se encuentra diferencias significativas entre los tratamientos realizados, lo cual es uno de los más utilizados en los diseños de experimentos ya que está basada en el análisis de varianza, Según Almanya (2010) menciona "es necesario considerar lo siguiente: las medias del total de los tratamientos que representan en una tabla con una relación entre 2 parámetros denominados P valor y F" (p. 35).

De acuerdo con Walpole et al (2012), se ha determinado a la representación estadísticas en el siguiente cuadro de análisis de varianza:

Tabla 6

Análisis de Varianza para el experimento de 2 factores con n réplicas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Efecto principal				
A	*SCA*	$a - 1$	$s_1^2 = \frac{SCA}{a-1}$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2}$
B	*SCB*	$b - 1$	$s_2^2 = \frac{SCB}{b-1}$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2}$
Interacción de 2 factores				
AB	*SC(AB)*	$(a - 1)(b - 1)$	$s_3^2 = \frac{SC(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$f_3 = \frac{s_3^2}{s^2}$
Error	*SCE*	$ab\ (n - 1)$	$s^2 = \frac{SCE}{ab\ (n-1)}$	
Total	*STC*	$abn - 1$		

Nota. *Propia del autor.*

La finalidad de este análisis de datos es poder determinar si se encuentra una diferencia significativa entre dos o más tratamientos realizados. Donde se desea probar la hipótesis estadísticamente ya sea una hipótesis nula o alternativa correspondiente.

H_0: $T_1 = T_2 \ldots = T_n$

H_I: Al menos uno de los efectos de T medias no es igual.

La hipótesis nula será aceptada si los efectos de T media son todos iguales, caso contrario, será aceptada la hipótesis alternativa si los efectos de T media son diferentes.

Capítulo IV
Resultados

4.1. Concentración del biocoagulante procedente de la semilla *Moringa oleífera*

Determinación de peso de la semilla Moringa oleífera

Los resultados obtenidos de los pesos de las semillas *Moringa oleífera,* se detallan a continuación:

Tabla 7

Evaluación del peso de la semilla Moringa oleífera

N°	Peso de la semilla con cáscara (gr.)	Peso de la semilla sin cáscara (gr.)	Peso de la cáscara (gr.)
1	0.2643	0.1834	0.0809
2	0.4053	0.3136	0.0917
3	0.2571	0.1749	0.0822
4	0.3415	0.2558	0.0857
5	0.1781	0.1316	0.0465
6	0.2061	0.1532	0.0529
7	0.3623	0.2834	0.0789
8	0.2396	0.1637	0.0759
9	0.3051	0.2468	0.0583
10	0.3272	0.2378	0.0894
Promedio	**0.28866**	**0.21442**	**0.07424**

Nota. *Propia del autor.*

Se puede observar que el promedio del peso la semilla con cascara 0.28866 gramos, la semilla sin cáscara 0.21442 gramos y la cáscara 0.07424 gramos. Para esta investigación se trabajó con la semilla sin cáscara teniendo un porcentaje de peso de 74%, eso quiere decir que representa una cantidad mayor o suficiente de materia prima para la elaboración del biocoagulante.

Composición proximal de la semilla de Moringa oleífera

La composición proximal de la semilla *Moringa oleífera* en polvo sin desgrasar, fue analizada en el laboratorio especializado de la universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8

Composición proximal de la semilla Moringa Oleífera

Análisis	Unidad	Resultados
Humedad	%	5.68
Cenizas	%	3.98
Grasas	%	35.37
Proteínas	%	38.46
Fibra	%	3.06
Carbohidratos	%	13.45

Nota. *Propia del autor.*

Se puede observar que en cuanto a las proteínas se obtuvo como resultado 38.46% seguido de la grasa con 35.37%, las proteínas son biopolímeros que ayuda a que el agua tenga una buena floculación y sedimente rápidamente, por lo que, las proteínas son de importancia para el tratamiento de agua. Por tal motivo, que se dio el proceso de extracción de grasas ya que no aporta ni trae beneficio en el pretratamiento del agua, lo cual permite aumentar el porcentaje de las proteínas.

Concentración del biocoagulante de la semilla Moringa oleífera

La preparación del biocoagulante para los tratamientos se trabajó con concentraciones de unidades físicas en porcentaje masa-masa (% m/m), teniendo como volumen de 100 mL, 3 gr de *Moringa oleífera* desgrasada y con una masa de solución de 99.7 gr., se aplicó la fórmula para hallar la concentración teniendo así el siguiente resultado:

Tabla 9

Concentración del biocoagulante Moringa oleífera

Volumen (mL)	Masa soluto (gr)	Masa solución (gr)	Concentración (%m/m)
100	3	99.7	3%

Nota. *Propia del autor.*

Posteriormente, se obtuvo las concentraciones de las dosis aplicadas en aguas tratadas para épocas de avenida y estiaje, mediante la siguiente tabla:

Tabla 10

Concentración de las dosis aplicadas en las aguas tratadas

Dosis (mL)	Concentración de dosis (%)
0	0
0.2	0.006
0.3	0.009
1.2	0.036
1.3	0.039
1.35	0.041
1.4	0.042

Nota. *Propia del autor.*

4.2. Tiempo óptimo de pretratamiento del agua

Los resultados obtenidos que se presentan a continuación corresponden a las pruebas realizadas en el laboratorio de química básica de la Universidad Nacional de Moquegua. Las muestras fueron recogidas del rio Osmore de la ciudad de Ilo; y se realizó los siguientes procesos: mezcla rápida, floculación y sedimentación, utilizando la solución de la semilla de *Moringa oleífera* como biocoagulante o polielectrolito natural.

Tabla 11

Tiempos óptimos de cada procedimiento de pretratamiento del agua

Procesos	Velocidad (RPM)	Tiempo
Mezcla rápida	100	20 seg
Floculación	100	1 min
Sedimentación	0	30 min 60 min

Nota. *Propia del autor.*

4.3. Resultados del agua tratada en los escenarios de época de avenida y estiaje

Resultados del agua tratada en el escenario de la época de avenida

Datos iniciales de las muestras a tratar. Los resultados obtenidos de los parámetros de turbidez, pH y temperatura previos al pretratamiento fueron:

Tabla 12

Datos iniciales antes del pretratamiento de agua en el escenario de la época de avenida

Muestra	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)
M1	2107	8.1	27
M2	2436	8	27.3
M3	2754	7.96	27.4
M4	3241	7.91	27.2
M5	3427	7.95	27.3

Nota. *Propia del autor.*

Se puede observar que los valores de turbidez variaron de 2107 NTU a 3427 NTU, por otro lado, los valores del pH estuvieron en el rango de 7.91 a 8.1, y finalmente la temperatura se mantuvo en 27°C.

Datos finales de las muestras después del pretratamiento con el biocoagulante. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos al aplicar el biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera.*

Tabla 13

Datos finales después del pretratamiento de agua en el escenario de la época de avenida

Tiempo de sedimentación	Tratamiento (mL)	Concentración	Turbidez		pH	Temperatura (°C)
			NTU	%		
30 min	0	0%	1638	22.259	7.9	27.1
30 min	0	0%	1861	23.604	8	27.3
30 min	0	0%	2206	19.898	7.94	27.3
30 min	0	0%	2525	22.092	7.91	27
30 min	0	0%	2684	21.681	7.96	27.1
30 min	1.2	0.036%	182	91.362	7.81	26.7
30 min	1.2	0.036%	128	94.745	7.84	26.9
30 min	1.2	0.036%	132	95.207	7.86	26.7
30 min	1.2	0.036%	121	96.267	7.84	26.8
30 min	1.2	0.036%	116	96.615	7.87	27
30 min	1.3	0.039%	146	93.071	7.82	27.1
30 min	1.3	0.039%	116	95.238	7.8	26.9
30 min	1.3	0.039%	114	95.861	7.79	26.9
30 min	1.3	0.039%	102	96.853	7.83	27.1
30 min	1.3	0.039%	107	96.878	7.84	26.8
30 min	1.35	0.041%	89.1	95.771	7.75	26.7
30 min	1.35	0.041%	92.4	96.207	7.7	26.7
30 min	1.35	0.041%	80.6	97.073	7.67	26.6
30 min	1.35	0.041%	90.8	97.198	7.74	26.9
30 min	1.35	0.041%	83.4	97.566	7.71	26.9
30 min	1.4	0.042%	203	90.365	7.8	27.1
30 min	1.4	0.042%	130	94.663	7.79	26.9
30 min	1.4	0.042%	178	93.537	7.77	26.7
30 min	1.4	0.042%	123	96.205	7.8	27

