

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**“SUSTITUCIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO POR POLVO DE SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL RÍO UCAYALI”**

***TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL***

**Presentado por:**

PAZ HERNANDEZ, Christian.  
VARGAS LA TORRES, Silvia Sofía

**ASESOR:**

Dr. Boris Mirko Chavez Cabellos

**Yarinacocha – Perú**

**2023**

## ANEXO 16: ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En los ambientes del Auditorio blanco de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, ubicado en el distrito de Yarinacocha, provincia de coronel Portilla, Región de Ucayali, siendo las 11:30 am horas del día viernes 22 de diciembre del año 2023, se reunió el Jurado de Tesis presidido por el Mg. **José Flores Flores**, teniendo como miembros al **Mg. Vitelio Asencio Tarazona** y a la **Mg. Iris Olivia Ruiz Yance**, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de la tesis Titulado: **"SUSTITUCION DE SULFATO DE ALUMINIO POR POLVO DE SEMILLA DE MORINGA (Moringa olifera) EN EL PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUA DEL RIO UCAYALI"**, cuya responsabilidad corresponde al bachiller en ingeniería agroindustrial; **PAZ HERNANDEZ CHRISTIAN Y VARGAS LA TORRE SILVA SOFIA**, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero agroindustrial.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

JURADOS EVALUADORES		NOTA
Presidente	Mg. Jose Flores Flores	<u>21</u>
Miembro	Mg. Vitelio Asencio Tarazona	<u>21</u>
Miembro	Ing. Iris Olivia Ruiz Yance	<u>21</u>
PROMEDIO		<u>21</u>

El Jurado después de deliberar y calificar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizo el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Aprobado asignándole un calificativo de Veinte y uno (21) puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Intercultural de la Amazonia.

Siendo las 1:30 pm horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

Mg. José Flores Flores. <b>PRESIDENTE</b>	Mg. Vitelio Asencio Tarazona <b>MIEMBRO</b>	Mg. Iris Olivia Ruiz Yance. <b>MIEMBRO</b>
		



*"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"*

## CONSTANCIA

N°041 - 2023

**ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN**

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

**SUSTITUCIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO POR POLVO DE SEMILLA  
DE MORINGA (Moringa oleífera) EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN  
DE AGUA DEL RÍO UCAYALI.**

Cuyos autores son : PAZ HERNANDEZ, CHRISTIAN.

VARGAS LA TORRE, SILVIA SOFIA.

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES


Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL


Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de **similitud de 19%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que Si se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 05/06/2024

 UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL  
DE LA AMAZONÍA UCAYALI

  
Dr. Mariano Magdaleno Mendoza Carlos  
DIRECTOR DE BIBLIOTECA CENTRAL

*La primera universidad intercultural del Perú*



 biblioteca\_central@unia.edu.pe

 www.unia.edu.pe

 arretera a San José 0.63 Km. Yarinacocha - Ucayali - Perú

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de tesis a Dios, a nuestros padres, hermanos e hijos; a Dios porque ha estado con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortalezas para continuar, a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar y educación siendo nuestros apoyos y en todo momento y por ellos somos quienes somos hasta ahora, a nuestros hermanos por su apoyo incondicional y a nuestros hijos por la motivación para ser mejores personas y a nuestros jurados por enseñarnos el verdadero sentido del empeño.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por estar con nosotros en cada momento; en segundo lugar, a nuestros padres, hermanos, amigos, por brindarnos sus fuerzas y apoyo incondicional, que ayudaron al desarrollo de este proyecto.

Un agradecimiento especial al Ing. Dr. Boris Mirko Chávez Cabellos, por el asesoramiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

De igual manera agradecemos a:

Blga. Diana Castillo Llanos por su apoyo incondicional, durante la ejecución y desarrollo de este proyecto de tesis.

## ÍNDICE

	Pg.
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCION.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Bases Teóricas.....	144
2.3. Definición de términos.....	30
III. MÉTODOS.....	32
3.1 Toma de muestras en el río Ucayali.....	32
3.2 Descripción del proceso de obtención del polvo de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).....	33
3.3 Descripción del proceso de potabilización del agua.....	34
3.4 Evaluación de la eficiencia de la Moringa.....	35
3.5 Evaluación de las características físico químicas.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	377
4.1 Resultados Generales.....	377
4.2 Análisis de resultados para determinar el efecto clarificante del polvo de Moringa en la floculación del agua del río Ucayali.....	40
4.2.1 Sólidos disueltos.....	40
4.2.2 Turbidez.....	45
4.3 Características fisicoquímicas del agua tratada con polvo de Moringa.....	49
4.3.1 Conductividad.....	49
4.3.2 pH.....	53
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	62
VIII. ANEXOS.....	666

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pg.
Cuadro 1 Composición química de la moringa.....	16
Cuadro 2 Límites máximos permicibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua .....	25
Cuadro 3 Resumen en promedio para resultados físico-químicos de agua tratada y sin tratar con <i>Moringa oleifera</i> en polvo para el río Ucayali - L1 .....	37
Cuadro 4 Resumen en promedio para resultados físico-químicos de agua tratada y sin tratar con <i>Moringa oleifera</i> en polvo para el río Ucayali - L2 .....	38
Cuadro 5 Resumen en promedio para resultados físico-químicos de agua tratada y sin tratar con <i>Moringa oleifera</i> en polvo para el río Ucayali - L3 .....	39
Cuadro 6 Resumen total en promedio para resultados físico-químicos de agua tratada con tres tratamientos de <i>Moringa oleifera</i> en polvo para tres lugares según método de toma de muestra .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1 Diagrama de flujo para la obtención del polvo de la Moringa Oleifera .....	34
Figura 2 Proceso de potabilización del agua .....	35
Figura 3 Resultados en promedio de análisis fisicoquímico para lugar 1 .....	38
Figura 4 Resultados en promedio de análisis fisicoquímico para lugar 2 .....	39
Figura 5 Resultados en promedio de análisis fisicoquímico para lugar 3 .....	40
Figura 6 Resultados de sólidos disueltos para el tratamiento 1 .....	41
Figura 7 Resultados de sólidos disueltos para el tratamiento 2 .....	42
Figura 8 Resultados de sólidos disueltos para el tratamiento 3 .....	42
Figura 9 Resumen de resultados para sólidos disueltos .....	43
Figura 10 Resultados de turbiedad para el tratamiento 1 .....	45
Figura 11 Resultados de turbiedad para el tratamiento 2 .....	46
Figura 12 Resultados de turbiedad para el tratamiento 3 .....	47
Figura 13 Resumen de resultados para turbidez .....	47
Figura 14 Resultados de conductividad para el tratamiento 1 .....	50
Figura 15 Resultados de conductividad para el tratamiento 2 .....	50
Figura 16 Resultados de conductividad para el tratamiento 3 .....	51
Figura 17 Resumen de resultados para conductividad .....	52
Figura 18 Resultados de pH para el tratamiento 1 .....	54
Figura 19 Resultados de pH para el tratamiento 2 .....	55
Figura 20 Resultados de pH para el tratamiento 3 .....	55
Figura 21 Resumen de resultados para pH .....	56



## RESUMEN

Se utilizaron en el estudio tres tratamientos para cada muestra:  $T_1=20\text{g}$  de polvo de semilla/L de agua,  $T_2=30\text{g}$  de polvo de semilla/L de agua y  $T_3=40\text{g}$  de polvo de semilla/L de agua, con el objetivo de conocer la idoneidad del polvo de Moringa en la potabilización del agua siguiéndose el modelo de potabilización de la empresa EMAPACOP S.A, evaluándose la conductividad, sólidos disueltos totales, turbidez y pH. Los resultados para los tres tratamientos mostraron en promedio; Tratamiento 1: conductividad:  $482.13\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales:  $329.46\ \text{mg}/\text{L}$ , turbidez:  $7.9\ \text{UNT}$  y pH:  $7.02$ ; Tratamiento 2: conductividad:  $532.50\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales:  $349.65\ \text{mg}/\text{L}$ , turbidez:  $8.52$  y pH:  $7.01$ ; Tratamiento 3: conductividad:  $503.49\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales:  $347.75$  y pH:  $6.99$ . La comparación de resultados con los valores de los límites máximos permisibles tipificadas en las Normas Técnicas Peruanas y la OMS; demostraron que, los sólidos disueltos totales del agua tratada con el polvo de moringa alcanzan un promedio muy por debajo de límites estipulados; por otro lado se reveló que la turbidez alcanzada en los diferentes tratamientos no es la adecuada para agua potable, ya que la OMS recomienda un máximo de  $5\ \text{UNT}$ ; el estudio también mostró que el polvo de moringa tiene efectos positivos en las características físicas del agua como en la conductividad y el pH; estableciendo así que el polvo de semilla de moringa es más efectivo en mejorar los diferentes parámetros físicos como el pH y la conductividad, que los químicos como la turbidez.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, agua potable.

## ABSTRACT

Three treatments were used in the study for each sample: T1 = 20g of seed powder / L of water, T2 = 30g of seed powder / L of water and T3 = 40g of seed powder / L of water, with the objective to know the suitability of Moringa powder in water purification, following the purification model of the EMAPACOP S.A company, evaluating conductivity, total dissolved solids, turbidity and pH. The results for the three treatments showed on average; Treatment 1: conductivity: 482.13  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , total dissolved solids: 329.46 mg / L, turbidity: 7.9 NTU and pH: 7.02; Treatment 2: conductivity: 532.50  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , total dissolved solids: 349.65 mg / L, turbidity: 8.52 and pH: 7.01; Treatment 3: conductivity: 503.49  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , total dissolved solids: 347.75 and pH: 6.99. The comparison of results with the values of the maximum permissible limits typified in the Peruvian Technical Standards and the WHO; showed that the total dissolved solids of the water treated with moringa powder reach an average well below stipulated limits; on the other hand, it was revealed that the turbidity achieved in the different treatments is not adequate for drinking water, since the WHO recommends a maximum of 5 NTU; the study also showed that moringa powder has positive effects on the physical characteristics of water such as conductivity and pH; thus establishing that moringa seed powder is more effective in improving different physical parameters such as pH and conductivity, than chemicals such as turbidity.

Keywords: *Moringa oleifera*, drinking water.

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática del agua es un tema crucial a nivel mundial, y es fundamental abordarla adecuadamente para garantizar el acceso a agua potable segura y la preservación de los recursos hídricos. Bajo el contexto específico, el reemplazo del sulfato de aluminio por polvo de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*) en el proceso de potabilización del agua del río Ucayali es una propuesta interesante y relevante; causando un gran impacto en la sostenibilidad ambiental, ya que el uso de polvo de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante es una opción más amigable con el medio ambiente en comparación con el sulfato de aluminio. La sustitución puede contribuir a la reducción de productos químicos dañinos en el proceso de tratamiento de agua y minimizar el riesgo de contaminación; puesto que eliminando el sulfato de aluminio, que puede tener efectos negativos en la salud humana, es una ventaja adicional. La salud de las comunidades que dependen del agua del río Ucayali se vería beneficiada si se adoptara una alternativa más segura.

Es importante realizar una investigación exhaustiva y pruebas piloto para garantizar la eficacia y la seguridad de la nueva técnica. Deben evaluarse los resultados de clarificación del agua y la eliminación de sólidos en suspensión, así como la viabilidad de su implementación a gran escala. Además de los beneficios ambientales y de salud, es importante evaluar la viabilidad económica de la sustitución. Esto incluye el costo de producción y el acceso a las semillas de Moringa, así como los costos de operación y mantenimiento a largo plazo.

En resumen, la propuesta de sustituir el sulfato de aluminio por polvo de semillas de Moringa en el proceso de potabilización del agua es una iniciativa importante que busca abordar problemas de salud y ambientales. Sin embargo, es esencial llevar a cabo un estudio completo para evaluar su eficacia y viabilidad en el contexto específico del río Ucayali, así como para asegurarse de que cumple con patrones de calidad del agua implantados por las autoridades nacionales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes.

Según Casas D. *et al.*, (2014). Publicaron los resultados de su investigación llamada: Utilización de Tuna (*opuntia ficus-indica*) para coagulante natural para el tratamiento de agua cruda. En este estudio evaluaron el efecto clarificador de la tuna (*opuntia ficus-indica*) y el sulfato de aluminio en la clarificación de las aguas del río Magdalena en Magangué, departamento de Bolívar (Colombia); como coagulante. Como resultado se puede concluir indican que el tratamiento del agua apta para el consumo humano utiliza productos químicos como el sulfato de aluminio para eliminar coloides y la materia orgánica, optimizando así la calidad del agua. Sin embargo, las altas concentraciones de residuos de aluminio en el agua potable afectan a la salud humana, por lo que se deben desarrollar coagulantes alternativos, ambientalmente aceptables para reemplazarlos. Finalmente, el mucilago obtenido de la tuna, demostró ser efectivo como coagulante natural. Teniendo presente que, en aguas ligeramente turbias, la velocidad de agitación afectara el efecto clarificador, ya que dispersa las partículas aumentando la eficiencia del proceso clarificador.

Para aclarar las aguas del río Magdalena en Magangué, departamento de Bolívar (Colombia), se analizaron las características coagulantes de la tuna (*opuntia ficus-indica*) y el alumbre. “Finalmente, el mucilago de la tuna *opuntia ficus-indica* funciona como un coagulante natural. Teniendo en cuenta que la velocidad de agitación en aguas poco turbias afecta la acción del clarificante porque logra llegar a las partículas más dispersas, lo que aumenta la eficacia del proceso”.

El tipo de coagulante influyó en la clarificación del agua, según un análisis estadístico (ANOVA). Pero su agitación y concentración no lo hicieron. Por lo tanto, se logró la mayor eficacia en la floculación del agua con alumbre (99,80%), mientras que con *Opuntia* la eliminación fue menor (93,25%).

“Los investigadores descubrieron que el mucilago del nopal *Opuntia ficusindica* reduce la turbidez del agua del río Magdalena, pero con una diferencia del 6.55% en comparación con el alumbre”. (Olivero, R. *et al.*, 2013)

Para Álvarez, T., Aguilar F. (2017). En su investigación: “Uso de la semilla de tamarindo (TAMARINDUS INDICA) como coagulante orgánico para la remoción de turbiedad y color en el agua para potabilización”. Evaluaron el comportamiento que tienen las semillas de tamarindo, respecto de la floculación de aguas con alta turbidez. Asimismo, realizaron pruebas a escala de laboratorio, utilizando agua proveniente del grifo como agua de dilución para preparar de las muestras con valores de turbidez de 100, 200, 300 y 350 UNT, utilizando diferentes cantidades de tamarindo 61,83; 74,19; 86,56; 98,93 y 111,3

ppm, siendo la cantidad óptima 61,83 ppm (100 y 200 UNT), 86,56 ppm (300 UNT) y 74,19 ppm (350 UNT). Los resultados muestran la eficacia del coagulante, y los porcentajes de remoción de turbiedad después del tratamiento oscilan entre 72,45% y 89,09% para cantidades óptimas, antes filtración; y entre 98,78% y 99,71%, después del proceso de filtración. La colorimetría antes de filtrado esta entre 120 y 266 UC y color después del filtrado esta entre 30 y 40 UC. Hubo ligeros cambios en el pH y la alcalinidad. Estos resultados afirman que el uso del tamarindo como floculante en el tratamiento de aguas es factible como alternativa a productos químicos como el sulfato de aluminio.