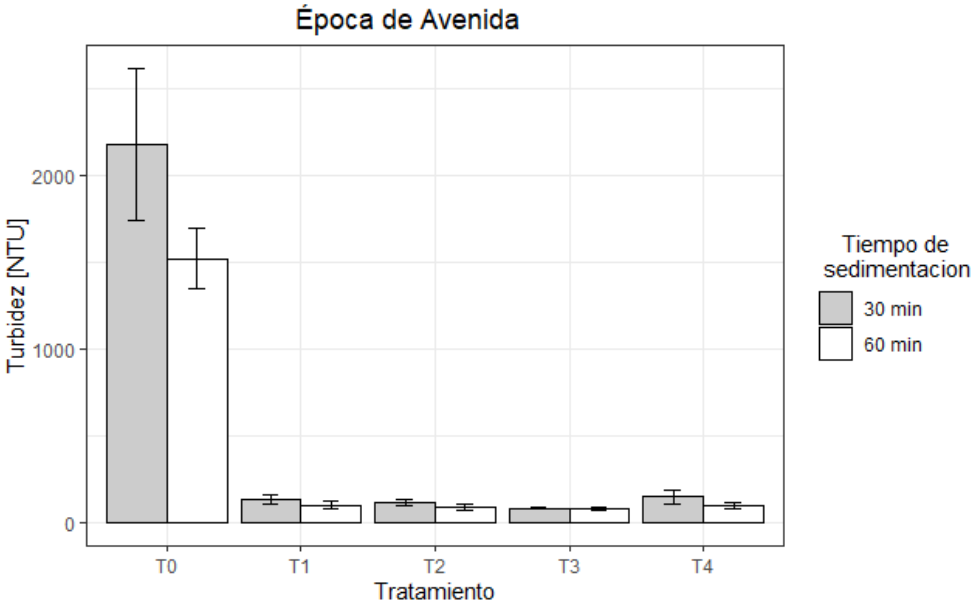
30 min	1.4	0.042%	120	96.498	7.78	26.9
60 min	0	0%	1276	39.440	8.12	27.6
60 min	0	0%	1635	32.882	8.09	27.5
60 min	0	0%	1540	44.081	8.1	27.8
60 min	0	0%	1728	46.683	8.14	27.5
60 min	0	0%	1443	57.893	8.11	27.8
60 min	1.2	0.036%	124	94.115	7.9	27.1
60 min	1.2	0.036%	86.3	96.457	7.93	27.3
60 min	1.2	0.036%	94.6	96.565	7.9	27.5
60 min	1.2	0.036%	84.4	97.396	7.95	27
60 min	1.2	0.036%	126	96.323	7.91	27
60 min	1.3	0.039%	116	94.495	7.89	27
60 min	1.3	0.039%	81.8	96.642	7.88	27.2
60 min	1.3	0.039%	87.5	96.823	7.85	27.3
60 min	1.3	0.039%	86.2	97.340	7.87	27.1
60 min	1.3	0.039%	88.5	97.418	7.89	26.8
60 min	1.35	0.041%	102	95.159	7.83	26.7
60 min	1.35	0.041%	79.6	96.732	7.84	26.7
60 min	1.35	0.041%	84.4	96.935	7.85	26.9
60 min	1.35	0.041%	83.7	97.417	7.88	26.6
60 min	1.35	0.041%	77.6	97.736	7.86	27
60 min	1.4	0.042%	126	94.020	7.87	27.1
60 min	1.4	0.042%	88.8	96.355	7.89	27
60 min	1.4	0.042%	91.3	96.685	7.86	26.7
60 min	1.4	0.042%	92.8	97.137	7.86	26.6
60 min	1.4	0.042%	96.1	97.196	7.88	26.9

Nota. *Propia del autor.*

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Turbidez. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 15

Gráfico de barras con desviación estándar en función de la concentración de la semilla Moringa y el tiempo de sedimentación para la época de avenida



Nota. *Propia del autor.*

Se puede observar que los valores de turbidez en T0 (control) fueron altos a diferencia de los valores bajos obtenidos en los demás tratamientos.

Tabla 14

ANOVA Bifactorial para la turbidez en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif.**
Tratamiento	4	24363629	6090907	269.241	< 2E-16	0.001
Tiempo de sedimentación	1	296250	296250	13.095	0.000822	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	4	798435	199609	8.823	3.33E-05	0.001
residuales	40	904902	22623			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que para los tratamientos, es decir la concentración de MO, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor. Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Tabla 15

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa Oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa

Nivel	Promedio	grupos
T0	1853.60	a
T4	124.90	b
T1	119.43	b
T2	104.50	b
T3	86.36	b

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias, por lo cual el tratamiento con presencia menor de turbidez es el T3.

Tabla 16

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de turbidez tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	Tiempo de sedimentación	
	30 min (NTU)	60 min (NTU)
R1	89.1	102
R2	92.4	79.6
R3	80.6	84.4

R4	90.8	83.7
R5	83.4	77.6
promedio	**87.26**	**85.46**

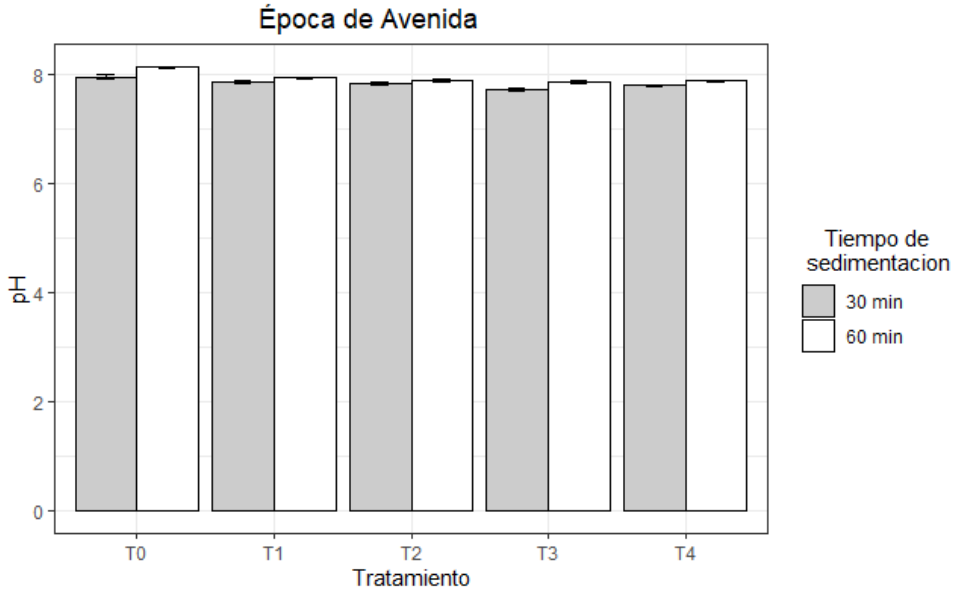
Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación de dosis óptima a base de biocoagulante.

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en pH. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 16

Gráfico de barras con desviación estándar de pH en función de la concentración de la semilla Moringa y tiempo de sedimentación para la época de avenida



Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de pH no fluctuaron considerablemente en el T0 (control) y los demás tratamientos.

Tabla 17

ANOVA Bifactorial para pH en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif.**
Tratamiento	4	0.3446	0.08614	158.35	< 2E-16	0.001
Tiempo de sedimentación	1	0.1383	0.13834	254.30	< 2E-16	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	4	0.0219	0.00546	10.04	1.01E-05	0.001
residuales	40	0.0218	0.00054			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que, para los tratamientos, es decir la concentración de MO, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Tabla 18

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa

Nivel	**Promedio**	**grupos**
T0	8.027	a
T1	7.881	b
T2	7.846	c
T4	7.83	c
T3	7.783	d

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias.

Tabla 19

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de pH tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	**Tiempo de sedimentación**	
	30 min	**60 min**
R1	7.75	7.83
R2	7.7	7.84
R3	7.67	7.85
R4	7.74	7.88
R5	7.71	7.86
promedio	**7.714**	**7.852**

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación del biocoagulante.

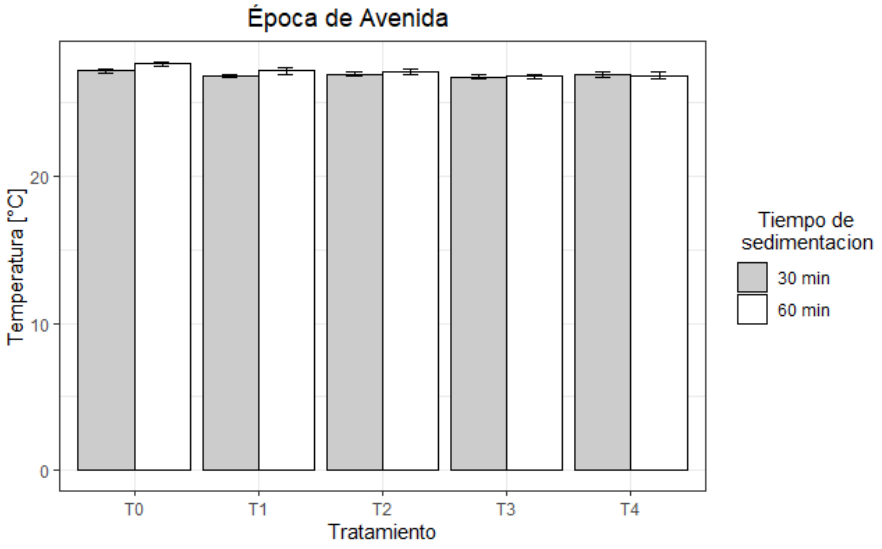
Es así que, a comparación con la variación obtenida en la turbidez, la variación de pH fue mínima, alcanzando un rango de variación de 0.47.

Además, cabe resaltar que los valores de pH obtenidos se encuentran en el rango de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría D1, que establece el rango de 6.5 a 8.5.

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Temperatura. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 17

Gráfico de barras con desviación estándar de temperatura en función de la concentración de la semilla Moringa y tiempo de sedimentación para la época de avenida



Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de la temperatura no fluctuaron considerablemente en el T0 (control) y los demás tratamientos.

Tabla 20

ANOVA Bifactorial para temperatura en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif.**
Tratamiento	4	2.2412	0.5603	20.752	2.53E-09	0.001
Tiempo de sedimentación	1	0.4232	0.4232	15.674	0.000301	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	4	0.5228	0.1307	4.841	0.002801	0.01
residuales	40	1.0800	0.0270			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que, Para los tratamientos, es decir la concentración de MO, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.01, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que la diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Tabla 21

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa Oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa

Nivel	Promedio	grupos
T0	27.4	a
T2	27.02	b
T1	27	b
T4	26.89	bc
T3	26.77	c

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias.