Según Sandoval M; Laines J. (2013). "En su investigación denominada: *Moringa oleifera* una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales". Compararon la eficiencia de coagulación de tres soluciones derivadas de las semillas de *Moringa Oleífera* y el sulfato de aluminio mediante prueba del frasco. El estudio inicio con la cantidad óptima de sulfato de aluminio, como parámetro comparativo para determinar la eficiencia de remoción de los coagulantes naturales y su efecto en las propiedades del agua purificada. se tomaron muestras de agua del río Samaria en la planta de tratamiento el Manguito, Nacajuca, Tabasco, México. La remoción de turbidez (95.60%) y color (98.32%), fue mayor en el agua tratada con sulfato de aluminio seguida por la solución de Moringa tratada con NaCl. El tratamiento con moringa, por otro lado, no cambia la composición química del agua purificada. En cuanto a la solución de *Moringa oleifera*, la eficiencia de eliminación de la turbidez fue mayor cuando la solución de NaCl (92.03%) y agua de mar (90.72%) que cuando se usó agua destilada como disolvente (56.02%), porque la presencia de iones aporta más proteínas solubles, responsable de la coagulación. Aunque, el sulfato de aluminio coagulo mejor, la turbidez y el color de solución salinas con Moringa se mantuvo a los valores específicos en la Reglamentación Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Sin embargo, Parra, Y. *et al*, (2011). En su estudio: Clarificación de aguas de alta turbidez empleando el mucílago de *Opuntia wentiana (britton & rose) / (cactaceae)*, la efectividad de un coagulante derivado de la tuna *Opuntia wentiana (Britton & Rose)* para el tratamiento del agua. Para ello, se tomaron muestras de agua cruda natural en la planta de tratamiento Pueblo Viejo (Estado Zulia, Venezuela) y se creó una muestra de agua con una turbidez inicial de 100, 120, 160, 180 y 200 UNT a partir de estas aguas diluidas. Se utilizaron diferentes dosis de coagulantes naturales (300, 400, 500, 600 y 700 ppm) para tratar estas aguas. Se analizaron el pH, la turbidez, el color y la alcalinidad de agua cruda y purificada. El % de remoción de turbidez antes de la simulación de filtración fue del 85,25% al 94,84% y después de la simulación de filtración del 91,82% al 98,34%.

Estos hallazgos demostraron que los coagulantes derivados de *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) son efectivos para clarificar el agua.

Para Gómez, K. (2010). Publicó los resultados de su investigación: “Eficiencia del coagulante de la semilla de *Moringa oleifera* en el tratamiento de agua con baja turbidez”. Utilizó los principios de la prueba de jarras con extractos de semillas cosechadas en las regiones sur de Honduras para determinar la adición de NaCl, la existencia de cáscara (Cc) y la dosis para determinar si existe una relación entre la efectividad del coagulante para minimizar la turbidez y estas variables en el tratamiento utilizado en la prueba de coagulación. La prueba estadística H Kruskal Wallis se utilizó para analizar los datos y la regresión lineal se utilizó para decidir las variables que influyen la capacidad del coagulante. Se ha encontrado que la extracción de coagulantes de la semilla de marango es factible para el tratamiento de agua de baja turbidez. Sin embargo, la evaluación mostro que el tratamiento fue optimo con la aplicación de semilla con cáscara agregando junto con la de NaCl (CcNaCl) a una cantidad de 25 mL/L la cual tuvo una efectividad de 69%. Se encontró que las variables que determinan la efectividad eran la presencia de NaCl y la cantidad de moringa. Se encontró que la presencia del NaCl mejora la coagulación de *moringa olifeira*, ya que el resultado más óptimo se obtuvo en el tratamiento que contienen NaCl y el ingrediente activo de moringa olifeira a que NaCl fue beneficioso para la solubilidad de la proteína y la función de coagulación. Características en aguas turbias crea una mayor superficie de contacto y reduce la turbidez. Finalmente se encontraron alternativas de costo bajo para la extracción de coagulantes de Moringa para el tratamiento de agua en zonas rurales.

Según Lédo, *et al*, (2009). Tuvieron como objetivo, investigar la “eficacia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleifera*, para prevenir la de turbidez en muestras de agua de la Laguna de Jiqui, estado del Rio Grande do Norte Natal-Brasil”. La dosis de coagulación y pH variaron dentro de ciertos intervalos. “Para determinar el potencial Zeta y descubrir posibles mecanismos involucrados en el proceso de coagulación, se realizaron pruebas en tubos de ensayo Jar-Test y medidas de movilidad electroforética”. La absorción y neutralización de cargas, la absorción y la formación de puentes son los mecanismos de coagulación utilizados en las semillas de Moringa oleifera. Los hallazgos indican que las semillas de Moringa oleifera pueden ser una alternativa viable al  $Al_2(SO_4)_3$  para la clarificación del agua en aguas de baja turbidez.

Sin embargo, Morales, A. *et al*, (2009). Publicó: “Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de *Moringa oleifera lam* como coagulante”. “Las semillas maceradas de Moringa oleifera Lam, tanto en solución como en suspensión, se utilizaron

para reducir la absorción de partículas suspendidas en las aguas residuales producidas en un rastro”. El tiempo más bajo de reacción fue de cinco minutos, y el agua residual de fosa con menos materia orgánica suspendida perdió el 25% y el agua residual de laguna con más sólidos suspendidos el 82%. “A pesar de que la dosis de coagulante fue más efectiva en 25 g/l, con una reducción de absorbancia de hasta 78%, no se observó una diferencia significativa con la dosis de 10 g/l, cuya reducción de absorbancia fue del 61%”.

Para Caldera Y. *et al*, (2007). Publicó: “Eficiencia de las semillas de *Moringa oleifera* como coagulante alternativo en la potabilización del agua”. “En esta investigación evaluaron la eficiencia de las semillas de *M. oleifera* como coagulante natural en la potabilización de aguas sintéticas con valores de turbidez de 75 y 150 NTU”. Los modelos de agua, que derivan de la planta de tratamiento Pueblo Viejo, estado Zulia, Venezuela, fueron acondicionadas, añadiendo caolín hasta alcanzar los niveles de turbidez inicial deseados. “Los ensayos se efectuaron a escala de laboratorio y se midieron los parámetros turbidez, color, pH y alcalinidad”.

“Las concentraciones de *M. oleifera* que aplicaron durante el tratamiento de las aguas sintéticas fueron 300, 400, 500, 600 y 700 ppm”. En efecto demostraron la eficiencia de las semillas de *M. oleifera* para remover la turbidez que van desde 75 y 150 NTU a cantidades mínimas de 14,9 y 8,5 NTU, respectivamente. Las óptimas concentraciones del coagulante *M. oleifera* con valores de turbidez inicial de 75 y 150 NTU, fueron de 400 ppm y 500 ppm, respectivamente. Los % de remoción para estas concentraciones fueron de 80,1% y 94,3%. El coagulante mostró elevada eficiencia a un valor mayor de turbidez preliminar. El proceso de filtración optimizó la eficiencia del coagulante.

Mendoza, I. *et al*. (2000). Publicó: “Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. Evaluaron la eficiencia de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de aguas crudas sintéticas con valores de turbidez entre 7 y 49 NTU”. Se pudo observar los criterios de turbidez, pH, alcalinidad y color. Los resultados indican que el extracto acuoso de Moringa usado en el proceso de coagulación a dosis entre 20 y 10 ppm disminuye la turbidez de 7, 11, 15, 20, 29 y 49 UNT a valores similares o por debajo de lo establecido en las Normas de Calidad del Agua de Venezuela (5 NTU) en el proceso de sedimentación. Los índice de turbidez del agua filtrada oscilaron entre 1,5 y 0,5 UNT. El color disminuyó de 15, 25 y 30 UC a valores entre 10 y 5 UC. “Se observó una variación mínima en el pH y la alcalinidad de las aguas tratadas con *Moringa oleifera*”.

## **2.2. Bases Teóricas.**

### **2.2.1. Moringa Oleifera.**

Muchas personas usan y han usado el agua del río como su fuente de abastecimiento de agua. El agua suele estar muy contaminada y turbia, especialmente en épocas de creciente en donde las precipitaciones son altas, lo que hace que los sedimentos y la vegetación eliminen de la superficie del suelo, vertiendo en los ríos y posteriormente queden en suspensión, sumándose otras sustancias sólidas de desagüe que existen, incluyendo bacterias y microorganismos, ingresando a estos cuerpos de agua. Algunos resultados sugieren que el polvo de semilla de *Moringa oleifera* puede ser una alternativa viable para reemplazar parcial o totalmente los coagulantes inorgánicos como el sulfato de aluminio para el tratamiento de las aguas (Folkard G. Sutherland J. 1996)

*Moringa oleifera*, es una de las plantas más versátiles del mundo y sus beneficios se han encontrado en la purificación del agua, las semillas se pueden utilizar para este fin; comprendiéndose como, cuando se trata adecuadamente, ya que purificar y purificar el agua turbia. Eficientemente, uno de los coagulantes naturales más efectivos disponibles. Este floculante-coagulante actúa como cualquier otro; desestabiliza las partículas suspendidas para que queden atrapadas, se peguen entre si y así se asientan bajo la influencia de la gravedad. (Folkard G. Sutherland J. 1996)

La *Moringa oleifera* como especie ha tenido un destacado interés por investigadores y empresarios debido a que esta planta originaria de la India, posee propiedades aplicables en diferentes campos, las cuales incluyen actividades antropogénicas que son de necesidad primaria como la inclusión en la dieta humana y animal, mediante diseño de nuevos productos o como materia prima; o como alimento regente de la salud, destacan sus propiedades nutracéuticos y funcionales, también en el tratamiento de agua cuya producción es vital para la subsistencia y adecuada calidad de vida de las personas. (Arguello D. 2015)

### **2.2.2. La planta de la Moringa Oleifera**

La *Moringa oleifera* es una de las plantas más estudiadas del género *Moringa*. Su origen se encuentra al sur del Himalaya, y el norte de la India. “Actualmente se distribuye en gran parte del mundo, en Centroamérica se introdujo como especie ornamental y para cercos vivos en los años 20, en la India su punto de origen



fueron las regiones de Agrá y Oudh, al sur de los montes Himalaya. La especie no trascendió por los nombres comunes de aquel entonces, sin embargo, bajo el nombre sánscrito de shigru, ya aparece mencionada en el Sushruta Samhita" (Perez A. *et al.*, 2010).

Es un árbol con ramas caducifolios. En su primer año, crece rápidamente y puede alcanzar una altura de unos 3 metros, pero en condiciones ideales, puede alcanzar una altura de 10 o 12 metros. La planta tiene una corteza suberosa, ramas colgantes quebradizas y hojas verdes claras compuestas y tripinnadas de 60 a 30 cm de longitud. Tiene varios folíolos pequeños de 2 a 1,3 cm de largo por 0,3 a 0,6 cm de ancho. (Sepulveda A. *et al.*, 2016). Después de siete meses de su plantación, florece. Las flores perfumadas tienen un diámetro de 2,5 cm y son de color blanco o blanco crema. Posee vainas colgantes triangulares de color marrón de 120 a 30 cm de largo y 1,8 cm de ancho; cuando se secan, se dividen en su longitud en tres partes; cada una posee alrededor de veinte semillas incrustadas en la médula. "Semillas con tres alas de color marrón oscuro. La rusticidad lo facilita la agricultura". (Sepulveda A. *et al.*, 2016).

Empíricamente se sabía entonces que el conocimiento de las bondades de este árbol en otros lugares de la India es muy antiguo; por ejemplo, se sabía, que las semillas servían para extraer aceite, y como fuentes de sustancias medicinales que ayudaban al desarrollo conservacional corporal de las personas. "Es probable que la gente común conociera también los usos de la moringa como forraje y hortaliza. En el norte de la India se observaron diferencias entre la variedad silvestre y la cultivada de *Moringa oleífera*". (Arguello D. 2015). "Los árboles silvestres no tenían flores blancas sino rosadas y la mayoría de sus flores y frutos eran de sabor amargo y por lo tanto no se les consideraba comestibles" (Kanjilal, U. 1911, Osmaton A. 1927).

A pesar de su antigua utilidad, su uso ha sido más bien práctico y la mayor parte de la información que se tiene actualmente proviene de la tradición oral o de publicaciones generales. Solo a finales del siglo XX la comunidad científica comenzó a prestar atención en este árbol de manera justa. Se han publicado numerosos informes durante las últimas dos décadas sobre la evaluación científica de utilización en los procesos de la planta, así como la identificación de mecanismos de acción y principios activos. "Esto ha permitido explicar muchos de los beneficios previamente conocidos, optimizar su explotación y sugerir nuevas aplicaciones". (Martin C. *et al.*, 2013).

### 2.2.3. Composición química

Cuadro 1. Composición química de la *Moringa oleífera*/100gr

Compuesto	Gr
Agua	88.9
Proteína	2.5
Grasa	0.1
Carbohidratos	8.5
Fibra	4.8
Ceniza	2
Calcio	30
Fósforo	110
Hierro	5.3
Vitamina A	0.2
Ácido ascórbico	0.031

FUENTE: Arguello, D (2015).

### 2.2.4. Agua potable.

“El agua potable es la que, en teoría, no contiene elementos que suponen riesgo para el consumo humano o para cualquier uso doméstico, incluyendo la higiene personal” (OMS, 1998). En realidad, para considerarse potable (inocua, segura y de buena calidad), debe tener una serie de características físicas, químicas y microbiológicas. El gusto, el olor y el aspecto son características físicas. Si cumple con los demás requisitos, el agua turbia no es necesariamente inadecuada para beber, pero los posibles clientes pueden rechazarla porque la ven "sucia". La existencia de sustancias perjudiciales para la salud (mercurio, arsénico, nitratos, plomo, etc.) en concentraciones específicas determina la calidad química del agua, excluirlas del agua o menguar la concentración de estas sustancias exige métodos costosos y complejos, por lo que generalmente se busca otra fuente de agua opcional. La cualidad microbiológica va de la mano con la infestación por microorganismos, como virus, bacterias o parásitos, que generalmente se encuentran en los fecales. Al ser difícil descubrir todos los microorganismos, se utiliza un señalizador, unas bacterias llamadas coliformes fecales, presentes en el intestino humano y en el de los animales de sangre caliente. “En teoría, el agua apta para el consumo humano no debe tener ninguna de estas bacterias. No obstante, se acepta que, en ciertos contextos rurales, y en especial en situaciones de emergencia, una muy baja concentración es tolerable” (Perrin, P. 1996:). “En términos complejos, cuando existe una emergencia la cantidad del agua es más importante que la calidad, ya que la ausencia de unas mínimas condiciones de

higiene por la falta de agua es más problemática que el consumo de agua de relativamente baja calidad”. (*Médecins Sans Frontières* 1997).

### **2.2.5. Fuentes de obtención del agua.**

El agua se puede obtener de tres fuentes potenciales: pluviales (lluvia), superficiales (ríos, lagos, charcas) y profundas (pozos, manantiales). La cantidad y la calidad del agua, la accesibilidad, la disponibilidad según la época del año y la logística necesaria para hacerla llegar a la gente son los criterios que deben tenerse en cuenta para decidir si una fuente es adecuada o no. La extracción del agua según la fuente puede requerir una importante inversión, como la instalación de una bomba para extraer el agua de un pozo, o un mínimo uso de recursos técnicos y económicos como en el caso de algunos manantiales y aguas superficiales. Una vez obtenida el agua, ésta puede ponerse directamente a disposición de la gente, o ser canalizada a una unidad de almacenamiento desde la que será distribuida. El agua de muy baja calidad (por ejemplo, el agua obtenida de un río) debe ser almacenada para ser tratada. (Perrin, P. 1996).