Tabla 22

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de temperatura tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	Tiempo de sedimentación	
	30 min (°C)	60 min (°C)
R1	26.7	26.7
R2	26.7	26.7
R3	26.6	26.9

R4	26.9	26.6
R5	26.9	27
Promedio	**26.76**	**26.78**

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación del biocoagulante.

Es así como, a comparación con la variación obtenida en la turbidez, la variación de la temperatura fue mínima, alcanzando un rango de variación de 1.2 °C.

Además, cabe resaltar que los valores de temperatura obtenidos se encuentran en el rango de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría D1, que establece el rango de 3.

Resultados del agua tratada en el escenario de la época de estiaje

Datos iniciales de las muestras a tratar. Los resultados obtenidos de los parámetros de turbidez, pH y temperatura previos al pretratamiento fueron:

Tabla 23

Datos iniciales antes del pretratamiento de agua en el escenario de la época de estiaje

Muestra	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)
M1	227	8.14	27.8
M2	314	8.16	27.7
M3	287	8.12	27.6
M4	235	8.14	27.7
M5	210	8.2	27.5

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de turbidez variaron de 210 NTU a 314 NTU, por otro lado, los valores del pH estuvieron en el rango de 8.12 a 8.2, y finalmente la temperatura se mantuvo en 27°C

Datos finales de las muestras después del pretratamiento con el biocoagulante. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos al aplicar el biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera.*

Tabla 24

Datos finales después del pretratamiento de agua en el escenario de la época de estiaje

Tiempo de sedimentación	Tratamiento (mL)	Concentración	Turbidez		pH	Temperatura (°C)
			NTU	%		
30 min	0	0%	138	39.207	8.12	27.7
30 min	0	0%	173	44.904	8.14	27.7
30 min	0	0%	152	47.038	8.1	27.6
30 min	0	0%	140	40.426	8.11	27.9
30 min	0	0%	126	40.000	8.15	27.8
30 min	0.2	0.006%	84.4	62.819	8.05	27.1
30 min	0.2	0.006%	78.2	75.096	8.04	27
30 min	0.2	0.006%	81	71.777	8.07	26.9
30 min	0.2	0.006%	84.4	64.085	8.06	27.1
30 min	0.2	0.006%	126	40.000	8.05	27.1
30 min	0.3	0.009%	91.8	59.559	8.1	27.3
30 min	0.3	0.009%	95	69.745	8.09	27
30 min	0.3	0.009%	97	66.202	8.07	26.9
30 min	0.3	0.009%	85.4	63.660	8.08	27
30 min	0.3	0.009%	94.2	55.143	8.1	27.3
60 min	0	0%	104	54.185	8.06	27.5
60 min	0	0%	106	66.242	8.08	27.7
60 min	0	0%	123	57.143	8.07	27.4
60 min	0	0%	117	50.213	8.06	27.7
60 min	0	0%	121	42.381	8.09	27.6
60 min	0.2	0.006%	50.8	77.621	8.01	27

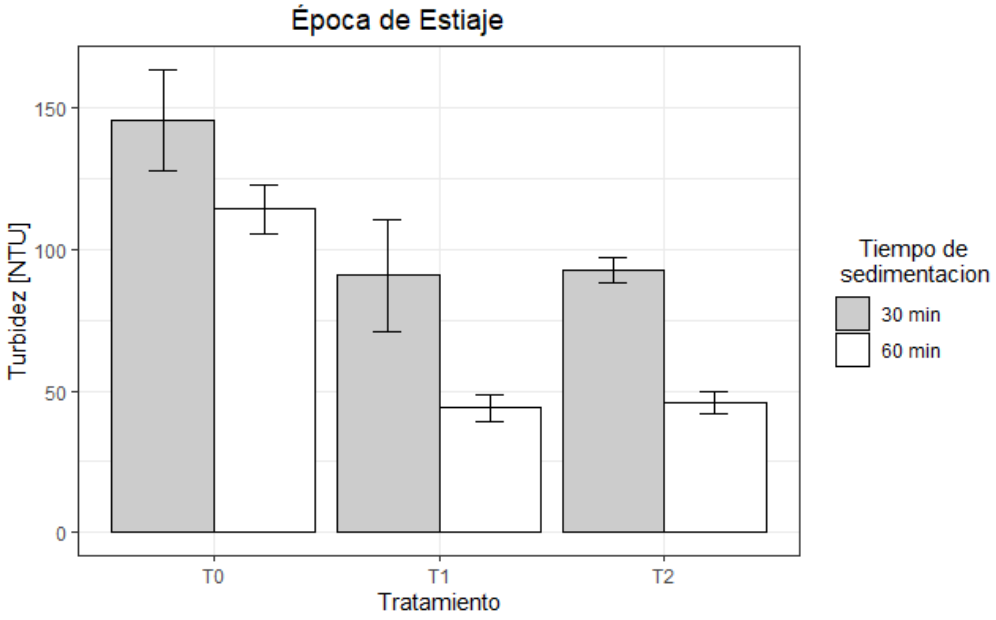
60 min	0.2	0.006%	46.5	85.191	7.96	26.7
60 min	0.2	0.006%	38.7	86.516	7.96	26.6
60 min	0.2	0.006%	43.2	81.617	7.99	26.7
60 min	0.2	0.006%	41.3	80.333	8.02	26.7
60 min	0.3	0.009%	51.8	77.181	8	27
60 min	0.3	0.009%	47.1	85.000	7.98	26.9
60 min	0.3	0.009%	41.8	85.436	8	26.7
60 min	0.3	0.009%	45.9	80.468	7.96	26.8
60 min	0.3	0.009%	43.4	79.333	8.03	27

Nota. *Propia del autor*

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Turbidez. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 18

Gráfico de barras con desviación estándar en función de la concentración de la semilla Moringa y el tiempo de sedimentación para la época de estiaje



Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de turbidez en T0 (control) fueron un poco más altos a diferencia de los valores obtenidos en los demás tratamientos.

Tabla 25

ANOVA Bifactorial para la turbidez en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif. <5%**
Tratamiento	2	25319	12660	90.124	6.93E-12	0.001
Tiempo de sedimentación	1	13017	13017	92.667	1.03E-09	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	2	380	190	1.351	0.278	1
residuales	24	3371	140			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que, para los tratamientos, es decir la concentración de *Moringa oleífera*, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor. Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que la diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Tabla 26

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa Oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa

Nivel	**Promedio**	**grupos**
T0	130.00	a
T2	69.34	b
T1	67.45	b

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias.

Tabla 27

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de turbidez tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	**Tiempo de sedimentación**	
	30 min (NTU)	**60 min (NTU)**
R1	84.4	50.8
R2	78.2	46.5
R3	81	38.7
R4	84.4	43.2
R5	126	41.3
Promedio	**90.8**	**44.1**

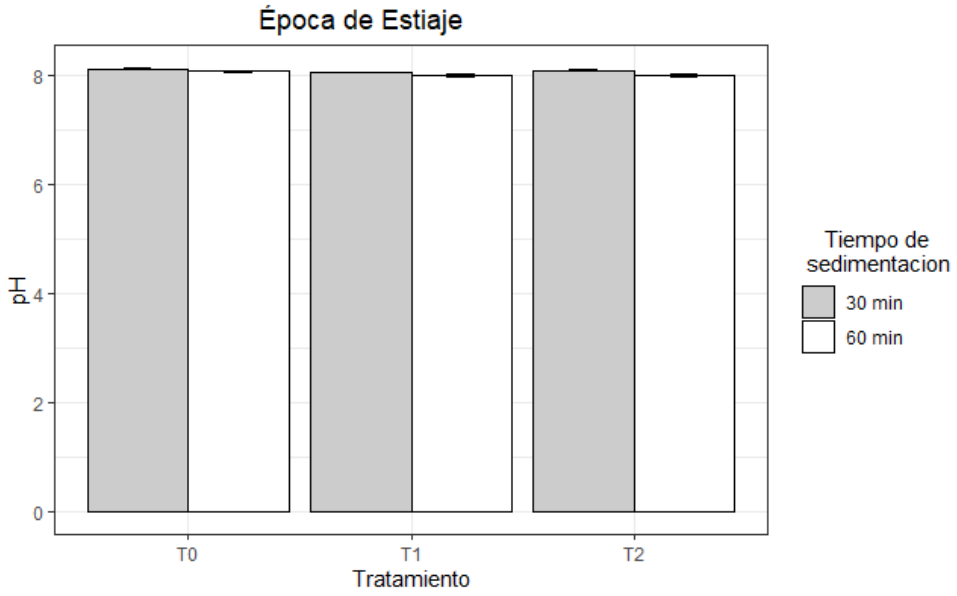
Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación del biocoagulante.

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en pH. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 19

Gráfico de barras con desviación estándar de pH en función de la concentración de la semilla Moringa y tiempo de sedimentación para la época de avenida



Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de pH no fluctuaron considerablemente en el T0 (control) y los demás tratamientos.

Tabla 28

ANOVA Bifactorial para pH en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif. <5%**
Tratamiento	2	0.03193	0.01596	40.757	1.92E-08	0.001
Tiempo de sedimentación	1	0.03745	0.03745	95.626	7.59E-10	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	2	0.00229	0.00114	2.919	0.0733	0.1
residuales	24	0.00940	0.00039			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que para los tratamientos, es decir la concentración de MO, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que la diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Tabla 29

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa Oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método e la diferencia mínima significativa

Nivel	Promedio	grupos
T0	8.098	a
T2	8.041	b
T1	8.021	c

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias.