### **2.2.6. Evaluaciones Físicoquímicas del agua.**

Mediante un proceso llamado “potabilización”, el agua “cruda”, tal como se denomina al agua en su estado natural, es depurada y purificada. Además de su misión purificadora, el proceso de potabilización asegura que todos los hogares conectados a una red pública de distribución beban agua de igual calidad. De acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud, el agua para ser potable tiene que cumplir con una serie de requisitos: no debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes biológicos (microbios y/o gérmenes patógenos), químicos tóxicos (orgánicos e inorgánicos) y radiactivos y debe poseer una proporción determinada de gases y de sales inorgánicas disueltas. ((<https://espamarinilla.gov.co/el-agua-potable-y-sus-caracteristicas/>))

Para garantizar la calidad del agua, se siguen diversas evaluaciones físicoquímicas, entre las que destacan: pH, conductividad, turbidez y sólidos disueltos totales; los cuales serán detallados a continuación:

#### **2.2.6.1. pH.**

El pH es el valor que indica si una sustancia es neutra, básica y ácida, calculando la cantidad de iones hidrogeno existentes en ella. La sustancia está clasificada como neutra en la escala de 0 a 14. Los valores de pH por debajo de 7 indican acidez y los valores por encima de 7 indican base. El número de átomos de

hidrógeno y oxhidrilo en una sustancia es igual cuando es neutra. La sustancia es ácida cuando hay más átomos de hidrógeno (H+) que de oxhidrilo (OH-). (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **a. Características**

- La manifestación de iones hidrogeno es un indicador de calidad crucial para la cualidad de las aguas residuales y naturales.
- El pH juega un papel importante en todas las fases del tratamiento del agua, incluida la neutralización ácida, la base, el suavizado, la precipitación, la coagulación, la desinfección y el control de la corrosión.
- El procedimiento para tratar aguas residuales con concentraciones de iones hidrógeno es difícil con procesos biológicos. Además, si la concentración de iones hidrógeno en las aguas naturales no se modifica antes de la evacuación, el efluente puede alterar la concentración de iones hidrógeno en aguas naturales.
- La actividad del ión hidrogeno o el pH determina la intensidad del carácter ácido o básico de una solución a una temperatura determinada.
- El "pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pHmetro". (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **b. Riesgos**

- El pH es uno de los indicadores de la calidad del agua y no tiene un impacto directo en los consumidores. Para que la asepsia con cloro sea efectiva, el pH debe estar por debajo de 8.
- "Provoca irritación ocular y empeoramiento de trastornos cutáneos cuando se alcanzan valores superiores de pH 11". (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **c. Método de análisis**

El método electrométrico se utiliza in situ para asegurarse de que los equilibrios iónicos no se alteren debido al transporte o a la permanencia prolongada en recipientes.

#### **d. Concentraciones establecidas por guías internacionales y nacionales.**

- Según la OMS el pH recomendable es de 6.5 y 9.5
- Según la norma brasileña establece pH para aguas dulces 6.0–9.0, para aguas destinadas a consumo humano 6.5-8.5
- Según norma Hondureña clase: IIIA 6.5 – 8.5 y IIIB 6.0-9.0
- Para la norma ecuatoriana pH 6-9

- La norma chilena recomienda 6.5-8.3
- Según norma del Ecuador propone rangos de pH: 6-9
- Para DIGESA Perú: “Es recomendable para que la desinfección con cloro sea eficiente el pH debe ser inferior a 8, pero la establece dentro de un rango de 6.5-8.5”

#### **2.2.6.2. Conductividad.**

Depende de los tipos de actividad de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida.

La conductividad es la capacidad de una solución expresada en números para transportar una corriente eléctrica. Dicha capacidad depende de la existencia de iones, su concentración total, valencia, de su movilidad y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición.

El agua pura posee muy poca conductividad, por lo que al medir la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos que en ella existen.

“De la conductividad eléctrica, que indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro Siemens/l ( $\mu\text{S/l}$ )”.

A partir de la conductividad se puede obtener los sólidos disueltos multiplicando por un factor entre 0.75 y 0.55.

Los sólidos disueltos totales, expresados en mg/L, pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductividad por un factor comprendido entre 0,55 y 0,75.

“Este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero permanece aproximadamente constante, según las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éstas permanecen estables”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

##### **a. Características**

- Los coeficientes de conductividad de las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales son generalmente aceptables.
- “En soluciones acuosas, las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian tienen una conductividad muy baja o nula”.
- “La conductividad eléctrica de un agua puede usarse para medir indirectamente la cantidad de sólidos disueltos totales o minerales presentes en el agua”.

- La conductividad eléctrica del agua se mide para determinar su salinidad. La presencia de sales tiene tres efectos sobre el crecimiento de las plantas: efectos osmóticos, causados por la concentración total de sales en el agua del suelo; toxicidad de iones específicos, causada por la concentración de un ión específico; y dispersión de partículas en el suelo, causada por la presencia significativa de sodio y la baja salinidad.
- En cuerpos de agua superficiales, los valores naturales oscilan entre 1200 y 700  $\mu\text{mhos/cm}$ .
- Por otro lado, “se debe precisar que la conductividad eléctrica se expresa en  $\mu\text{hm/cm}$ ” (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **b. Concentraciones establecidas por guías internacionales**

- La comunidad europea recomienda valores de 1000  $\mu\text{s/cm}$
- Propuesta peruana: Digesa y la OMS: Recomiendan concentraciones de 1500  $\mu\text{s/cm}$ .

#### **2.2.6.3. Turbidez**

Las partículas en suspensión, como, cieno, materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, arcillas, plancton, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos de la erosión y microorganismos, causan la turbidez del agua. Las partículas en suspensión pueden tener un diámetro de 1.000 a 0,1 nanómetros.

La turbidez es utilizada para determinar la calidad del agua, la eficiencia en la filtración y para determinar la presencia de organismos que causan problemas a la salud.

“La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir con varias diversas técnicas, esto demuestra la resistencia a la transmisión de la luz en el agua” (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **a. Características.**

- La turbiedad, “como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión”.

- “Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacteria”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **b. Riesgos**

Una elevada turbidez suele asociarse a presencia elevada de microorganismos como parásitos, algunas bacterias y virus. “Estos organismos pueden provocar síntomas tales como náuseas, retortijones, diarreas y dolores de cabeza”

#### **c. Métodos de análisis**

Método Nefelométrico son denotados en Unidades nefelométricas de Turbidez (UNT).

#### **d. Concentraciones establecidas por guías internacionales**

- La OMS refiere que la turbidez del agua apta para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT.
- La norma brasileña, para aguas dulces sus concentraciones son 40 UNT, para Ecuador sus valores de concentración 10 UNT y para Honduras: 15 UNT
- Para Ecuador y Brasil los valores aceptables son 100 UNT.
- DIGESA Perú: “En todos los casos donde se desinfecte el agua, la turbiedad debe ser baja, en concentraciones de 5 UNT, establecida por OMS los considera aceptables para los consumidores”.
- Otras legislaciones consideran 40 UNT hasta 10 UNT
- “Se recomienda concentraciones de 1000 UNT por las condiciones naturales de los recursos hídricos y porque el sistema de tratamiento convencional permite obtener concentraciones menores”.
- “Se recomienda concentraciones de 5000 UNT. El sistema de tratamiento avanzado permite la remoción de la turbidez hasta obtener concentraciones menores”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.2.6.4. Sólidos suspendidos totales.**

La erosión del suelo, el detritus orgánico y el plancton producen sólidos en suspensión.

Las impurezas visibles suelen ser sólidos suspendidos como virus, limo y arena. La materia suspendida está compuesta por partículas extremadamente pequeñas que no se pueden extraer mediante deposición. “Las características

visibles del agua, como la turbidez y claridad, el gusto, el color y el olor, pueden ayudarlo a identificarlos”.

**a. Características**

- “Los análisis de sólidos son cruciales para controlar los procesos de tratamiento biológico y físico de las aguas residuales, así como para evaluar el cumplimiento de las restricciones de vertido”.
- La expresión "sólidos totales se refiere a los restos de material en un recipiente después de la evaporización de una muestra y su posterior secado en una estufa a una temperatura predeterminada”.
- “Las sustancias no disueltas generalmente se denominan materia suspendida o sólidos suspendidos. Pocas veces se realizan pruebas de sólidos suspendidos, que generalmente se evalúan por medición de turbiedad”.
- “Sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos volátiles se emplean para evaluar la concentración de los residuos domésticos industriales”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

**b. Riesgos**

“Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional”.

**c. Método de análisis**

“Determinación de sólidos suspendidos totales secados a 103-105°C, según el método normalizado”.

**d. Concentraciones establecidas por guías internacionales**

- No existe referencia de concentraciones establecidas por otros países.
- DIGESA Perú: “Recomendaciones propuestas por SUNASS para aguas destinadas para consumo humano 25 mg/L, 50 mg/L”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

**2.2.6.5. Dureza.**

Se originan generalmente en áreas con formaciones de piedra caliza y capas de suelo gruesas.



Las aguas son adecuadas para el consumo humano (por simple desinfección), pero el jabón es necesario para limpiar a mayor dureza, lo que implica un mayor costo.

El agua dura se produce cuando el magnesio y el calcio se disuelven en el agua, junto con el hierro. Cuanto más calcio y magnesio disuelto hay en un agua, más dura es. Los iones calcio y magnesio son positivamente cargados. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán más fácilmente en agua dura que en agua que no contiene calcio y magnesio. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **a. Características**

La dureza de las aguas varía considerablemente en los diferentes sitios. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas. “La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto. El umbral del gusto es de: 100-300 mg/L y en concentraciones de 200 mg/L puede causar incrustaciones”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **b. Riesgos**

Aunque el agua dura no representa un peligro para la salud, las concentraciones superiores a 200 mg/L pueden tener efectos negativos en las tuberías, los calentadores de agua y los lavaplatos. La aceptación de la dureza del agua por parte del público varía mucho y depende de las condiciones locales. El umbral de sabor del ion calcio es de 100 a 300 mg/L, y el del magnesio es menor que el del calcio. Los consumidores pueden tolerar una dureza superior a 500 mg/L en ocasiones. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **c. Métodos de análisis**

“La dureza normalmente se expresa en términos de  $\text{CaCO}_3$ . Con el paso de los años se han propuesto muchos métodos para su determinación, pero actualmente se aceptan dos métodos estándar”.

“Método de Cálculo: Cuando se cuenta con el análisis completo, el cálculo que se basa en los iones bivalentes mediante un análisis completo de los cationes es posiblemente el método más seguro para determinar la dureza”.

Método Titulométrico con EDTA: “El uso exitoso del EDTA para determinar la dureza de que se tenga un indicador que muestre el momento en el que el EDTA se encuentre en exceso, o en que todos los iones que causan dureza hayan formado complejos”. “El medio conocido como negro de ericromo T funciona como un excelente indicador para mostrar el punto en que los iones que causan la dureza han formado complejos”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

**d. Concentraciones establecidas por guías internacionales**

Las aguas blandas tienen una dureza inferior a 75 mg/L. Si tiene una dureza entre 75 y 150 mg/L, se consideran aguas moderadamente duras. Si tiene una dureza entre 150 y 300 mg/L, se considera agua dura y si supera 300 mg/L, se considera muy dura. El límite máximo para una fuente de agua según la EPA es de 500 mg/L. Los consumidores pueden tolerar una dureza de más de 500 mg/L y el agua dura no presenta riesgos para su salud. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

**e. Parámetros de calidad y límites máximo permisibles**

“El agua potable, también conocida como agua para consumo humano, debe cumplir con las normas legales nacionales, mientras que, si no lo hacen, se consideran las normas internacionales”. El cuadro siguiente muestra los límites máximos permisibles (LMP) referenciales para el agua potable para los parámetros actualmente bajo control. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

Cuadro 2: Límites máximo permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua.

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UCF/mL	500	(1)
pH	6,5 - 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV--Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO <sub>3</sub> /L	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe +Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe +Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L	0,1	(2)
Cadmio, mg/L	0,003	(1)
Arsénico, mg/L	0,1	(2)
Mercurio, mg/L	0,001	(1)
Cromo, mg/L	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

FUENTE: Valores tomados de la guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1998)

### 2.2.7. Características económicas de los servicios de agua potable y saneamiento

Según la teoría económica, las condiciones de prestación de servicios como el agua potable son muy distintas. Para la teoría neoclásica, las condiciones de producción y consumo de este servicio son muy particulares. “La teoría de las externalidades, de los bienes públicos y de los bienes contribuye a esclarecer las características de estos bienes en lo correspondiente a sus condiciones particulares de consumo y realización”. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

Las escuelas neomarxistas consideran que estos servicios son cruciales para el proceso de acumulación, lo que determina su lógica contradictoria, a veces ambigua e impredecible. Para destacar el papel estructural del consumo colectivo en las funciones de acumulación y reproducción social del capitalismo, la economía política de la urbanización ha propuesto la idea de medios de consumo colectivo urbano. “Estos medios sirven de soporte a otros consumos y sustentan

las formas recientes de la cooperación capitalista, base del desarrollo de la productividad social en la época actual". (Cuervo M. 2010).

### **2.2.8. Consideraciones preliminares**

La relación del servicio de agua potable con el proceso de urbanización no es artificial ni artificiosa, está en el origen mismo de su aparición como bien económico y su desaparición como bien libre. "Esta relación originaria se mantiene a lo largo de toda la historia y determina las características de su evolución, así como permite entender su importancia vital, su papel central en la reproducción de la raza humana, de su economía y de sus formas de organización social". (Cuervo M. 2010).

El 89% de la población que vive en la región amazónica de Perú no dispone de agua potable. "Esta situación dificulta muchísimo que la población mantenga las medidas higiénicas que actualmente son recomendadas como las más eficaces para evitar contagios por el virus SARS-CoV-2". Urrea. (2021)

Durante años, los pueblos indígenas amazónicos han sufrido una falta sistemática de atención en términos de salud, educación y acceso a otros servicios. Esto ha resultado en una peor cobertura de salud, educación, agua y saneamiento. (Razuri, H. 2021)

Si bien el Perú tiene cerca al 5% del agua dulce superficial del mundo, solo cuenta con 0.4% de la población del mundo (Schütze, M, 2007). "No obstante, incluso teniendo parte del Río Amazonas y del Lago Titicaca dentro de su territorio, Perú es el único país de Sudamérica listado entre los 13 países más pobres del mundo en términos de escases de agua y estrés hídrico a nivel nacional" (Schütze, M, 2007).

La escasez de agua ocurre cuando la disponibilidad de agua dulce es menor a 1,700 m<sup>3</sup> por habitante al año (Arbenz, P., 2005). "La escasez de agua en Lima es alarmante, sabiendo que la disponibilidad de agua dulce es menos de 1,000 m<sup>3</sup> por habitante al año" (Arbenz, P., 2005)

El término "servicios colectivos domiciliarios" se refiere a una amplia gama de actividades económicas que incluyen agua potable. El servicio colectivo de vivienda es el resultado de una solución colectiva a una necesidad que no se

puede solucionar de manera individual, mediante la creación de redes de suministro a los hogares particulares. El carácter colectivo de éstos servicios está definido en un doble sentido: porque exigen una respuesta organizada de la sociedad, acudiendo a formas de prestación muy diversas, pero siempre colectivas, públicas, privadas, comunitarias, mixtas; y porque se orientan hacia la construcción y mantenimiento de bienes cuyo consumo no es individual sino colectivo. Son servicios domiciliarios porque poseen una característica técnica en común, se apoyan en la existencia de redes fijas de aprovisionamiento de los domicilios (residencias, comercio, industria, establecimientos públicos) particulares.

En la selva, debido al gran volumen de agua disponible, se utiliza tan solo el 0,02% del agua disponible naturalmente para esa región. “El consumo promedio por persona es de 109 m<sup>3</sup>/año, aproximadamente 300 litros de agua por persona al día. (Ministerio de desarrollo agrario y riego”. Minagri, 2020)

En cuanto al agua potable, en el año 2003, las más de 40 empresas de servicios produjeron 1188 millones de m<sup>3</sup> en todo el país (SUNASS). Esto equivale a una disponibilidad promedio de 120 litros de agua potable disponibles por persona al día.

La importancia real del agua para la supervivencia humana no es suficiente para justificar su naturaleza actual como una actividad económica planificada. El origen de este servicio económico se debe a los cambios experimentados en la forma de satisfacer esta necesidad fundamental original. Los factores fundamentales, como la escasez, la aglomeración de población, la densidad y la capacidad natural de absorber los impactos derivados, han sido responsables de estos cambios. (Cuervo M. 2010)

Sin agua, la vida humana es imposible. Sin embargo, esto no implica que la aparición de la raza humana coincidiera con la necesidad de organizarse para obtener agua. El acceso an este recurso fue totalmente libre durante mucho tiempo, aunque implicaba una competencia con otras especies y su calidad y abundancia determinaban límites al crecimiento de la población humana. Las facilidades de acceso al agua en calidad y abundancia impulsaron la aparición de civilizaciones urbanas como las egipcias y mesopotámicas. “El crecimiento de la población y su concentración geográfica están condicionados por la capacidad

social de proporcionar agua y generan, de otra parte, un principio de escasez que mantiene y hace evolucionar ésta capacidad”. (Cuervo M. 2010)

La aglomeración de poblaciones humanas define la frontera divisoria entre el agua recurso (bien libre), y el agua potable servicio (bien económico). Esta distinción conceptual contribuye a explicar la evolución discontinua de las condiciones fundamentales de prestación del servicio. A medida que la población crece y su grado de concentración espacial aumenta, las técnicas disponibles de abastecimiento, tratamiento y distribución de agua van cayendo en obsolescencia y exigiendo nuevos patrones de producción y consumo. La talla del conglomerado humano, las técnicas de abastecimiento disponibles y las características de los recursos naturales se combinan para redefinir permanentemente el tipo y la dimensión de la escasez, y la complejidad de la respuesta social organizada para suplirla. (Cuervo M. 2010)

#### **2.2.9. El agua potable, medio de consumo**

Inspirándose en Lojkin, otra forma de comprender la importancia estratégica del servicio de agua potable es poniendo en evidencia su papel de bien complementario amplio, de medio de consumo. El acceso a éste servicio es base para el desarrollo de otros consumos, individuales y productivos. (Cuervo M. 2010)

Ya hicimos hincapié en su importancia en el ámbito individual demostrando cómo el acceso al servicio de agua potable es una condición para el desarrollo de otras actividades de consumo, particularmente en el ámbito de los alimentos. Adicionalmente, el consumo de agua es una condición para el desarrollo total de los consumos individuales debido a su impacto en la salud. El agua es un medio de consumo debido a que es la base de la existencia de una amplia gama de consumos personales. (Cuervo M. 2010)

Algo semejante ocurre en la esfera de la producción donde ella también desempeña el papel de bien complementario estratégico. En la agricultura y la ganadería su importancia es evidente pues es la base del normal funcionamiento de las actividades de cultivo y de cría de animales. En la producción de electricidad también desempeña un papel central, especialmente en un país como Colombia donde cerca del 60% del total de la energía producida es de origen hidroeléctrico. X|1“La industria en general depende también del volumen, de la regularidad y de la confiabilidad del servicio de agua. Adicionalmente, ciertas ramas específicas,

como las de bebidas y alimentos, la necesitan como uno de sus insumos productivos más importantes”. (Cuervo M. 2010)

Finalmente, el agua es un servicio complementario fundamental para la existencia misma de ciertos bienes colectivos como es el caso de la tierra urbana. La tierra urbana es un bien compuesto, exigente de una serie de atributos cuya existencia simultánea es condición de su existencia. La tierra urbana no es simple y llanamente espacio físico construible pues necesita poseer otros atributos como la accesibilidad y el suministro de servicios colectivos domiciliarios para ser considerada como tal. En las condiciones de urbanización precaria como las que priman en Colombia, los atributos de la tierra urbana suelen ser poco exigentes. Sin embargo, una de las condiciones de riguroso cumplimiento es el acceso al servicio de agua potable. En algunos casos, incluso, basta con el acceso potencial a éste servicio para convertir un predio cualquiera en tierra urbana. Así pues, el servicio de agua potable es una de las condiciones más importantes para la provisión de tierra urbana. (Cuervo M. 2010)

#### **2.2.10. El agua, recurso vital**

El agua natural, materia bruta esencial para la producción de agua potable es un recurso natural renovable, pero en proceso de agotamiento. El ciclo natural del agua garantiza su carácter renovable e impone al mismo tiempo una serie de reglas de uso elementales para su reproducción: ciertas características de los ecosistemas en donde se produce no pueden ser alteradas, el volumen de consumo humano de agua no debe sobrepasar ciertos límites si no se quiere poner en peligro la capacidad de renovación de los sistemas hídricos, los vertimientos de aguas usadas deben respetar niveles y tipos tolerables de contaminación. (Cuervo M. 2010)

Por consiguiente, el consumo humano de agua natural afecta un recurso cuya reproducción depende de la preservación de las características básicas del sistema hídrico. Este sistema pone en inmediata relación todas las acciones puntuales ejercidas sobre cualquiera de sus aspectos particulares. De esta manera tiende a surgir una contradicción cada vez más difícil de manejar entre la lógica singular con la que cada agente explota el recurso y las exigencias del sistema hídrico para su buen funcionamiento y sana reproducción. Estas contradicciones pueden aparecer a diferentes escalas y niveles: entre agentes individuales, a nivel de la ciudad como sistema y en el plano del sistema de ciudades en su conjunto. (Cuervo M. 2010)

En el primer nivel la expresión más evidente de estas contradicciones se da a través de la competencia por el uso de un recurso limitado, ejercida generalmente en un marco ausente de cualquier regulación. La contaminación del agua por la agricultura intensiva compite con su posible uso como fuente de producción de agua potable. El agotamiento de las fuentes subterráneas de agua compite no solamente con usos alternativos, sino que pone en peligro los usos actuales, además de generar inestabilidad en los suelos con escasa renovación de las napas. Estas interrelaciones suelen desplegarse en un marco donde los derechos de propiedad están vagamente establecidos, donde generalmente no opera mercado alguno y en donde, por consiguiente, se despliega toda suerte de externalidades positivas y negativas de consumo y producción. (Cuervo M. 2010)

### **2.3. Definición de términos.**

#### **2.3.1. Agua.**

El agua es una sustancia líquida desprovista de olor, sabor y color, que existe en estado más o menos puro en la naturaleza y cubre un porcentaje importante (71%) de la superficie del planeta Tierra. Además, es una sustancia bastante común en el sistema solar y el universo, aunque en forma de vapor (su forma gaseosa) o de hielo (su forma sólida. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.3.2. Agua potable.**

Se conoce como agua potable a toda la que sea apta para el consumo humano, tanto para beber como para preparar alimentos o comidas. Existen valores máximos de pH, minerales, sales y microorganismos que distinguen el agua potable de la no apta para consumo. Esto significa que el agua potable es poca, en comparación con las grandes masas de agua no potable, como la del mar o de la lluvia. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.3.3. Agua consumible.**

Debe ser: limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas que la hagan turbia; además debe tener minerales, tales como sodio, yodo, cloro, en las cantidades adecuadas. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).



#### **2.3.4. Sólidos disueltos totales**

El total de sólidos disueltos (a menudo abreviado como TDS, del inglés: *Total Dissolved Solids*) es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (sol coloide). (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.3.5. Turbidez**

Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez. En potabilización del agua y tratamiento de aguas residuales, la turbidez es considerada como un buen parámetro para determinar la calidad del agua, a mayor turbidez menor calidad. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.3.6. Conductividad**

La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir y transmitir calor, electricidad o sonido". Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU. Su símbolo es k or s (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

#### **2.3.7. pH.**

En general, un agua con un pH < 7 se considera ácido y con un pH > 7 se considera básica o alcalina. El rango normal de pH en agua superficial es de 6,5 a 8,5 y para las aguas subterráneas 6 – 8.5. La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para resistir un cambio de pH que tendería a hacerse más ácida. (Gesta Agua. 2011 (s.f.)).

### III. MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en los laboratorios de la dirección ejecutiva de salud ambiental DESA Ucayali cito en la Av. Yarinacocha N° 746, provincia de Coronel Portillo distrito de Yarinacocha, región Ucayali

#### 3.1. Toma de muestras en el rio Ucayali

Se siguió el procedimiento planteado por (ANA) (2016) para toma de muestras en ríos que se detalla:

- Se rotuló los frascos, y se colocaron el código de la estación, fecha y la hora exacta en que se tomó la muestra.
- La toma de muestras se realizó en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico, tomando primero aguas abajo (L1: -8.389487,-74.527455), en la parte media (L2: -8.389212,-74.524373) y después aguas arriba (L3: -8.390326,-74.520456).
- Las muestras de agua de ríos se extrajeron de preferencia de la zona central del río y de zonas donde fluía el agua, pero sin turbulencia.
- Se evitó tomar agua de las márgenes del río ya que allí el agua no está perfectamente mezclada y puede haber sufrido efectos de evaporación o de contaminación.
- Se colocó los guantes de látex y mascarilla (agua residual).
- Cuando se trate de cursos que tengan una alta variabilidad de descarga y características de ésta, se deberá tomar una única muestra en un balde (enjuagando 3 veces), la suficiente cantidad como para llenar todos los frascos.
- Se enjuagó 3 veces el frasco antes de tomar la muestra, a excepción de las muestras para parámetros biológicos, que se tomó directamente sin enjuagar.
- Para un análisis general, DBO y de metales se tomó la muestra hasta el ras (que no contenga burbujas).
- Para los análisis biológicos se abrió la tapa dentro del agua y se llenó el frasco hasta 3/4 de su capacidad y se tapó dentro del agua.

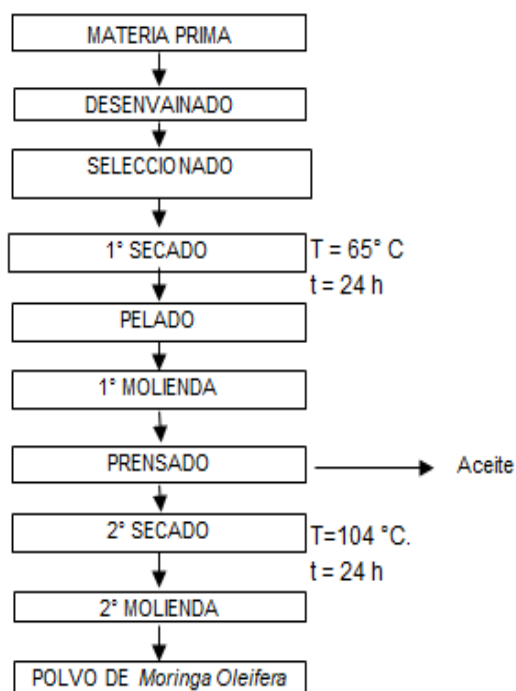
- Se colocó los frascos tapados en el *cooler* con *ice pack* o hielo en la sombra mientras duró el muestreo y transporte al laboratorio.

### **3.2. Descripción del proceso de obtención del polvo de Moringa (*Moringa oleifera*).**

El proceso de obtención de la muestra en polvo a utilizar fue según la secuencia siguiente: (Ndabigengesere)

- Las semillas de Moringa Oleifera se recolectó del distrito de Tournavista Provincia de Huánuco, luego seleccionó y lavó la materia prima.
- Se procedió a desenvainar las semillas para su ulterior secado.
- Se secaron las semillas en una secadora artesanal a 65°C aproximadamente durante 24 horas (tres días de 8 horas).
- Se procedió a pelar para luego pulverizar las semillas con el uso de una máquina de moler granos Marca Victoria.
- Al polvo obtenido, se añadió agua para llevar a un calentamiento de 50°C por 5 min, para luego someter a un prensado a través de una maquina prensadora de fabricación casera para la extracción de aceite. (Ndabigengesere)
- Una vez prensado se procedió a secar a 104°C por 24 horas utilizando una estufa Marca MEMMERT. (Ndabigengeser)
- Se procedió a una molienda fina con la ayuda de un molino Marca Victoria, se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad para evitar que entre en contacto con la humedad relativa, todo este proceso realizado en los laboratorios de Agua y Post Cosecha de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Figura 01: Diagrama de flujo para la Obtención del polvo de la *Moringa oleífera*



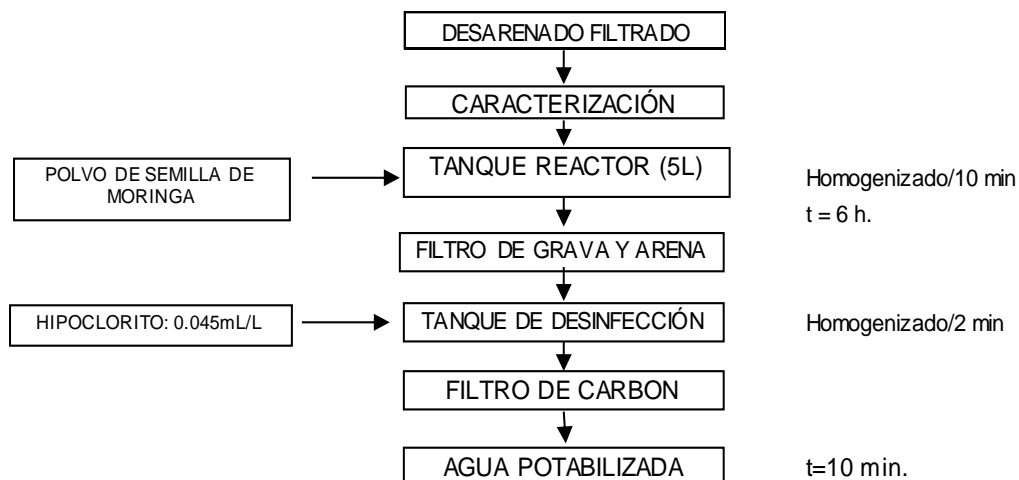
FUENTE: Elaboración propia

### 3.3. Descripción del proceso de potabilización del agua.

- Se siguió el procedimiento planteado por (EMAPACOP S.A). Se realizó un pre tratamiento al agua captada, que consistió en pasar por unas rejillas, para quitarles la arena (desarenado) y pre filtración.
- Se procedió a caracterizar el agua obtenida del río Ucayali en los laboratorios de la DESA antes de ser potabilizada para su ulterior comparación después del proceso (pH, conductibilidad, turbiedad, etc.)
- Se añadió en un tanque reactor cinco litros de agua del río Ucayali, luego se añadió (20g/L, 30g/L, 40g/L) de moringa oleífera, y se realizó la homogenización por 10 minutos para dejar actuar por un lapso de 6 horas.
- Terminado el tiempo de 6 horas se pasó por un filtro de grava y uno de arena, para retener los flóculos sobrenadantes.
- Posteriormente se pasaron las muestras a un tanque de desinfección donde se añadió hipoclorito (0.045 ml/L) por un tiempo de dos horas para matar los microorganismos, para pasar posteriormente por un filtro de carbón activado que cumple la función de retener las partículas de cloro y el mal olor que pudiera existir.

- Una vez obtenida el agua potabilizada se realizó un análisis químico y bacteriológico en los laboratorios de la DESA para su ulterior caracterización.

Figura 02: Proceso de potabilización del agua



FUENTE: EMAPACOP S.A

### 3.4. Evaluación de la eficiencia de la Moringa

(Gómez K. 2010) La evaluación de la eficiencia del polvo de semilla de Moringa y las pruebas de coagulación, se realizaron mediante la captación del agua de tres lugares diferentes, y la aplicación de tres tratamientos, de los cuales se analizó la eficiencia que tiene el coagulante de polvo de semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) en la potabilización del agua del río Ucayali.

Se realizaron tres réplicas por cada tratamiento, los cuales se sometieron a un análisis pre y post tratamiento. La eficiencia estuvo determinada por la turbidez inicial y la turbidez final como se puede observar en la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de Reducción (\%)} = \frac{\text{Turbidez Inicial (UNT)} - \text{Turbidez Final (UNT)}}{\text{Turbidez Inicial (UNT)}}$$

Donde:

Turbidez inicial: Es la unidad nefelométrica de turbidez del agua sin haber sido sometido a ningún tipo de tratamiento.

Turbidez final: Es la unidad nefelométrica de turbidez del agua después de haber sido sometido a un tratamiento.

### **3.5. Evaluación de las características físico químicas.**

#### **3.5.1. pH (Norma Técnica Peruana)**

Se utilizó el método de medida más común que es usar una celda electroquímica, consistente en un electrodo indicador sensible a la concentración de protones,  $[H^+]$ , un electrodo de referencia y la muestra (como electrolito de la celda). El potencial de la celda está relacionado con el pH, para lo cual utilizamos los laboratorios de la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental)

#### **3.5.2. Turbidez (Norma Técnica Peruana)**

El método empleado para determinar la turbidez del agua en el estudio fue la nefelometría. Se basa en que al incidir en una muestra de agua un rayo luminoso, las partículas en suspensión dispersan parte de la luz que penetra en la muestra. Esa luz dispersada se recoge sobre una célula fotoeléctrica provocando una corriente eléctrica en función de su intensidad y, por lo tanto, del grado de turbidez de la muestra, para lo cual utilizamos los laboratorios de la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental)

#### **3.5.3. Conductividad (Norma Técnica Peruana)**

La conductividad eléctrica del agua fue medida mediante un conductímetro digital multi rango ATC HANNA - HI8733 que sirvió para medir la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos de  $1 \text{ cm}^2$  de superficie separados entre sí  $1 \text{ cm}$ .