Tabla 30

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de pH tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	Tiempo de sedimentación	
	30 min	60 min
R1	8.05	8.01
R2	8.04	7.96
R3	8.07	7.96
R4	8.06	7.99
R5	8.05	8.02
Promedio	**8.054**	**7.988**

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación del biocoagulante.

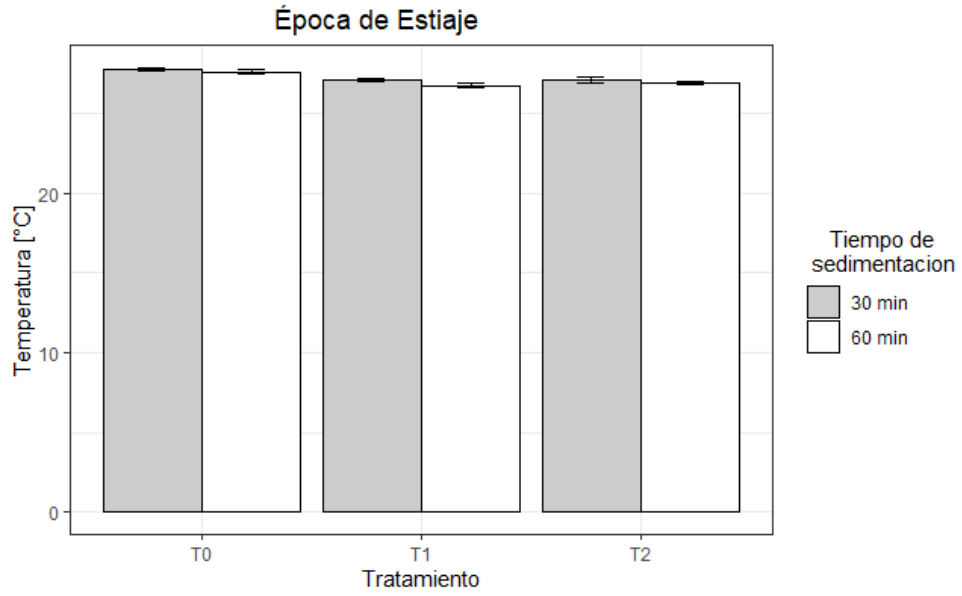
Es así como, a comparación con la variación obtenida en la turbidez, la variación de pH fue mínima, alcanzando un rango de variación de 0.19.

Además, cabe resaltar que los valores de pH obtenidos se encuentran en el rango de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría D1, que establece el rango de 6.5 a 8.5.

Influencia del biocoagulante a base de semilla *Moringa oleífera* en Temperatura. Se realizó a través de gráficos de barras, análisis ANOVA Bifactorial y Análisis Post Hoc, considerando la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación.

Figura 20

Gráfico de barras con desviación estándar de temperatura en función de la concentración de la semilla Moringa y tiempo de sedimentación para la época de avenida



Nota. *Propia del autor*

Se puede observar que los valores de la temperatura no fluctuaron considerablemente en el T0 (control) y los demás tratamientos.

Tabla 31

ANOVA Bifactorial para temperatura en función de la concentración y tiempo de sedimentación

	grados de libertad	**suma de cuadrados**	**cuadrados medios**	**F calculado**	**Pr(>F)**	**Signif. <5%**
Tratamiento	2	3.506	1.7530	93.080	4.92E-12	0.001
Tiempo de sedimentación	1	0.385	0.3853	20.460	0.00014	0.001
Tratamiento: tiempo de sedimentación	2	0.025	0.0123	0.655	0.52855	1
residuales	24	0.00940	0.00039			

Nota. *Propia del autor*

Se puede observar para los tratamientos, es decir la concentración de MO, el análisis de varianza muestra p-valor menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor.

Para el bloque, los tiempos de sedimentación, el análisis de varianza muestra p-valor es menor que 0.001, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que la diferencia entre las medias de los niveles de este factor

Tabla 32

Análisis Post Hoc para la concentración de la semilla Moringa Oleífera aplicando comparación múltiple mediante el método de la diferencia mínima significativa

Nivel	**Promedio**	**grupos**
T0	27.66	a
T2	26.99	b
T1	26.89	b

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio del control o testigo y los tratamientos, siendo que entre estos tratamientos no existe una diferencia de medias.

Tabla 33

Análisis de tiempo de sedimentación en parámetro de temperatura tras la aplicación de dosis apropiada

Replicas	Tiempo de sedimentación	
	30 min (°C)	**60 min (°C)**
R1	27.1	27
R2	27	26.7
R3	26.9	26.6
R4	27.1	26.7
R5	27.1	26.7
Promedio	**27.04**	**26.74**

Nota. *Propia del autor*

Nos indica que existe una diferencia significativa mínima entre el promedio de los tiempos de sedimentación tras la aplicación del biocoagulante.

Es así como, a comparación con la variación obtenida en la turbidez, la variación de la temperatura fue mínima, alcanzando un rango de variación de 1.3 °C.

Además, cabe resaltar que los valores de temperatura obtenidos se encuentran en el rango de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría D1, que establece el rango de 3.

Capítulo V
Discusión de Resultados

Con respecto a lo estadístico, se realizó el análisis ANOVA Bifactorial, tomando en consideración dos factores, la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación; para el caso de la turbidez, los valores de p-valor fueron menores a 0.001 y 0.01, respectivamente, lo que nos indica que, si hay una diferencia en las medias de los niveles de cada factor, es así que se realizó el análisis Post Hoc donde se determinó una diferencia significativa entre el promedio del control y los demás tratamientos, resaltando que no existe una diferencia significativa entre las medias de los tratamiento; de esta manera podemos rechazar con objetividad la hipótesis de la presente investigación (H_0: La semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante no presenta efectividad para el pretratamiento del agua); dado que, los efectos de T medias no son iguales; por lo tanto, la semilla *Moringa oleífera* posee efectividad como biocoagulante en la remoción de turbidez del agua del río Osmore en ambos escenarios de la época de avenida y estiaje.

Por otro lado, al evaluar los efectos de la aplicación de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en el pH, se obtuvo en el análisis ANOVA Bifactorial valores de p-valor menores a 0.001 tanto para la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación, lo que nos indica que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor, es así que se realizó el análisis Post Hoc donde se determinó que existe una diferencia significativa entre el promedio del control y los tratamientos; por consecuencia, se puede afirmar que en la presente investigación el pH no fue afectado significativamente después de la aplicación de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en la remoción de turbidez del agua del río Osmore en ambos escenarios.

De igual modo, al evaluar los efectos de la aplicación de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en la temperatura, el análisis ANOVA Bifactorial presentó valores de p-valor menores a 0.001 y 0.01, para la concentración del biocoagulante y los tiempos de sedimentación, respectivamente; lo que nos indica que existe diferencia entre las medias de los niveles de este factor, es así que se realizó el análisis Post Hoc donde se determinó que existe una diferencia significativa entre el promedio del control y los tratamientos; pero, se puede

asegurar que en la presente investigación, la temperatura no fue afectada significativamente por la aplicación de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en la remoción de turbidez del agua del río Osmore, mostraron valores que no fluctuaron significativamente, en ambos escenarios de la época de avenida y estiaje.

En el presente estudio se alcanzaron valores de remoción de turbiedad de 97.73% con dosis optima de 1.35 mL en época de avenida y 86.5% con dosis optima de 0.2 mL en época de estiaje, a través del uso de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante de aguas de rio Osmore; estos resultados fueron más altos que los obtenidos por Arango & Ortega (2017), quienes trataron aguas residuales de las industrias textiles con dosificaciones de concentración de *Moringa oleífera* y de NaCl y obtuvieron 82% de remoción de turbidez; sin embargo, no sobrepasaron los resultados obtenidos por Tumbaco & Acebo (2018), quienes alcanzaron el valor de 100% de remoción de turbiedad con una dosis de 0.5 ml de concentración de *Moringa oleífera* en el rio guayas en la ciudad de Guayaquil.

Cabe mencionar que al comparar la eficacia de la semilla de *Moringa oleífera como biocoagulante* con otros biocoagulantes naturales, en el presente estudio se obtuvieron mejores resultados, de acuerdo con lo mencionado por Moreno (2016), quien trató las aguas del rio crisnejas en la comunidad Chuquibamba con biocoagulantes naturales, y obtuvo una remoción de turbidez de 61.09% con *Opuntia ficus indica*, de 48.47% con *Caesalpinia spinosa* y de 42.48% con *Aloe vera*.

Además, la aplicación directa y uso del biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera*, no produce alteración ni cambia sus valores iniciales ni representa realizar costo adicionales para corregir el pH y temperatura del agua tratada en comparación con los polímeros químicos que si tiende a alterar, a comparación con otros polímeros químicos como es el caso del sulfato de aluminio comercialmente utilizado para el pretratamiento en agua, que genera alcalinidad en el agua tratada por lo que es necesario adicionar álcalis como cal, lo cual es recomendable utilizar como coagulante natural la semilla *Moringa oleífera* ante la capacidad de poder remover la turbidez, lo que coincide con lo afirmado por Tumbaco & Acebo (2018).

Capítulo VI
Conclusiones

- La concentración de la semilla de *Moringa oleífera* apropiada como biocoagulante en el presente estudio fue de 3 (% m/m), teniendo como volumen de 100 mL, 3 gr de *Moringa* desgrasada y con una masa de solución de 99.7 gr, dicho valor se obtuvo a base de la semilla sin cáscara (74 % del peso total) y desgrasada ya que no aporta ni trae beneficio en el pretratamiento del agua, lo cual permite aumentar el porcentaje de las proteínas así mismo, para la concentración de dosis apropiada de 1.35 mL para época de avenida fue de 0.041% y la concentración de dosis apropiada para época de estiaje de 0.2 mL fue de 0.006%.