La conductividad específica,  $K$ , de un agua se define como la conductividad de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos separados  $1 \text{ cm}$ .

Para la medida de la conductividad específica  $K$ , se mide la conductividad  $C$  de una columna de agua entre dos electrodos de  $A \text{ cm}^2$  separados  $1 \text{ cm}$ , para lo cual utilizamos los laboratorios de la DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Resultados Generales.

Los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados en el estudio para determinar la idoneidad del polvo de *Moringa Oleífera* en el tratamiento de aguas del río Ucayali como alternativa al uso de sulfato de aluminio en el proceso de potabilización, dieron como resultado una serie de datos que sirvieron para determinar las condiciones que brinda el uso de este producto como insumo natural.

De acuerdo a los datos de los cuadros que siguen se pueden apreciar las características del agua tratada con polvo de moringa que incluyen 3 repeticiones pudiéndose obtener el promedio para cada lugar y cada tratamiento, como se muestra.

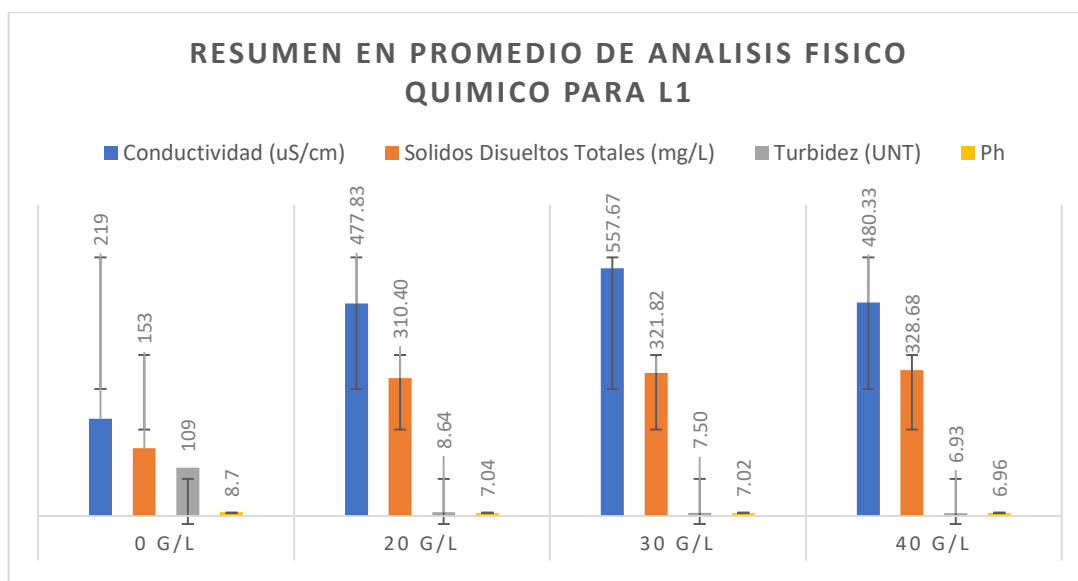
Cuadro 3. Resumen en promedio para resultados físico químicos de agua tratada y sin tratar con *Moringa Oleífera* en polvo para el río Ucayali - L<sub>1</sub> (-8.389487,-74.527455)

Parámetro	Resultados					
	Lugar	0 g/L	20 g/L	30 g/L	40 g/L	SD
Conductividad (uS/cm)		219	477.83 ± 0.461	557.67 ± 2.230	480.33 ± 2.411	147.86
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	L <sub>1</sub>	153	310.40 ± 0.005	321.82 ± 0.052	328.68 ± 0.054	83.99
Turbidez (UNT)		109	8.64 ± 0.007	7.50 ± 0.004	6.93 ± 0.0019	50.66
Ph		8.7	7.04 ± 0.000	7.02 ± 0.000	6.96 ± 0.000	0.85

FUENTE: Elaboración propia.

El cuadro que antecede muestra los valores en promedio para cada característica del agua en L<sub>1</sub>. También se muestra que para la conductividad respecto de sus promedios la desviación estándar es 147.85 uS/cm en promedio, también se muestra que para los sólidos disueltos totales respecto de sus promedios la desviación estándar es 83.99 mg/L en promedio. Así también se observa que para la turbidez respecto de sus promedios la desviación estándar es 50.66 UNT en promedio, y por último se reporta para el pH. respecto de sus promedios una desviación estándar de 0.85 en promedio

Figura 3: Resultados en promedio de análisis físico químicos para L<sub>1</sub>



FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados en promedio refieren que las características físico químicas máximas en L<sub>1</sub> respecto de los tratamientos aplicados fueron: para la conductividad se reporta un máximo en promedio de 557.64 uS/cm, para el tratamiento 2, para solidos disueltos totales 328.68 mg/L para el tratamiento 3, 8.64 g/L de turbidez para tratamiento 1, y un ph máximo de 7.04 para tratamiento 1.

Cuadro 4. Resumen en promedio para resultados físico químicos de agua tratada y sin tratar con *Moringa Oleífera* en polvo para el rio Ucayali – L<sub>2</sub> (-8.389212,-74.524373)

Parámetro	Resultados					
	Lugar	0 g/L	20 g/L	30 g/L	40 g/L	SD
Conductividad (uS/cm)		210	445.00 ±0.001	590.00 ±0.075	549.83 ±0.018	170.47
Solidos Disueltos Totales (mg/L)	L2	147	312.13 ±0.037	413.42 ±0.209	382.42 ±0.066	118.96
Turbidez (UNT)		109	8.02 ±0.037	8.02 ±0.004	9.00 ±0.026	50.33
Ph		8.18	7.00 ±0.002	7.03 ±0.022	7.01 ±0.022	0.58

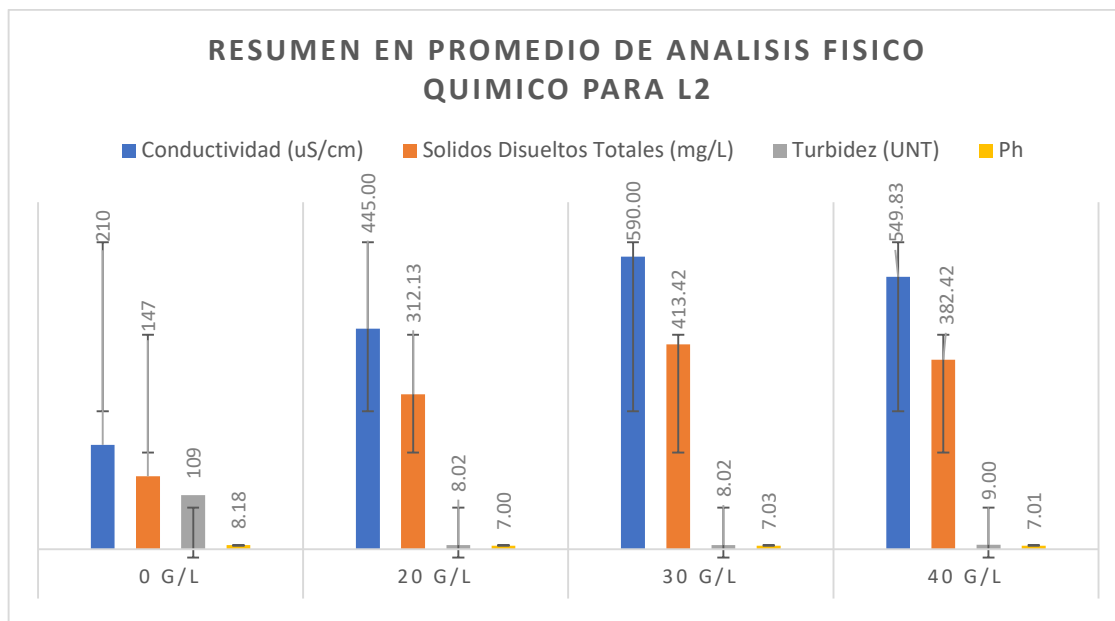
FUENTE: Elaboración propia.

El cuadro 3 muestra los valores en promedio para cada característica del agua en L<sub>2</sub>. También se muestra que para la conductividad respecto de sus promedios la desviación estándar es 170.47 uS/cm en promedio, también se muestra que para los sólidos disueltos totales respecto de sus promedios la desviación estándar es 118.96 mg/L en



promedio. Así también se observa que para la turbidez respecto de sus promedios la desviación estándar es 50.33 UNT en promedio, y por último se reporta para el Ph. respecto de sus promedios una desviación estándar de 0.58 en promedio.

Figura 4: Resultados en promedio de análisis físico químicos para L<sub>2</sub>



FUENTE: Elaboración propia.

- Los resultados en promedio refieren que las características físico químicas máximas en L<sub>2</sub> respecto de los tratamientos aplicados fueron: para la conductividad se reporta un máximo en promedio de 590.00 uS/cm, para el tratamiento 2, para solidos disueltos totales 41342 mg/L para el tratamiento 2, 9.00 g/L de turbidez para tratamiento 3, y un pH máximo de 7.03 para tratamiento 2.

Cuadro 5: Resumen en promedio para resultados físico químicos de agua tratada y sin tratar con *Moringa Oleífera* en polvo para el rio Ucayali – L<sub>3</sub> (-8.390326,-74.520456)

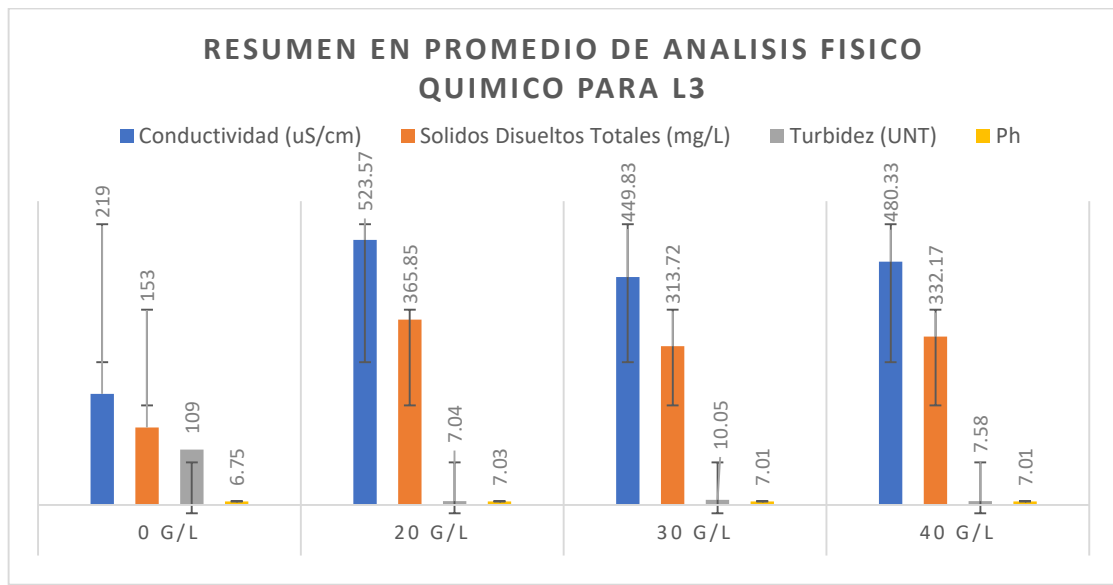
Parámetro	Resultados					SD
	Lugar	0 g/L	20 g/L	30 g/L	40 g/L	
Conductividad (uS/cm)		219	523.57 ±0.052	449.83 ±0.018	480.33 ±0.009	136.19
Solidos Disueltos Totales (mg/L)	L <sub>3</sub>	153	365.85 ±0.051	313.72 ±0.205	332.17 ±0.020	94.62
Turbidez (UNT)		109	7.04 ±0.021	10.05 ±0.040	7.58 ±0.036	50.41
Ph		6.75	7.03 ±0.002	7.01 ±0.022	7.01 ±0.022	0.13

FUENTE: Elaboración propia.

El cuadro que antecede muestra los valores en promedio para cada característica del agua en L<sub>3</sub>. También se muestra que para la conductividad respecto de sus promedios la

desviación estándar es 136.19 uS/cm en promedio, también se muestra que para los sólidos disueltos totales respecto de sus promedios la desviación estándar es 94.62 mg/L en promedio. Así también se observa que para la turbidez respecto de sus promedios la desviación estándar es 50.41 UNT en promedio, y por último se reporta para el Ph. respecto de sus promedios una desviación estándar de 0.13 en promedio.

Figura 5: Resultados en promedio de análisis físico químicos para L<sub>3</sub>



FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados en promedio refieren que las características físico químicas máximas en L<sub>3</sub> respecto de los tratamientos aplicados fueron: para la conductividad se reporta un máximo en promedio de 523.57 uS/cm, para el tratamiento 1, para sólidos disueltos totales 368.85 mg/L para el tratamiento 2, 10.05 g/L de turbidez para tratamiento 2, y un pH máximo de 7.03 para tratamiento 1.

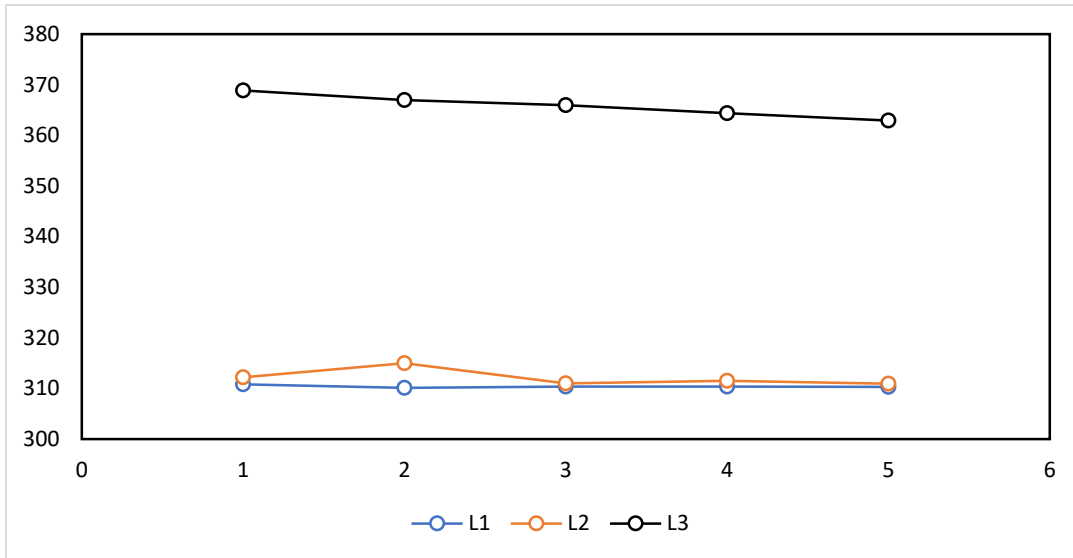
#### 4.2. Análisis de resultados para determinar el efecto clarificante del polvo de la semilla de Moringa en la floculación del agua del río Ucayali.

El estudio del efecto clarificante de la moringa en la floculación del agua del río Ucayali estuvo basado en dos análisis, la determinación de los sólidos disueltos y la turbidez

##### 4.2.1. Sólidos disueltos

Esta característica se analizó mediante el uso del polvo de la semilla de Moringa, en tres tratamientos los cuales estuvieron distribuidos en tres lugares de toma de muestra (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>), descrito en la metodología.