- La efectividad de la semilla *Moringa oleífera* como biocogulante en el río Osmore en la época de avenida en relación a los porcentajes de remoción de turbiedad fue de 32.893% a 97.73%, siendo la dosis óptima de 1.35 ml de concentración y un tiempo de sedimentación de 30 minutos; por otro lado, en la época de estiaje los porcentajes de remoción de turbiedad fue de 40% a 86.5%, siendo la dosis óptima de 0.2 ml de concentración y un tiempo de sedimentación de 60 minutos, cabe resaltar que en la época de avenida se obtuvieron mejores resultados de remoción de turbiedad.

- El tiempo de exposición a la concentración de la semilla *Moringa oleífera* apropiado para el pretratamiento de agua en cada proceso fue de 20 segundos para el proceso de mezcla rápida, 1 minuto para la floculación y finalmente para el proceso de sedimentación de 30 y 60 minutos, dichos tiempos de exposición se aplicaron en ambos escenarios, tanto de la época de avenida y época de estiaje.

- En la época de avenida, la variación de la turbidez fue de 77.6 NTU a 1728 NTU, siendo el rango de variación de 1650.4 NTU, la variación del pH fue de 7.67 a 8.14, siendo e rango de variación de 0.47, y la variación de la temperatura fue de 26.6 °C a 27.8°C, siendo el rango de variación de 1.2 °C; por otro lado, en la época de estiaje, la variación de la turbidez fue de 38.7 NTU a 126 NTU, siendo

el rango de variación de 87.3 NTU, la variación del pH fue de 7.96 a 8.1, siendo e rango de variación de 0.14, y la variación de la temperatura fue de 26.6 °C a 27.7°C, siendo el rango de variación de 1.1 °C, concluyendo que la mejor variación y remoción de turbidez se dio en la época de avenida. En la temperatura y pH se mostró una variación significativa, pero se encuentra en el rango permitido de la Normativa Nacional de calidad de agua en ambas estaciones, dado así, que el biocoagulante aplicado no presenta alteraciones a gran escala ni efectos secundarios como los coagulantes convencionales para este pretratamiento del agua.

Capítulo VII
Recomendaciones

- Se recomienda la evaluación de la efectividad del biocaogulante de la semilla *Moringa oleífera* en tratamiento de aguas marinas contaminadas, aguas residuales domésticas e industriales, ya que en el presente estudio se evaluó y determinó la efectividad del biocoagulante en aguas de río en épocas de avenida y estiaje; de esta manera se ampliará los conocimientos acerca del comportamiento y efectividad del biocoagulante en diversos casos de estudio.

- Además, se recomienda analizar los coliformes totales, nitratos, nitritos y carbono orgánico total (COT), de esta manera evaluar el nivel de afectación que produciría el uso del biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera* como pretratamiento para así poder tener una mejor evaluación de la calidad agua; puesto que, el presente estudio solo abarcó la evaluación de la turbidez, temperatura y pH.

- Finalmente, se recomienda la implementación de nuevos equipos especializados en los laboratorios de la Universidad Nacional de Moquegua, a fin de poder analizar y evaluar con mayor profundidad la calidad de agua y la aplicación de diversos métodos de tratamiento de aguas, de esta manera, se impulsará aún más la ejecución de proyectos de investigación que ayuden a encontrar la solución a los problemas de contaminación de aguas que se manifiesten a nivel local y regional.

Capítulo VIII
Referencias

Abdul Hamid, S. H., Lananan, F., Khatoon, H., Jusoh, A., & Endut, A. (2016). A study of coagulating protein of *Moringa oleifera* in microalgae bio-flocculation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 310–317. doi:10.1016/j.ibiod.2016.03.027.

Aguilar, M. (2002). Tratamiento Fisico-Quimico de aguas residuales: coagulacion-floculación. *editum*.

Ali, E. N., Muyibi, S. A., Salleh, H. M., Alam, M. Z., & Salleh, M. R. (2010). *Production of Natural Coagulant from Moringa Oleifera Seed for Application in Treatment of Low Turbidity Water. Scientific Research, 2*(3), 259-266.

Almanya, Estefanía. (2010). T*ransformación de solidos provenientes de lodos generados en el sistema de alcantarillado de Bogotá mediante la lombriz roja californiana (Eisenia Foetida)*. Universidad del bosque, Bogotá D.C.

Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua coagulación y floculación.* Lima: SEDAPAL.

Arango Mesa, S., & Ortega González, W. P. (2017). *Evaluación del extracto de semillas de Moringa oleífera como agente coagulante en el tratamiento de aguas residuales de una industria textil* [Tesis de licenciatura, Universidad EAFIT]. Repositorio institucional. Obtenido de http://hdl.handle.net/10784/12230

Arias, F. G. (2006). Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición.

Arora, P. (2017). Physical, Chemical and Biological Characteristics of Water. *ResearchGate*.

Ashfaq, M., Basra, S., & Ashfaq, U. (2012). *Moringa*: A Miracle Plant for Agro-forestry. *Journel of agriculture y social sciences*, 8(3), 115–122.

Bodlund, I. (2013). *Coagulant Protein from plant materials: Potential Water Treatment Agent.* Stockholm: Royal Institute of Technology. doi:ISBN 978-91-7501-593-4

Broncano Castillo, L. E., & Rosario Cacha, N. P. (2017). *Eficiencia del Tropaeolum Tuberosum y la cáscara de Solanum Tuberosum como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos, en el rio Llullán, provincia de Caraz, Ancash* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1976

Camilla, A., & Jonas, R. (2014). *Characterisation and removal of heavy metals in tannery effluents through the use of ocal materials* [thesis master, Uppsala universitet]. institutional repository. Obtenido de http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-239005

Campos Gomez, I. (2000). *Saneamiento Ambiental.* San José: Universidad Estatal a Distancia.

Campos, J., Colina, G., Fernández, N., Torres, G., Sulbarán, B., & Ojeda, G. (2003). *Caracterización del Agente Coagulante Activo de las Semillas de Moringa Oleífera*. Obtenido de https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/3

Carrasquero , S., Martínez, M. F., Castro, M. G., López, Y., & Colina, G. (2018). Remoción de turbidez usando semilla de Tamarindus indica como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista bases de la ciencia, 4*(1), 19-44.

Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., & Ramos Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *SCIELO, 38*(2), 298-309.

Delgadillo , O., Camacho, A., Peréz, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Cochabamba: Universidad Mayor San Simón.

Emongor, V. (2011). *Moringa* (*Moringa oleifera Lam.*): a Review. *University of Botswana*, 497--508. doi:10.17660/ActaHortic.2011.911.58

Ezhilarasi, M., & Veerasekar, N. (2014). Water treatment using *Moringa oleifera* seeds and kernals in stream water. *Internacional Journal of Research in Engineering and Technology*, 495-505.

Foidl, N., Makkar, H.P.S. and Becker, K., (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *"What Development Potential for Moringa Products?*". Tanzania. 47-67

Garcia-Fayos, B., Arnal, J., Sancho, M., & Rodrigo, I. (2016). *Moringa oleifera* for drinking water treatment: influence of the solvent and method used in oil-extraction on the coagulant efficiency of the seed extract. *Taylor & Ancis online*, 23397-23404.

Ghebremichael, K. (2004). *Moringa seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment* [Doctoral thesis, Mark och vatten]. institutional repository. Obtenido de http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-85

Guamán Santillán, C. F., & Sánchez Sancan, T. J. (2018). *Efectividad de las soluciones coagulantes a partir de la semilla de moringa oleífera en tratamiento de aguas residuales urbanas* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33218

Guzmán C., L., Taron D., A. A., & Nuñez M., A. (2015). Polvo de la semilla Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *SciELO, 13*(2), 123-129.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). Metodologia de la Investigación. ciudad de Mexico: *Interamericana Editores*. doi:ISBN: 978-607-15-0291-9.

Hildebrando Ramirez, J.J. (2015). Agentes Naturales para alternativa para el tratamiento de aguas. *Univeridad Militar Nueva Granada*. Obtenido de https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1303.

Kansal, S. K., & Kumari, A. (2014). Potential of M. oleifera for the Treatment of Water and Wastewater. *ACS Publications, 114*(9), 4993-5010. doi:DOI: 10.1021/cr400093w.

Lavagnino, He., (2016). *Eficiencia en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Rafael Landivar*. Universidad Rafael Landivar de Guatemala de la Asunción.

Melo Vargas, G. R., & Turriago Ríos, F. A. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleifera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias* [Tesis de licenciatura],. Repositorio institucional. Obtenido de https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1428.

Moreno Pérez, S. C. (2016). *Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando Opuntia ficus indica, Aloe vera y Caesalpinia spinosa* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/6854.

Moreno, R. (2010). *El agua.* Primera edición.

Muñoz Rocha, C. I. (2015). *metodologia de la investigación.* ciudad de Mexico: Editorial Progreso S.A. doi:ISBN 9786074265422.

Nordmark, B. A., Bechtel, T. M., Riley, J. K., Velegol, D., Velegol, S. B., Przybycien, T. M., & Tilton, R. D. (2018). *Moringa oleifera* Seed Protein Adsorption to Silica: Effects of Water Hardness, Fractionation, and Fatty Acid Extraction. *ACS Publications, 34*(16), 4852-4860. doi:DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b00191.

OMS. (2011). *Guía para la calidad del agua de consumo humano.* Suiza: WHO Graphics.

Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2006). ONU d*estaca la importancia del agua en la cultura*. Obtenido de https://news.un.org/es/story/2006/03/1075461

Peddi, B. (2018). *Moringa* leaf concentrate (MLC) and *moringa* leaf powder (MLP): a comparative study. Nicaragua: *Ghent University*.