#### 4.2.1.1. Sólidos disueltos a una concentración de T1= 20 g/L.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

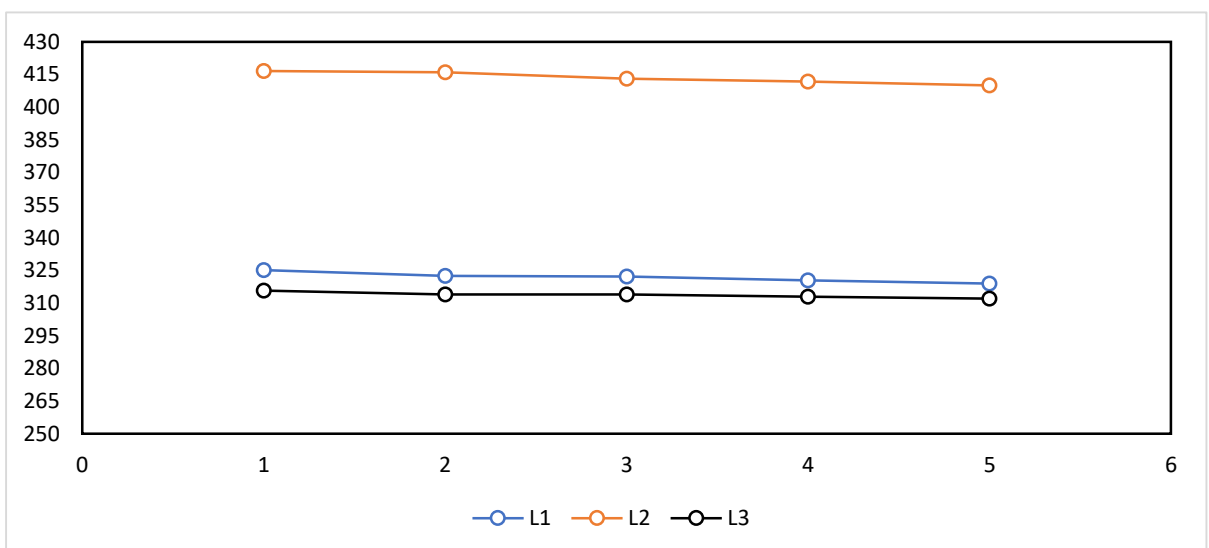
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

#### Figura 6: Resultados de sólidos disueltos para el tratamiento 1

Como se destaca en la figura podemos conocer que los sólidos disueltos en el agua tratada a 20 g de polvo de la semilla de Moringa en un litro de agua en L<sub>3</sub> es mayor que en los lados L<sub>2</sub> y L<sub>1</sub>, lo que demuestra que los sólidos a esta concentración se disuelven mejor en L<sub>2</sub> y L<sub>1</sub>. Sin embargo, aunque parezcan iguales los sólidos disueltos en el tratamiento L<sub>2</sub> es variable, mientras que en L<sub>1</sub> es más constante.

#### 4.2.1.2. Sólidos disueltos a una concentración de T2= 30 g/L.



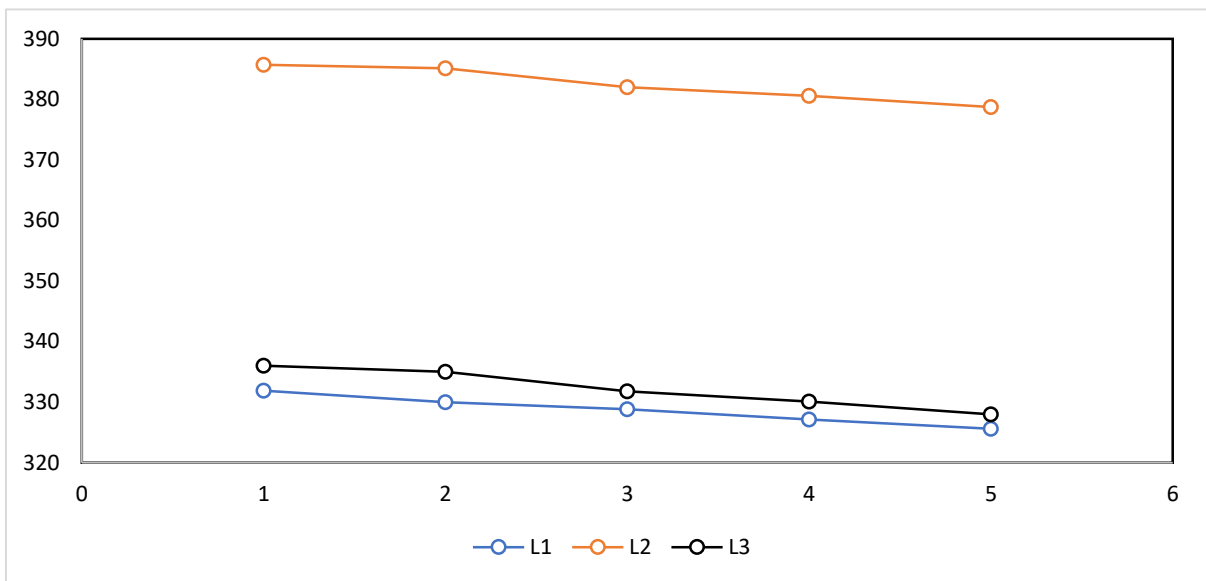
FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río  
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río  
L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

### Figura 7: Resultados de solidos disueltos para el tratamiento 3

En la figura, se puede apreciar que la concentración de 30 g/L disuelve de manera similar en L<sub>1</sub> y L<sub>3</sub>, sin embargo, en L<sub>2</sub>, existe mayor presencia de solidos disueltos, lo que supone que el tratamiento T2 es menos efectivo en la disolución de sólidos en L<sub>2</sub>. También se puede apreciar que el tratamiento ofrece valores relativamente constantes, aunque a diferentes promedios cada uno.

#### 4.2.1.3. Solidos disueltos a una concentración de T<sub>3</sub>= 40 g/L.



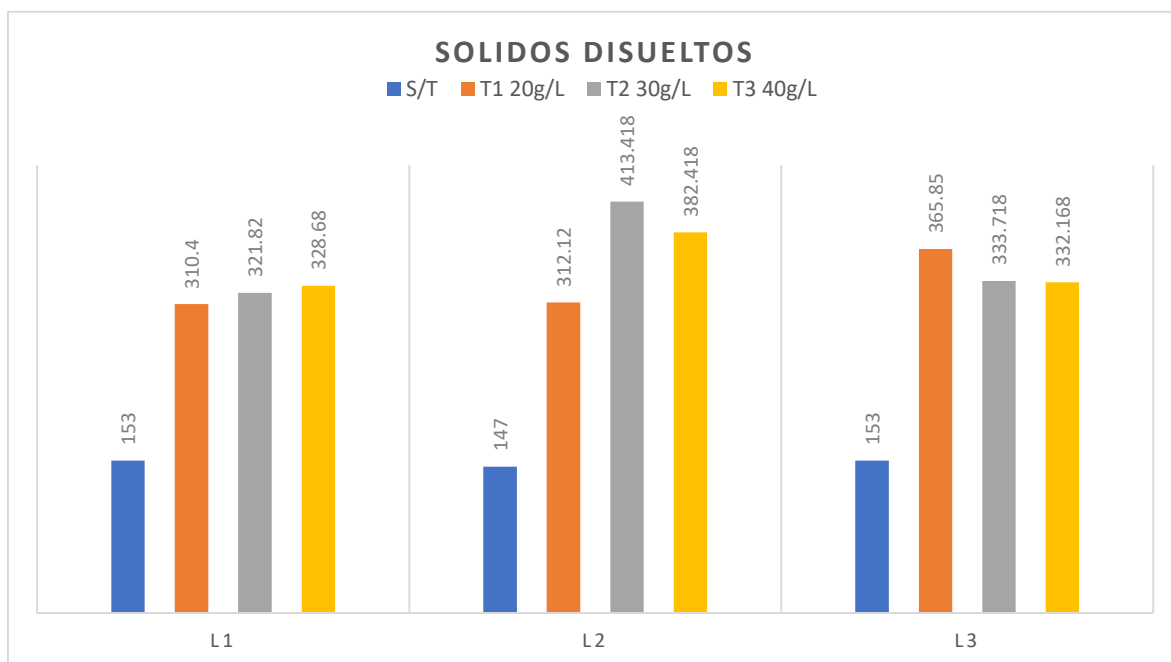
FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río  
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río  
L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

### Figura 8: Resultados de solidos disueltos para el tratamiento 3

Como se aprecia en la figura, podemos conocer que los efectos del polvo de semilla de moringa a una concentración de 40 g/L (T<sub>3</sub>), en los sólidos disueltos fueron mayores en L<sub>1</sub> y L<sub>3</sub>, disolviendo menos en L<sub>2</sub> lo que sugiere que esta última tiene mayores solidos disueltos.

#### 4.2.1.4. Resumen de resultados para sólidos disueltos en tres tratamientos y evaluación sin tratamiento.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: S/T: Sin tratamiento

L1, L2 y L3: Lugares de captación de la muestra.

T1, T2 y T3: Tratamientos

#### Figura 9: Resumen de resultados para sólidos disueltos.

Los resultados mostrados en la figura proporcionan un fuerte soporte al argumento de que la moringa como polvo, tiene efecto sobre los sólidos disueltos totales en el agua del río Ucayali, pudiéndose apreciar una clara diferencia entre los tratamientos utilizados para este estudio y los datos obtenidos del agua sin tratamiento.

#### 4.2.1.5. Discusión.

El agua para consumo humano debe tener como máximo  $1000 \text{ mgL}^{-1}$  de sólidos disueltos totales en aguas destinadas a potabilización (reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DIGESA 2010), así mismo los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecen que para aguas superficiales se considera como máximo  $1000 \text{ mgL}^{-1}$  (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Considerados a este valor debido a que a mayores valores el agua presenta impurezas visibles. Haciendo alusión a sólidos disueltos totales, este estudio

encontró que la utilización del polvo de la moringa es adecuada en el tratamiento de aguas del río Ucayali, debido a que lo encontrado evidencia una presencia de sólidos solubles totales igual a 342.28 mg/L, el cual tiene una diferencia disminuida frente a los 1000 mgL<sup>-1</sup> (reglamento de la calidad del agua para consumo humano DIGESA 2010) y estándares de calidad ambiental para aguas, establecidos como límite máximo permisible.

El análisis de contrastación de hipótesis para sólidos disueltos totales evidenciada con la prueba *T student*, (ver anexo 2) tomando como valor de prueba SDT=1000 mgL<sup>-1</sup> (reglamento de la calidad del agua para consumo humano DIGESA 2010) muestra un rechazo a la hipótesis nula debido a que se obtuvo para la prueba un p-valor de 0.00 para un alfa igual a 0.05, que consideraba que el polvo de moringa no tiene propiedades similares al sulfato de aluminio, confirmando la hipótesis de investigación que asegura que la moringa tiene propiedades similares al sulfato de aluminio y por lo tanto es adecuado su uso en la potabilización del agua.

La Organización Mundial de la Salud (OMS 1998) institución que regulan la calidad del agua considera valores hasta los 500 mg/l como completamente seguros, y hasta 2.000 mg/l como suficientemente seguros para consumir de manera temporal si no hay otra fuente de agua fácilmente disponible. El hallazgo realizado con el estudio corrobora la hipótesis planteada al comparar nuestros resultados con el autor precedente debido a que apoyan la hipótesis de investigación la cual menciona que si se puede utilizar este producto como agente que disminuye los sólidos solubles totales a niveles sumamente aceptables.

En los resultados de este estudio pueden encontrarse similitudes en las repeticiones, debido a ello y de acuerdo al análisis de varianza se desprende que los tratamientos 1, 2 y 3 conforman un solo subconjunto para Tukey y Duncan (alfa = 0.05) (ver Anexo 2), lo que sugiere que los tres tratamientos planteados en el diseño del estudio ofrecen resultados significativamente iguales, entonces estos podrían ser utilizados en cualquier proporción obteniéndose resultados similares.

Por otro lado, la OMS, (1998) llegó a las siguientes conclusiones sobre el nivel de TDS ideal en agua (mg/L): Menos de 300: Excelente 300 - 600: Bueno 600 – 900: Regular 900 – 1,200: Pobre Más de 1,200: Inaceptable, Lo que sugiere que el agua del río Ucayali para esta característica es buena, pudiendo ser tratadas con cualquiera de los tres tratamientos propuestos en el estudio.

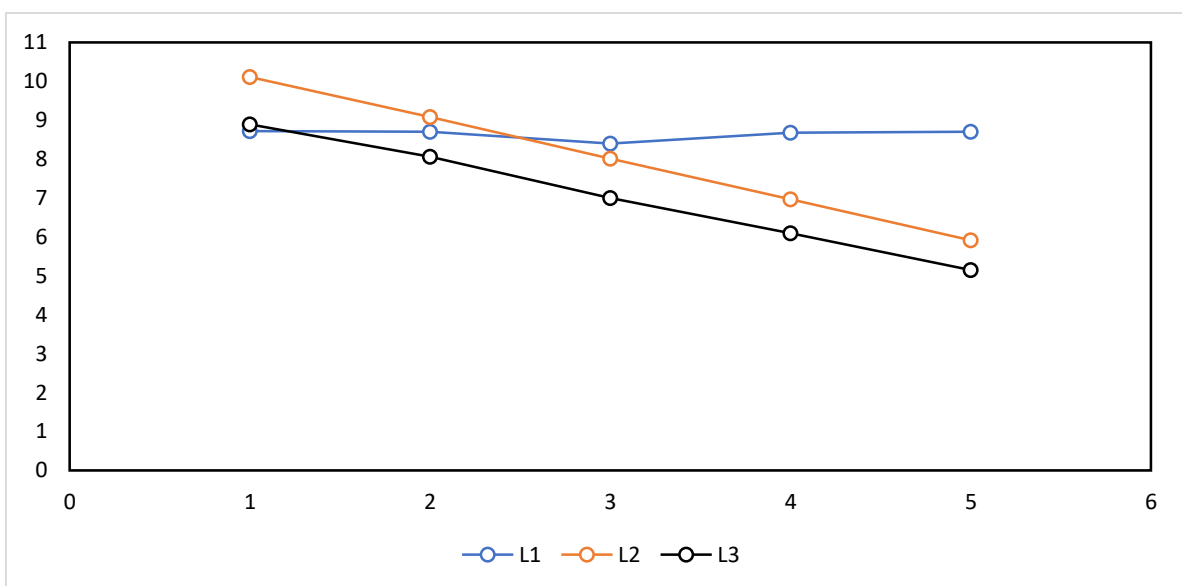
Así mismo Orellana (2005) menciona que “la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Refiriendo que el TDS máximo en agua de calidad debe estar por debajo de los 500 mg/L”. lo que confirma que el agua tratada con el polvo de Moringa que dio como resultado 342.28 mg/L. ofrece un agua de calidad desde el punto de vista de solidos totales en suspensión.

Sobre los sólidos totales en suspensión, Uriarte J. (2020), afirma que los TDS adecuados en un agua de calidad deben ser como máximo 400mg/L. Esta aseveración, confirma que el tratamiento del agua del rio Ucayali con el polvo de moringa, le proporciona características de calidad adecuadas para su tratamiento como agua potable.

#### 4.2.2. Turbidez.

La turbiedad o turbidez en el agua se presenta debido a los sólidos en suspensión que se hallan en ella. Esta turbidez es variante en el rio Ucayali, ya que mediante observación directa se puede apreciar que en las orillas es más pronunciada. Los resultados que se muestran en las figuras 7,8 y 9, dan cuenta de la floculación de los sólidos suspendidos mediante la utilización del polvo de Moringa para tres tratamientos y evaluadas en distintas muestras.