Prensa Regional. (2019). Emergencia en Ilo: Río Osmore arrasa con el valle del Algarrobal. Obtenido de https://prensaregional.pe/emergencia-en-ilo-rio-osmore-arrasa-con-el-valle-de-el-algarrobal/

Quispe Jiménez, H. G. (2012). *Aplicación del mucílago extraído de nopal (opuntia ficus-índica) en la clarificación del agua del río Uchusuma* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/573.

Ramakwala, C. C. (2016). *Methodology development of Quality control, Quality assurance and standards for Moringa oleifera seeds using Liquid chromatography*[thesis masters, University of south Africa]. Sudáfrica. Obtenido de http://hdl.handle.net/10500/22401.

Ramírez Ramírez, L. I. (2019). *Evaluación de semillas de tamarindo (Tamarindus indica) como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17855.

Rodriguez, R. (2017). *Fundamento de la Quimica General: Disoluciones, propiedades coligativas y gases ideales.* Santa Elena: UPSE.

Sáenz Tahua, W. S. (2015). *Utilización de la semilla natural Moringa Oleífera como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash* [Tesis de licenciatura,

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1692.

Sandoval Arreola, M. M., & Laines Canepa, J. R. (2013). *Moringa oleifera* una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería, 13*(2), 93-101.

Shan, T. C., Matar, M. A., Makky, E. A., & Ali, E. N. (2017). The use of *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal. *Jokull journal, 64*(7), 188-200.

Siangsanun, V. (2010). *Hibrid process: hydrocyclone, coagulation, flocculation and flotation in water treatment process* [Theses doctorat, Université de Toulousé]. Electronic Thesis or Dissertation. Obtenido de http://www.theses.fr/2010ISAT0019/document.

Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M., Kanayathu, K. (2011). *Moringa oleífera and other local sedes in water purification in developing countries*. Research Journal of Chemistry and Environment. https://www.researchgate.net/publication/255484408.

Soto, A. (2000). Coagulación y floculación de contaminantes de agua. *Revista ciencia abierta educación N° 4*. Universidad de Chile, Santiago.

Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, S., & Herrera, O. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando. *ION*, 17-34.

Tumbaco Talledo, D. M., & Acebo Mite, k. M. (2018). *Eficiencia de biocoagulante a base de semilla de Moringa oleifera para aplicacion de tratamiento de agua usando como fuente de captación el rio Guayas* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27909.

Urquía Collantes, K. (2017). *Eficiencia de la Opuntia Ficus-Indica frente a la Moringa Oleífera, en el tratamiento de aguas del Río Huaycoloro, SJL-*

2017 [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional, Lima. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/10877

Villanueva Vargas, J. F. (2016). *La gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del río Lurín en el marco de la creación del Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chillón, Rimac, Lurín* [Tesis de Maestria. Pontifícia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12404/7159.

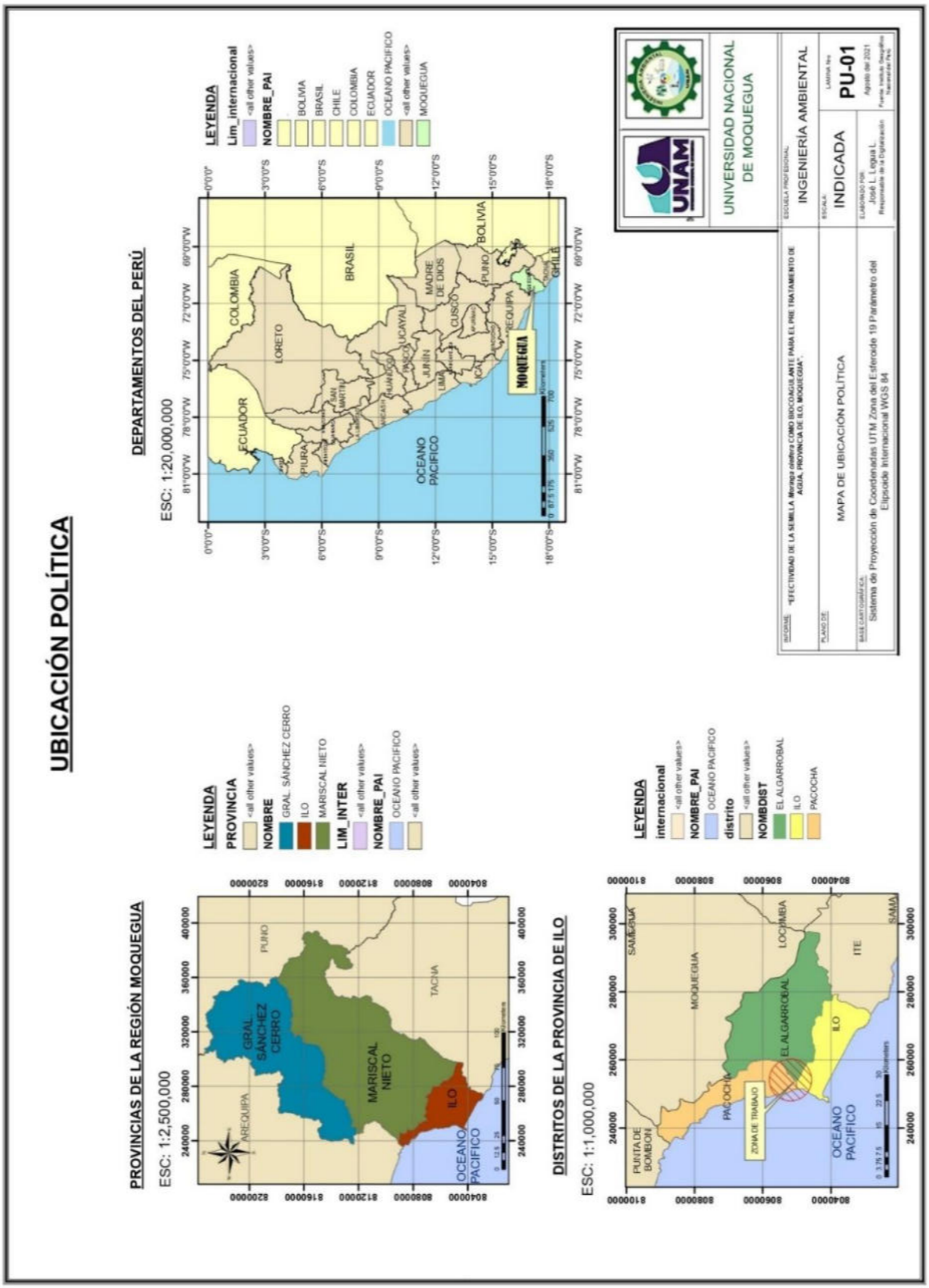
Walpole, R., Myers , R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* Pearson Educación de México. doi:ISBN: 978-607-32-1417-9.

Capítulo IX

Anexos

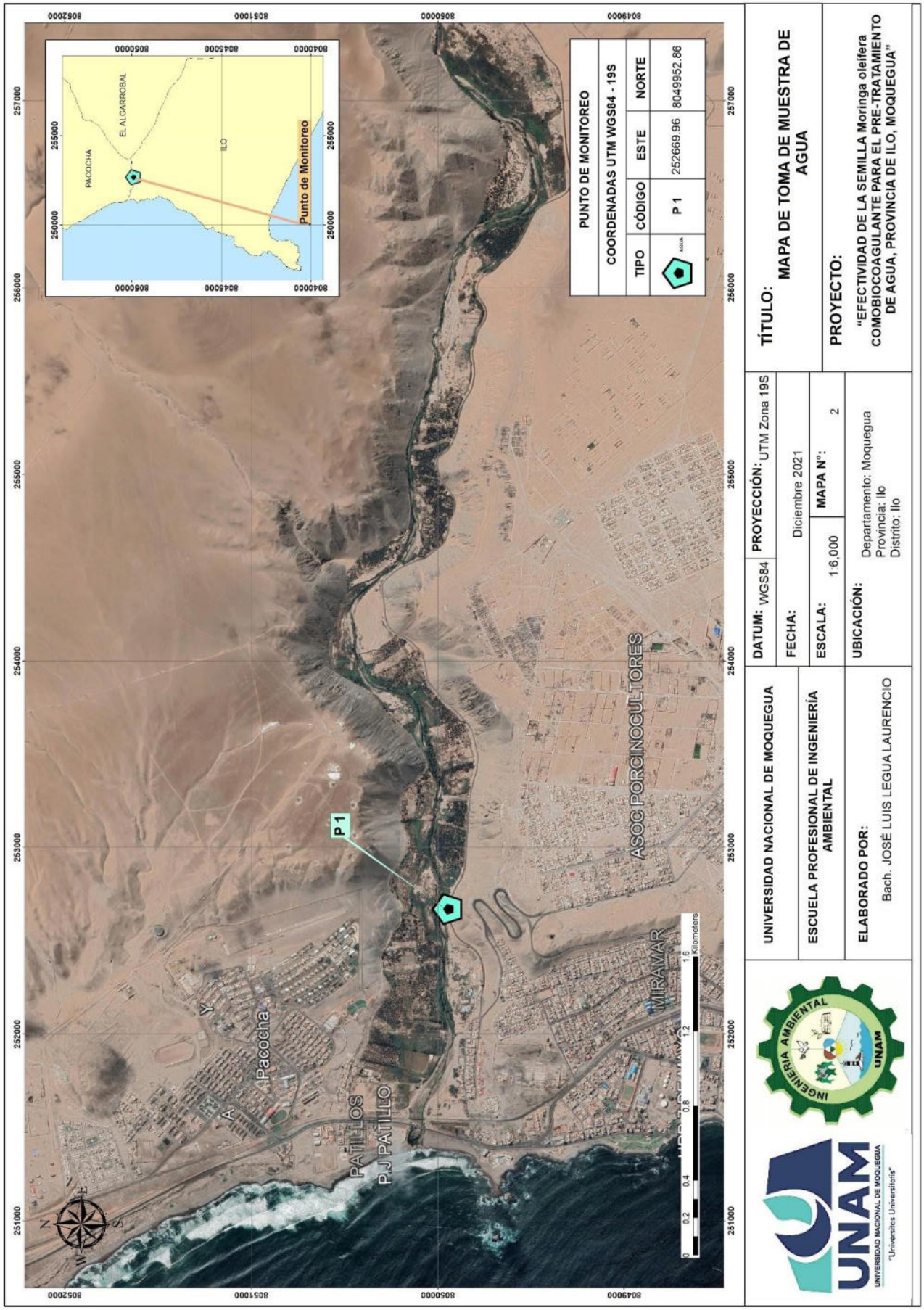
Anexo 1

Mapa de Ubicación Política



Anexo 2

Mapa de recolección de muestra agua.