##### 4.2.2.1. Turbidez presente en el agua debido a sólidos en suspensión para el tratamiento 1.



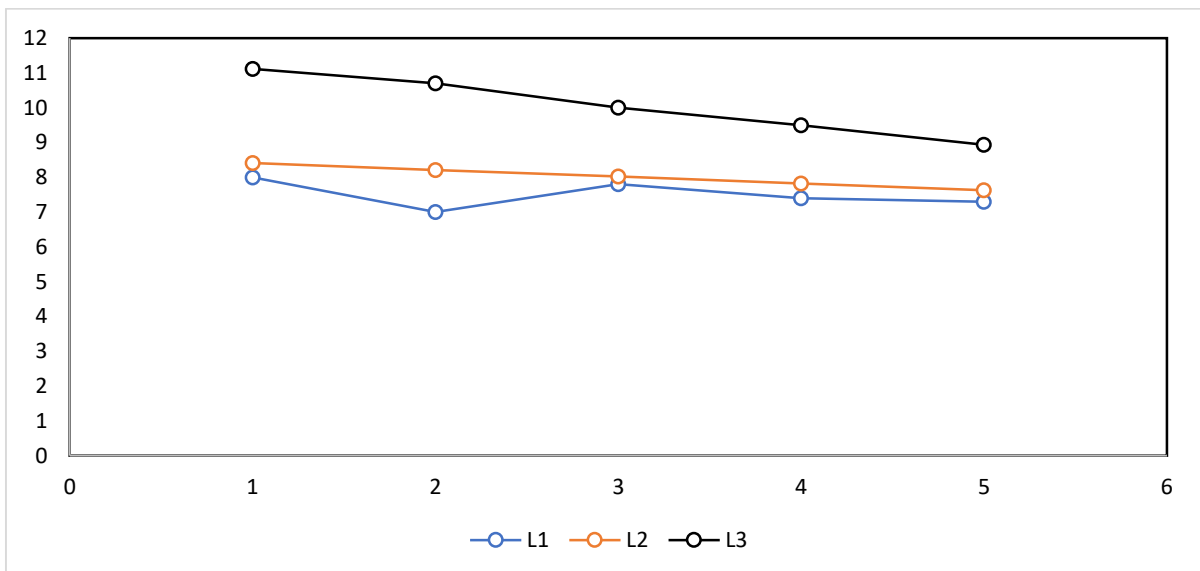
FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río  
 L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río  
 L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

**Figura 10: Resultados de turbiedad para el tratamiento 1**

Como se destaca en la figura podemos conocer, que el agua tratada a 20 g de polvo de Moringa en un litro de agua en L<sub>3</sub> es menor que en los lados L<sub>2</sub> y L<sub>1</sub> lo que demuestra que la turbidez es mayor en L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>. Sin embargo, aunque parezcan iguales los sólidos disueltos en el tratamiento L<sub>2</sub> tiende a disminución, mientras que en L<sub>1</sub> es más constante.

**4.2.2.2. Turbidez presente en el agua debido a sólidos en suspensión para el tratamiento 2**



FUENTE: Elaboración propia

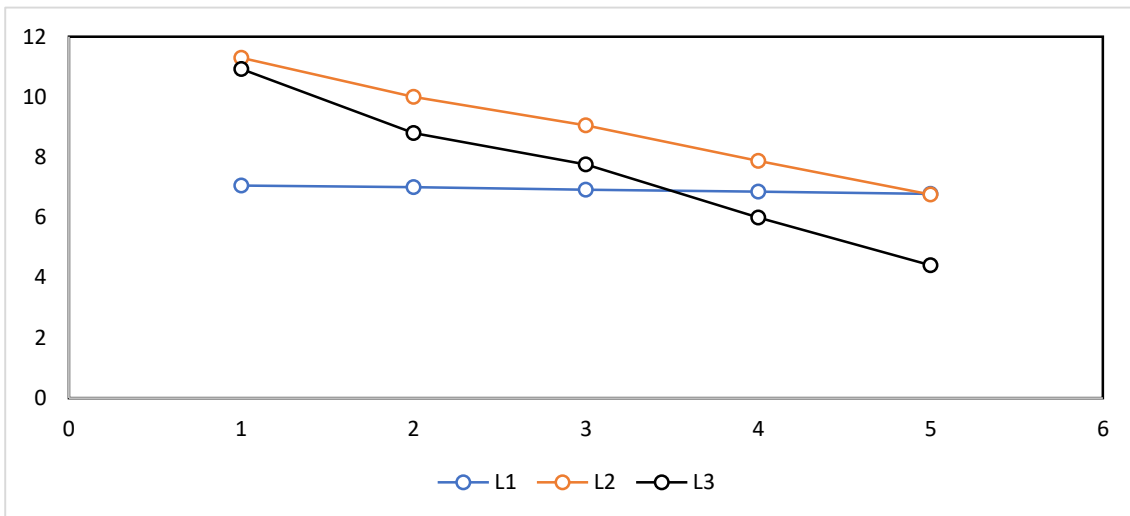
Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río  
 L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río  
 L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

**Figura 11: Resultados de turbiedad para el tratamiento 2**

La presente muestra un gráfico donde se puede apreciar que la concentración de 30 g/L precipita en mayor cantidad sólidos en suspensión en L<sub>1</sub> reflejado en la menor turbiedad de éste, seguida de L<sub>2</sub>. Respecto de L<sub>3</sub>, los resultados muestran que tiene mayor turbidez suponiendo una mayor efectividad del tratamiento en L<sub>1</sub>.



#### 4.2.2.3. Turbidez presente en el agua debido a sólidos en suspensión para el tratamiento 3



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

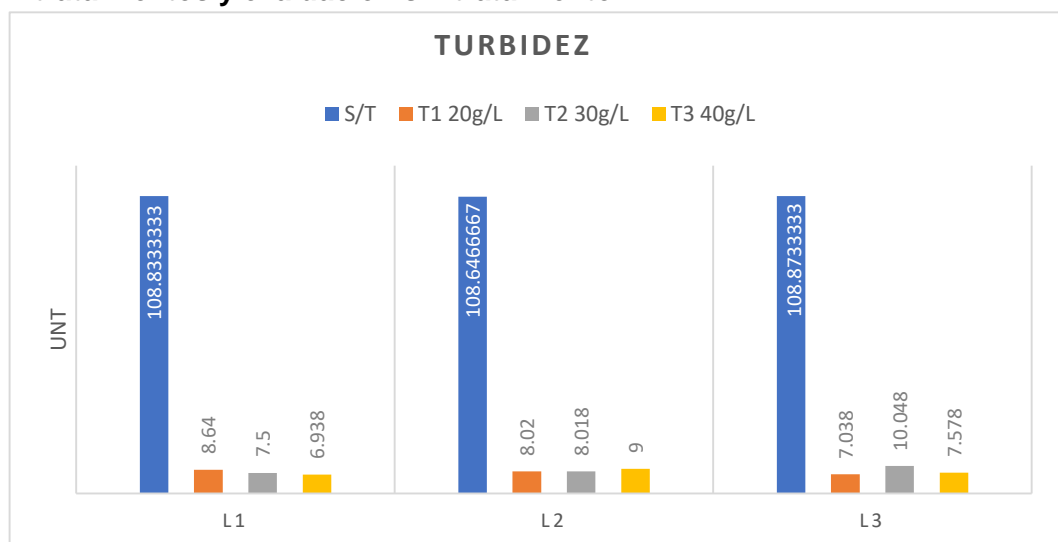
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

#### Figura 12: Resultados de turbiedad para el tratamiento 3.

Como se aprecia en la figura, podemos conocer los efectos del polvo de moringa disueltos a 40g/L (T<sub>3</sub>) sobre la turbiedad fueron mayores en L<sub>1</sub> y L<sub>3</sub>, mostrando claramente que para este tratamiento L<sub>2</sub> tiene menor turbiedad, por lo tanto, mejores resultados en función de la turbiedad óptima.

#### 4.2.2.4. Resumen de resultados para Turbidez (sólidos en suspensión) en tres tratamientos y evaluación sin tratamiento.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: S/T: Sin tratamiento

L1, L2 y L3: Lugares de captación de la muestra.

T1, T2 y T3: Tratamientos

### **Figura 13: Resumen de resultados para Turbidez (sólidos en suspensión).**

Los resultados mostrados en el gráfico número 8 proporcionan un hallazgo interesante debido a que se puede observar una disminución considerable en la turbidez o sólidos en suspensión del agua tratada con el polvo de Moringa, respecto de la turbidez del agua sin tratar.

#### **4.2.2.5. Discusión.**

Para la organización mundial de la salud OMS (1998), los límites máximos permisibles para determinar parámetros adecuados de calidad de agua en función de la turbiedad para agua potable son de 1 NTU. Por otro lado, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecen que para aguas superficiales se considera como máximo 5 UNT (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Los resultados de este estudio muestran un valor superior a lo establecido para la OMS, ya que se obtuvo en promedio 7.43 NTU, del tratamiento 3 que dio mejores resultados. y 8.08 NTU en promedio total.

Casas D., Montes L. 2014. Mencionan que en la clarificación del agua potable se utilizan productos químicos como el sulfato de aluminio para remover materia coloidal y sustancias orgánicas, que mejoran la calidad del agua. Pero elevadas concentraciones de aluminio residual en el agua potable tienen implicaciones en la salud humana, siendo necesario el desarrollo de coagulantes alternativos, ambientalmente aceptables para reemplazarlos.

Respecto de esta característica Orellana (2015), plantea un valor máximo NTU de 0.5 a 1.0 para ser considerada adecuada en la obtención de agua potable. Los resultados invalidan la hipótesis de que el tratamiento con moringa brinda para esta característica un valor adecuado ya que alcanzan el valor 8.08 UNT en promedio.

En general, para los tres tratamientos los resultados indican que se obtiene una turbidez en promedio igual a 8.08 UNT, mostrado en el análisis para estadísticos descriptivos (ver anexo 3). Según esta apreciación podemos mencionar que si bien es cierto la turbidez en las muestras tratadas tuvieron una gran variación en la precipitación de los sólidos en suspensión esta llegó a un máximo observable de 8 UNT, valor que no es suficiente para ser considerada como agua de calidad

en el proceso de potabilización debido a que se requieren 1 UNT como límite máximo. Este resultado sugiere que se puede incluir otros materiales para mejorar esta propiedad ya que, por lo reportado por Olivero, R. 2013, quien utilizó alumbre y Opuntia como coagulante, mostró una efectividad de (99,80% para alumbre); siendo la remoción con Opuntia con un valor de (93,25%).

Así mismo, de la prueba *T student*, (ver anexo 3) tomando como valor de prueba lo estipulado por la OMS 1998 Turbidez = 1 UNT, se acepta la hipótesis nula debido a que se obtuvo para la prueba un p-valor de 0.052 para un alfa igual a 0.05, que consideraba que el polvo de moringa no tiene propiedades similares al sulfato de aluminio. Esto es corroborado por los resultados donde se obtuvieron en promedio 8.08 UNT.

Del análisis de varianza (Anexo 3) se desprende que los tratamientos 1, 2 y 3 conforman un solo subconjunto para Tukey y Duncan (alfa = 0.05), debido a este resultado podemos afirmar que ninguno de los tratamientos tiene diferencias estadísticamente significativas para esta característica.

### **4.3. Características fisicoquímicas del agua tratada con el polvo de la semilla de Moringa**

El análisis de las características fisicoquímicas en el agua potable es muy importante debido a que debe cumplir con las disposiciones legales nacionales e internacionales para ser considerado como apto para el consumo humano. Estas características son conductividad y pH. Según la OMS el agua destinada a potabilizar debe tener una conductividad de 1500 uS/cm y pH. de 6.5 a 8.5

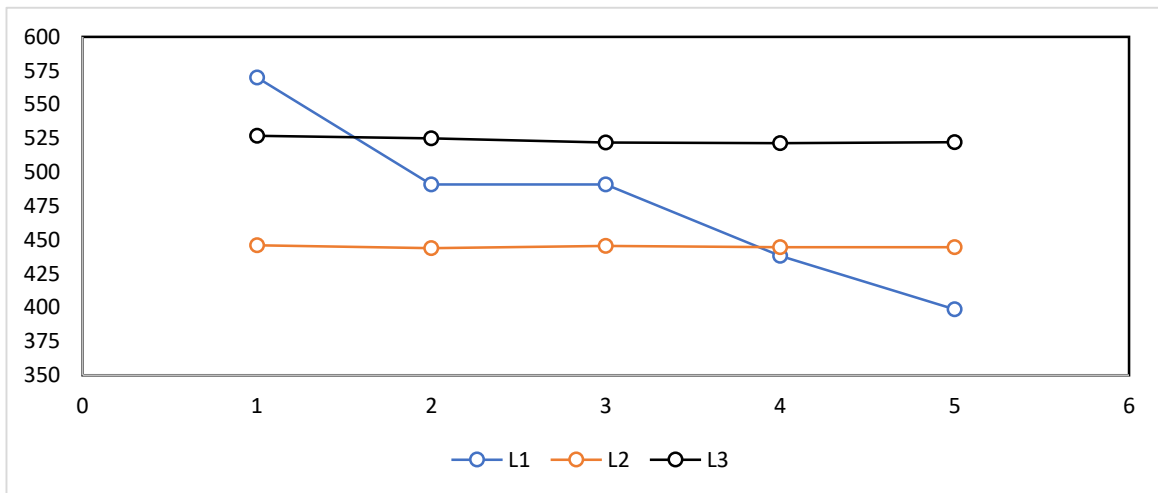
Debido a lo antes mencionado se analizó en este estudio los parámetros fisicoquímicos más importantes los cuales son la conductividad y el pH.

#### **4.3.1. Conductividad.**

La conductividad es la habilidad del agua para poder conducir o transmitir calor, electricidad o sonido y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Se suele adoptar como valor de equivalencia  $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ , pero por convención se adoptaron las unidades son siemens por metro S/m.

En este estudio para evaluar la conductividad se utilizó un conductímetro el cual mostró los siguientes resultados.

#### 4.3.1.1. Conductividad a una concentración de $T_1 = 20$ g/L.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

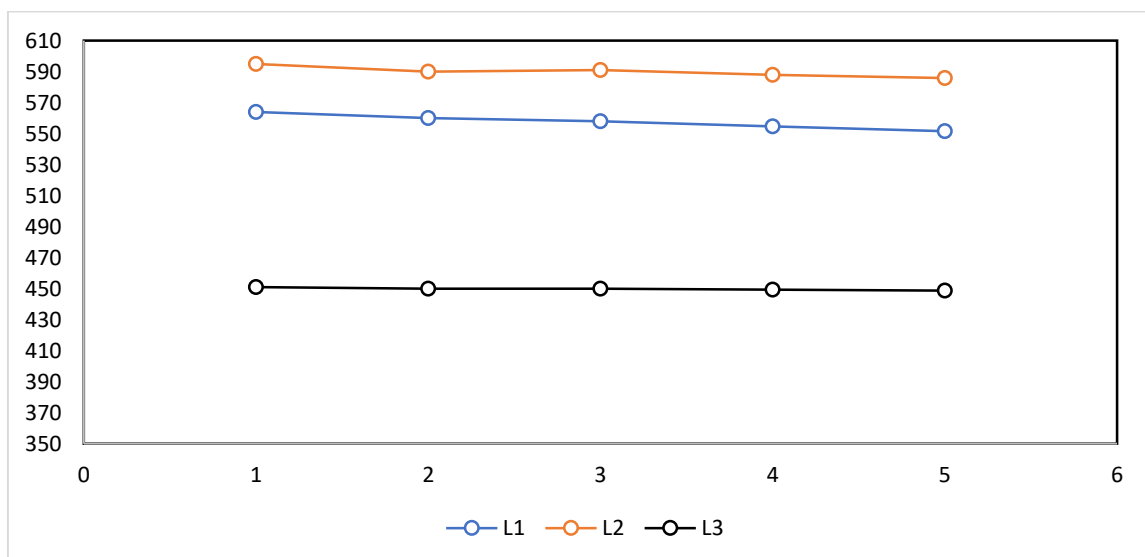
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

#### Figura 14: Resultado de conductividad para el tratamiento 1

Como se destaca en la gráfica, la conductividad en el agua tratada a 20 g de polvo de semilla de Moringa en un litro de agua en L<sub>3</sub> es relativamente constante y tiene valores en su mayoría por debajo de los lados L<sub>2</sub> y L<sub>1</sub> lo que demuestra que la conductividad a esta concentración se incrementa más en L<sub>2</sub> y L<sub>1</sub>,