Anexo 3

Informe de análisis de composición proximal de la semilla Moringa oleífera.

UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

Laboratorio de Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE:	**22539-20**
CLIENTE:	JOSE LUIS LEGUA LAURENCIO
DIRECCIÓN:	AREQUIPA.
ENSAYO SOLICITADO:	ANÁLISIS FISICO QUIMICO
PRODUCTO	MUESTRA SECA DE MORINGA
CANTIDAD DE MUESTRA	01
FECHA DE RECEPCION:	Jueves, 26 de febrero de 2020
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:	BOLSA DE PLASTICO CON CIERRE HERMÉTICO
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	Miércoles, 05 de marzo del 2020
REFERENCIA	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	ILO
CÓDIGO DE MUESTRA	28637

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 2

Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

Laboratorio de
Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 22539-20

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Humedad	%	5,68	Método NTP 209.085
Cenizas	%	3,98	Método 2.173 de la AOAC
Grasa	%	35,37	Método NTP 209.093
Proteínas (X 6,25)	%	38,46	Método 2.057 de la AOAC
Fibra	%	3,06	Método NTP 209.074
Carbohidratos	%	13,45	Método 31.043 de la AOAC
Energía	Kcal/100 g	532,09	Por Cálculo
OBSERVACIONES:			

Emitido en Arequipa, el 04 de marzo de 2020.

Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP – 348

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CS. NATURALES Y FORMALES
UNIDAD DE PRODUCCIÓN SERVILAB

Lic. Fredy Valdivia Peña
Químico Responsable
RCQP - 842

Av. Independencia s/n Arequipa - Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso
Teléfono (054) 220360 / E-mail: fcnf_labinvserv@unsa.edu.pe

Anexo 4

Autorización para uso de laboratorio de química.



UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

COORDINACIÓN
FILIAL ILO

REG. SIGEUN N°..... 1440

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

MEMORANDUM Nº 001 -2021/COORD-UNAM / FILIAL ILO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
RECIBIDO
11 ENE. 2021
Hora 10:43 N° Reg 1440
Firma Folios 20
ESC. PROF. INGENIERÍA AMBIENTAL

A	:	Dr. MILKO RAÚL RIVERA CAMPANO Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
DE	:	MSC. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA Coordinador de la UNAM Filial Ilo
ASUNTO	:	AUTORIZACIÓN PARA USO DE LABORATORIO DE QUIMICA
REFERENCIA	:	Informe N° 001-PRCG/2021/UNAM
FECHA	:	Ilo, 11 de enero del 2021

Por medio del presente, en atención al documento de la referencia presentado por la Servidora Pamela Choque Galindo-Técnico de Laboratorios de Ciencias Básicas, en el cual informa sobre el uso del laboratorio de Química solicitado mediante Informe N° 585-2020-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO, siendo el horario de 08:00 a.m. a 01:00 p.m., asimismo deberá pasar por el área de salud para el tamizaje respectivo y control de sintomatología antes del ingreso. Se adjunta Protocolo de bioseguridad para cumplimiento de todos los usuarios.

Atentamente,

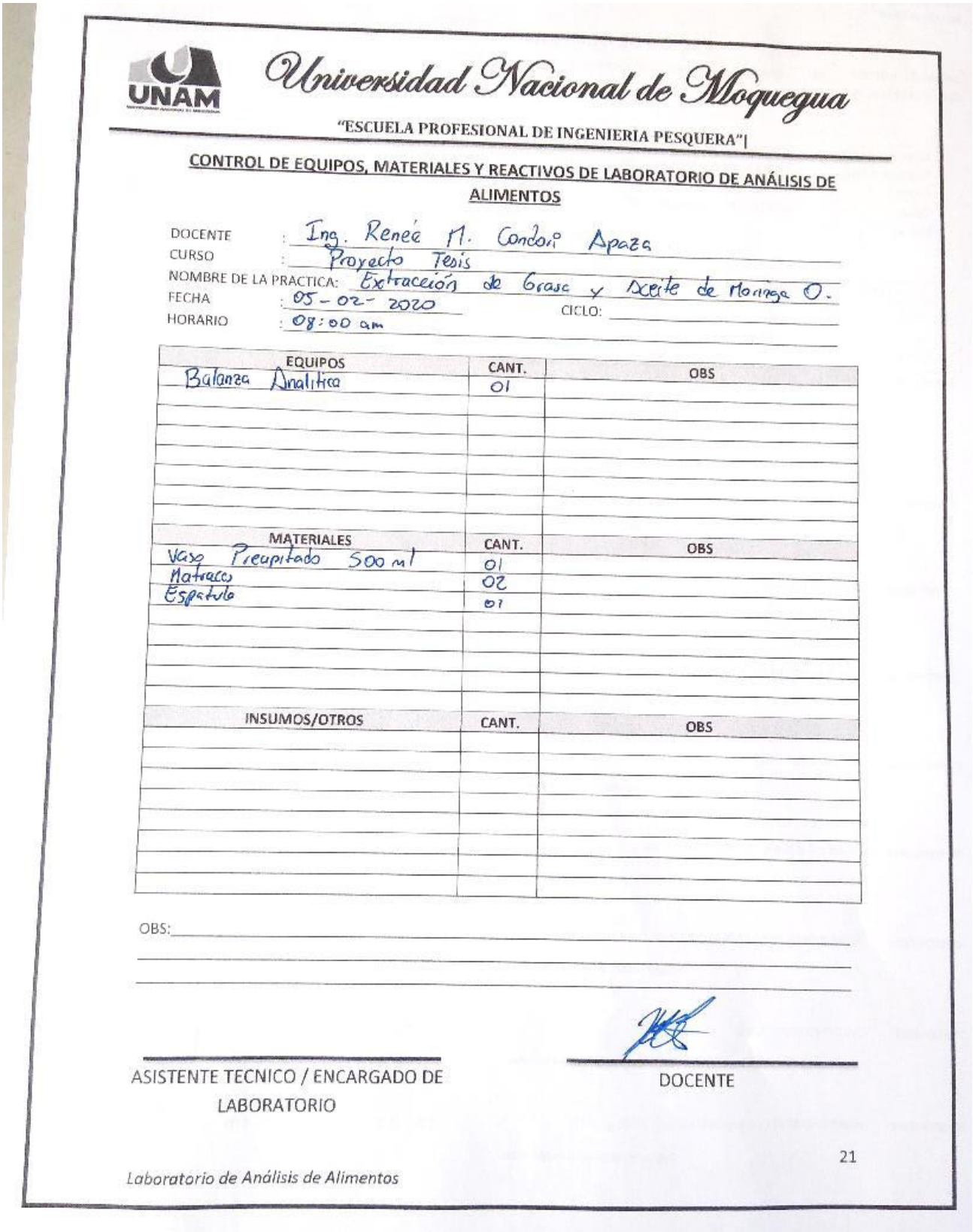
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
OFICINA DE COORDINACIÓN FILIAL ILO

MSc. RODOLFO R. SANCHEZ VALENCIA
COORDINADOR- UNAM FILIAL ILO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Proveído No. Folio..... Fecha.....
Pase Solicitante y Asesor
(Jaw Ingra Lourdes)
Para Conocimiento y
cumplimiento de protocolo.

Anexo 5

Registro de ingreso a laboratorio química básica.



UNAM

Universidad Nacional de Moquegua

"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA PESQUERA"

CONTROL DE EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

DOCENTE : Ing. Renée M. Condori Apaza
CURSO : Proyecto Tesis
NOMBRE DE LA PRACTICA: Extracción de Grasa y Aceite de Moringa O.
FECHA : 05-02-2020 CICLO:
HORARIO : 08:00 am

EQUIPOS	CANT.	OBS
Balanza Analitica	01	

MATERIALES	CANT.	OBS
Vaso Precipitado 500 ml	01	
Matraces	02	
Espatula	01	

INSUMOS/OTROS	CANT.	OBS

OBS:

ASISTENTE TECNICO / ENCARGADO DE LABORATORIO

DOCENTE

21

Laboratorio de Análisis de Alimentos

Anexo 6

Valores críticos de la distribución F (0.05).

Cátedra: Probabilidad y Estadística
Facultad Regional Mendoza
UTN

Tabla D.9: VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN F (0,05)

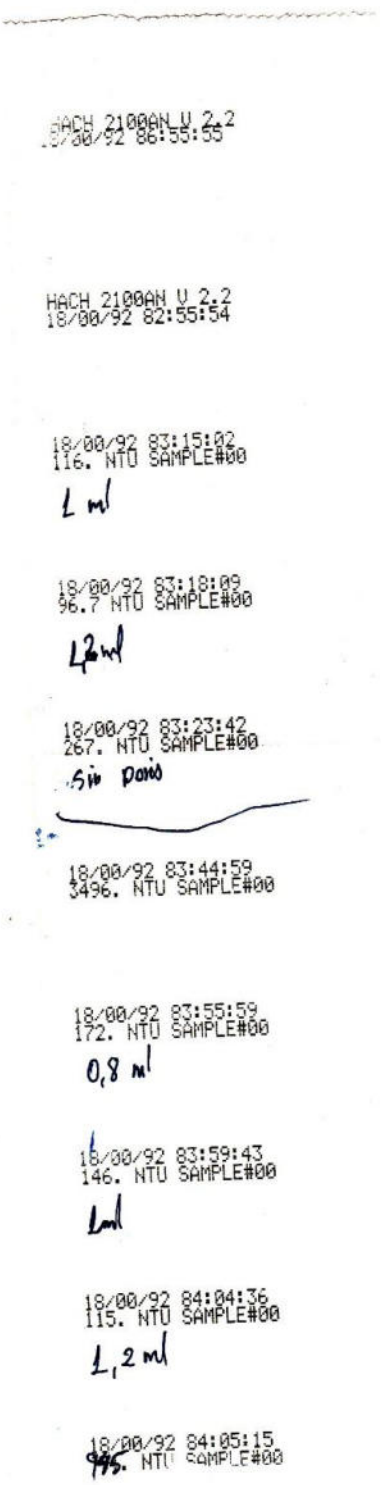
área a la derecha del valor crítico = 0,05

Grados de libertad del Denominador

g.d.l	Grados de libertad del Numerador													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	g.d.l
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0	243,9	244,7	245,4	245,9	1
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371	19,385	19,396	19,405	19,413	19,419	19,424	19,429	2
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,763	8,745	8,729	8,715	8,703	3
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,936	5,912	5,891	5,873	5,858	4
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,772	4,735	4,704	4,678	4,655	4,636	4,619	5
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,027	4,000	3,976	3,956	3,938	6
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,603	3,575	3,550	3,529	3,511	7
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438	3,388	3,347	3,313	3,284	3,259	3,237	3,218	8
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,102	3,073	3,048	3,025	3,006	9
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,020	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	10
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	11
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,717	2,687	2,660	2,637	2,617	12
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	13
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	14
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,707	2,641	2,588	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	15
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	16
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	17
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,374	2,342	2,314	2,290	2,269	18
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,340	2,308	2,280	2,256	2,234	19
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,310	2,278	2,250	2,225	2,203	20
21	4,325	3,467	3,072	2,840	2,685	2,573	2,488	2,420	2,366	2,321	2,283	2,250	2,222	2,197	2,176	21
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,259	2,226	2,198	2,173	2,151	22
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,236	2,204	2,175	2,150	2,128	23
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,216	2,183	2,155	2,130	2,108	24
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	25
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,265	2,220	2,181	2,148	2,119	2,094	2,072	26
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,166	2,132	2,103	2,078	2,056	27
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,151	2,118	2,089	2,064	2,041	28
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,138	2,104	2,075	2,050	2,027	29
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	30
31	4,160	3,305	2,911	2,679	2,523	2,409	2,323	2,255	2,199	2,153	2,114	2,080	2,051	2,026	2,003	31
32	4,149	3,295	2,901	2,668	2,512	2,399	2,313	2,244	2,189	2,142	2,103	2,070	2,040	2,015	1,992	32
33	4,139	3,285	2,892	2,659	2,503	2,389	2,303	2,235	2,179	2,133	2,093	2,060	2,030	2,004	1,982	33
34	4,130	3,276	2,883	2,650	2,494	2,380	2,294	2,225	2,170	2,123	2,084	2,050	2,021	1,995	1,972	34
35	4,121	3,267	2,874	2,641	2,485	2,372	2,285	2,217	2,161	2,114	2,075	2,041	2,012	1,986	1,963	35
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	40
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,952	1,917	1,887	1,860	1,836	60
80	3,960	3,111	2,719	2,486	2,329	2,214	2,126	2,056	1,999	1,951	1,910	1,875	1,845	1,817	1,793	80
90	3,947	3,098	2,706	2,473	2,316	2,201	2,113	2,043	1,986	1,938	1,897	1,861	1,830	1,803	1,779	90
100	3,936	3,087	2,696	2,463	2,305	2,191	2,103	2,032	1,975	1,927	1,886	1,850	1,819	1,792	1,768	100
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,910	1,869	1,834	1,803	1,775	1,750	120
inf.	3,841	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,789	1,752	1,720	1,692	1,666	inf.

Anexo 7

Datos resultados emitido por el equipo turbidímetro.



Anexo 8

Panel de fotografías

Figura 21

Recolección de muestra de agua de rio Osmore



(a)



(b)

Figura 22

Peso de la semilla Moringa oleífera en polvo sin desgrasar

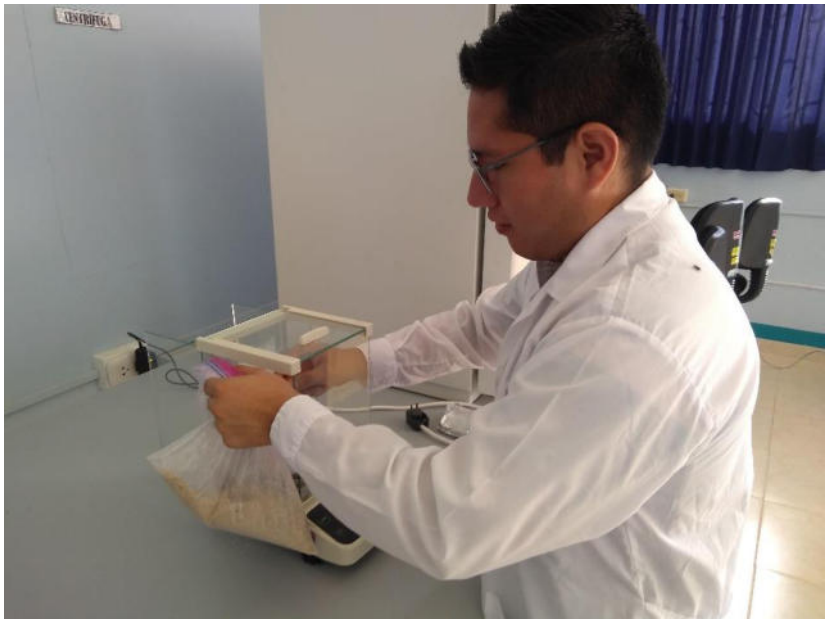


Figura 23

Proceso de desgrasamiento con solvente de la semilla Moringa oleífera



Figura 24

Verificación del proceso de filtrado de aceite y grasas



Figura 25

evaluación del secado de la semilla Moringa oleífera desgrasada



Figura 26

Análisis y recolección de datos de turbiedad en aguas



Figura 27

Análisis y recolección de datos de pH y temperatura en aguas tratadas



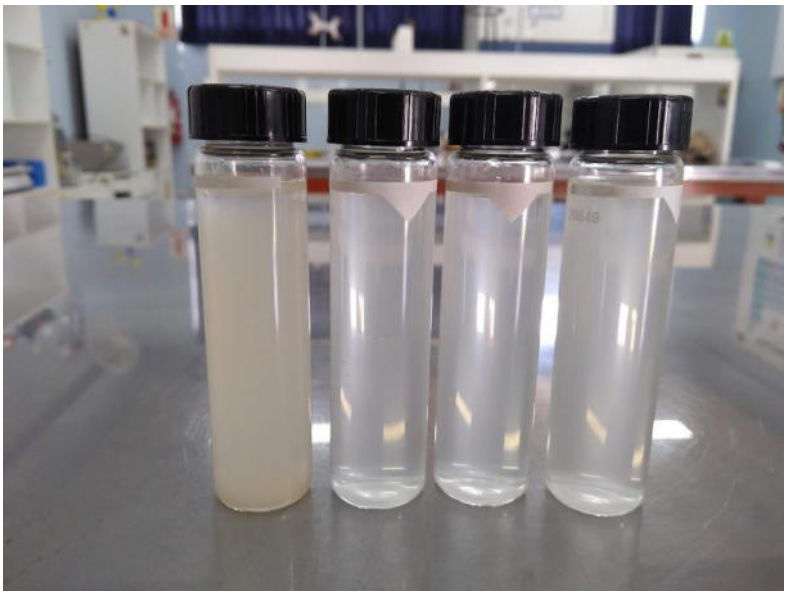
Figura 28

Aguas tratadas a base de la semilla Moringa oleífera



Figura 29

Muestras de aguas tratadas



FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: José Luis Legua Laurencio
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 70197135
Correo electrónico	: jose.legua.95@gmail.com
Teléfono/Celular	: 965357899

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis **(X)**
b) Trabajo de Investigación **( )**
c) Trabajo de suficiencia profesional **( )**
d) Trabajo académico **( )**

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: "EFECTIVIDAD DE LA SEMILLA *Moringa oleífera* COMO BIOCOAGULANTE PARA EL PRE -TRATAMIENTO DE AGUA, PROVINCIA DE ILO, MOQUEGUA".
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.00 – Ingeniería Ambiental
c) Fecha de publicación : 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Dr. Milko Raúl Rivera Campano
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29414070
c) ORCID : 0000-0002-4313-037X

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 70197135
NOMBRES Y APELLIDOS : José Luis Legua Laurencio

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....



DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 70197135
NOMBRES Y APELLIDOS : José Luis Legua Laurencio
FECHA : 18 de Marzo del 2022