#### 4.3.1.2. Conductividad a una concentración de $T_2 = 30$ g/L.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

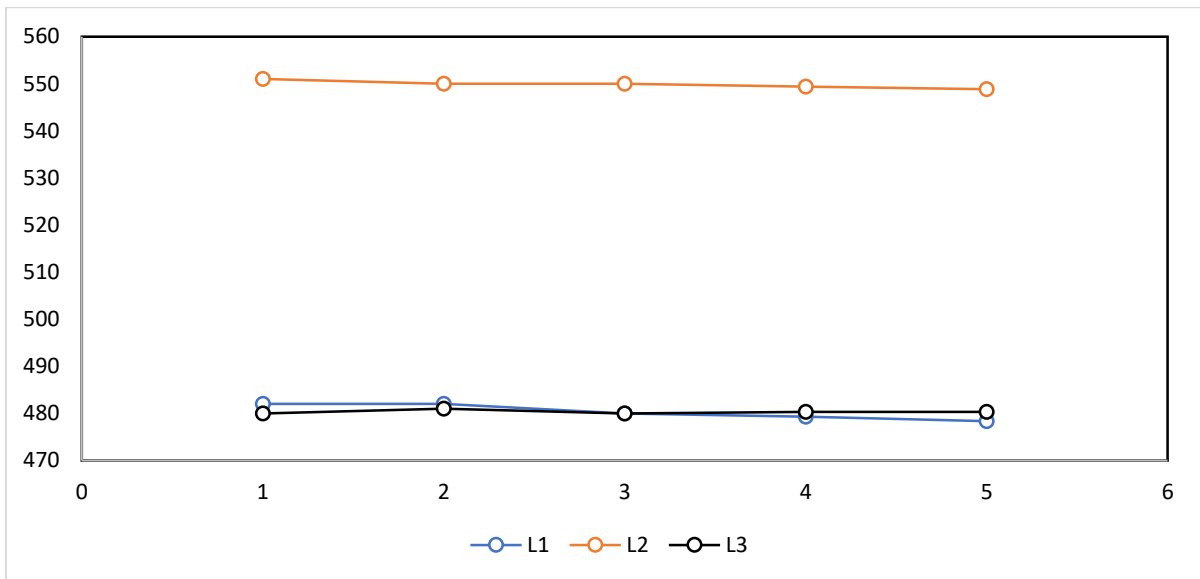
L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

### Figura 15: Resultado de conductividad para el tratamiento 2.

La figura 12 proporciona una visión general del efecto que tiene la Moringa en polvo respecto de la conductividad en el agua. Se puede apreciar que la conductividad de 30 g/L disuelve de manera diferente L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> y L<sub>3</sub>, sin embargo, en L<sub>3</sub>, se genera menor conductividad.

Por otro lado, también se puede apreciar que los 3 tratamientos ofrecen valores relativamente constantes, aunque a diferentes promedios cada uno.

#### 4.3.1.3. Conductividad a una concentración de T<sub>3</sub> = 40 g/L.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

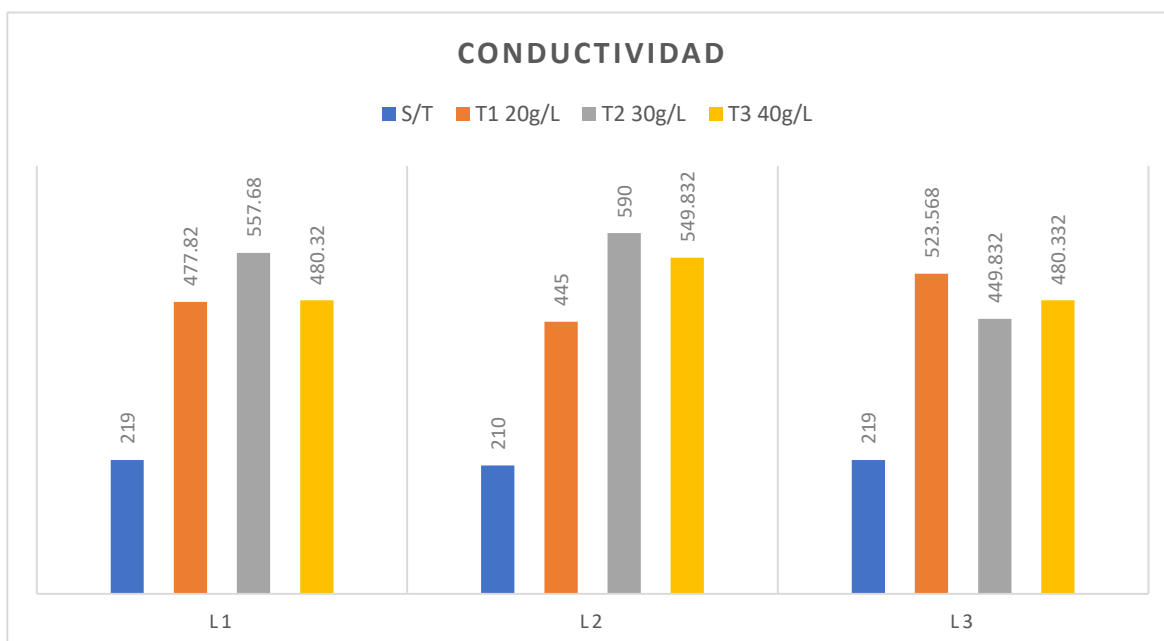
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

### Figura 16: Resultado de conductividad para el tratamiento 3

Como se muestra en la figura, podemos conocer los efectos del polvo de moringa disueltos a 40g/L (T<sub>3</sub>) en la conductividad, las cuales fueron mayores en L<sub>2</sub> y generando valores menores en L<sub>3</sub>, y L<sub>1</sub> lo que sugiere que en L<sub>2</sub> se genera mayor conductividad

#### 4.3.1.4. Resumen de resultados para conductividad en tres tratamientos y evaluación sin tratamiento.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: S/T: Sin tratamiento

L1, L2 y L3: Lugares de captación de la muestra.

T1, T2 y T3: Tratamientos

#### Figura 17: Resumen de resultados para conductividad.

Los resultados que se muestran en la figura 14, indican que la conductividad en las aguas del río Ucayali se incrementan con la utilización del material de estudio sin embargo no superan los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.

#### 4.3.1.5. Discusión

Según la OMS los límites máximos permisibles para conductividad en aguas destinadas a potabilización ascienden a 1500  $\mu\text{Sm/cm}$ . Por otro lado, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecen que para aguas superficiales se considera como máximo 1500  $\mu\text{Sm/cm}$  (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Considerándose valores mayores a estos perjudiciales para el proceso.

En una comparación hecha de los resultados y lo estipulado por la OMS en 1995 y las ECAS para agua superficial, mediante el análisis de los resultados para estadísticos descriptivos (ver anexo 4) podemos mencionar que la utilización de

la moringa en polvo es adecuado debido a que este producto genera en el agua una conductividad media igual a 506.0427  $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ , mientras que el límite máximo permisible es 1500  $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ , lo que sugiere que la moringa en polvo es adecuado en el proceso de potabilización del agua del río Ucayali para la característica conductividad.

Para Solís *et al.* 2017, la conductividad puede variar; menciona que el umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 mg/L y 300 mg/L dependiendo del anión asociado así también que el umbral del magnesio es menor que el del calcio, y que estos valores están relacionados con una conductividad de 500  $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ . haciendo alusión a Solís, este estudio encontró en promedio una conductividad próxima a lo mencionado por el autor. Este hallazgo apoya la teoría de que el polvo de Moringa es adecuado para esta característica en la potabilización del agua, ya que no traería problemas de dureza del agua y corrosión de ductos y reservorios.

indica que las aguas duras pueden generar incrustaciones en los sistemas de distribución y que, por el contrario, las aguas blandas pueden corroerlos [4]. Por otro lado, la aceptabilidad

Así mismo, de la prueba *T student*, (ver anexo 4) tomando como valor de prueba lo estipulado por la OMS. Y las Ecas, =1500  $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ , se rechaza la hipótesis nula debido a que se obtuvo para la prueba un p-valor de 0.00 para un alfa igual a 0.05, que consideraba que el polvo de moringa no tiene propiedades similares al sulfato de aluminio, confirmando la hipótesis de investigación que aseguraba que la moringa si tiene propiedades similares al sulfato de aluminio y por lo tanto es adecuado su uso en la potabilización del agua.

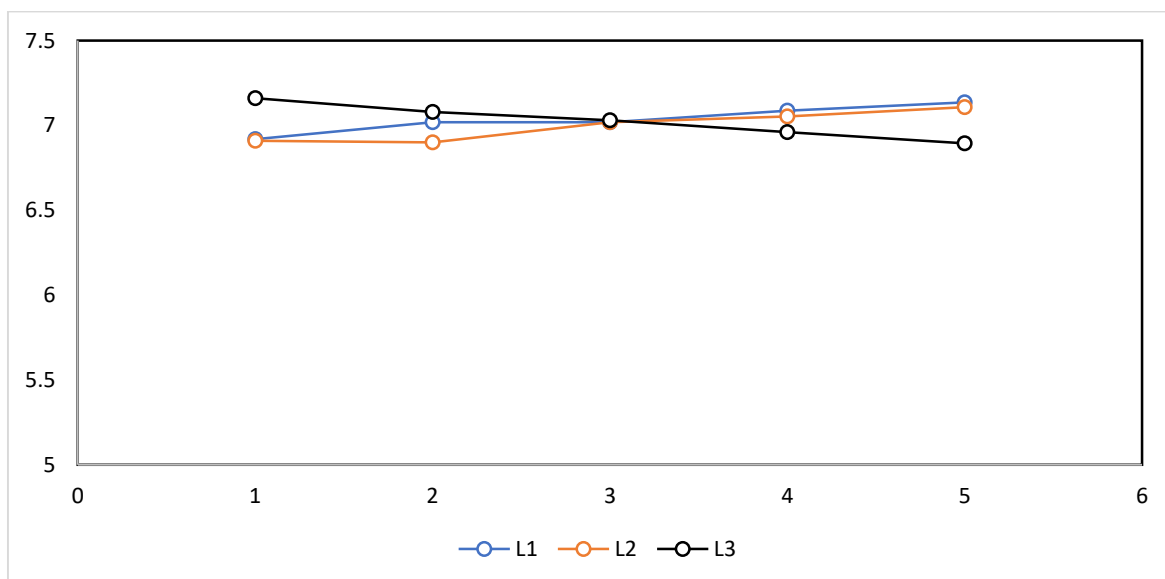
Del análisis de varianza (Anexo 4) se desprende que los tratamientos 1 y 3 conforman un solo subconjunto (sub conjunto 1) para Tukey y Duncan (alfa = 0.05), así también los tratamientos 2 y 3 conforman un subconjunto (sub conjunto 2) similar lo que responde a que estos tratamientos son significativamente iguales respectivamente.

#### **4.3.2. pH.**

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número iones hidrogeno presentes en la muestra de agua utilizada.

Estas características se muestran en los gráficos siguientes para muestras de agua del río Ucayali.

#### 4.3.2.1. pH del agua debido al tratamiento 1



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

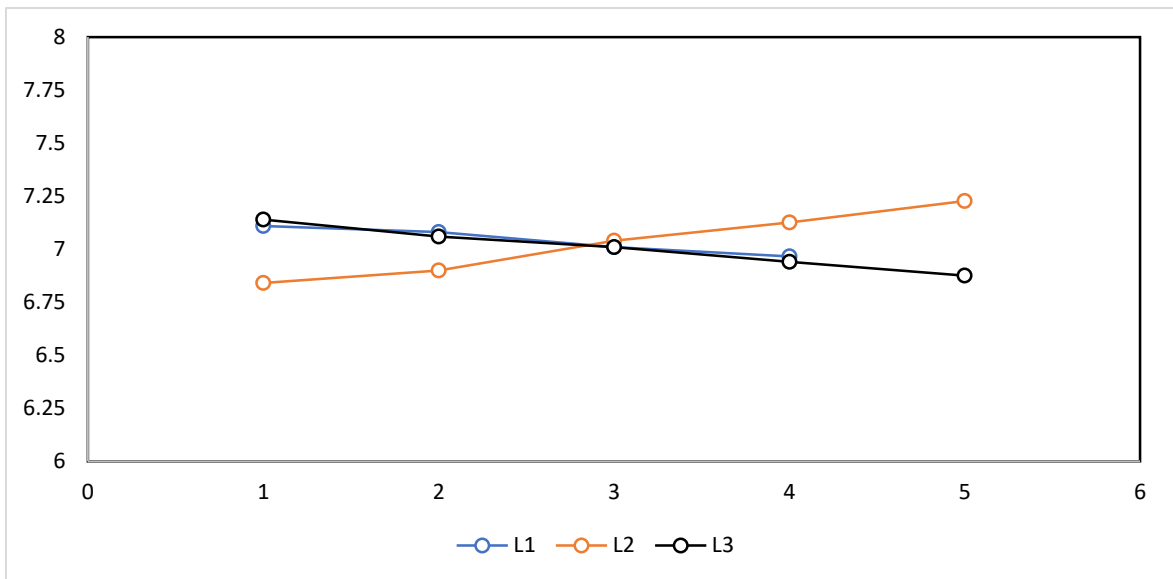
#### Figura 18: Resultado de pH para el tratamiento 1

La figura superior muestra la variación de pH en diferentes ensayos para el tratamiento 1, se puede apreciar que en L<sub>1</sub> L<sub>2</sub> y L<sub>3</sub> los valores de pH son cercanos, así mismo bordean el valor para un pH neutro.

El lector puede constatar, que el polvo de semilla de moringa para la potabilización del agua no afecta el pH del mismo, lo que lo convierte en un floculante idóneo.



#### 4.3.2.2. pH del agua debido al tratamiento 2



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

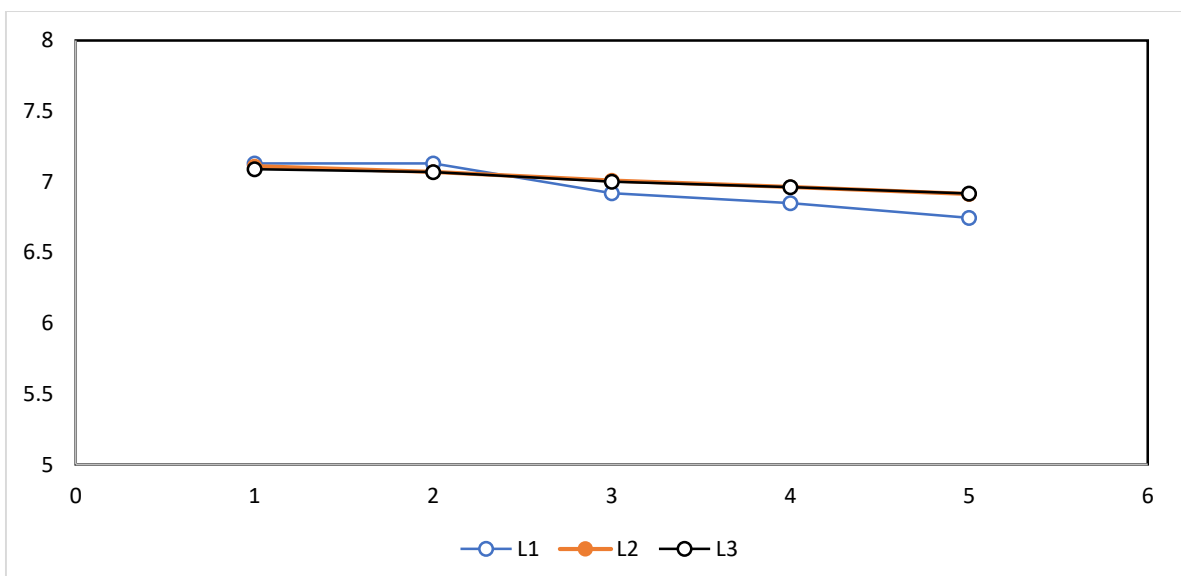
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

#### Figura 19: Resultado de pH para el tratamiento 2

La figura, muestra que con el tratamiento T2 (30 g/L), en L<sub>2</sub>, el pH tiene una tendencia al alza, debido a la presencia de una mayor concentración de iones de hidrogeno en L<sub>2</sub>, mientras que L<sub>3</sub> y L<sub>1</sub>, tienen una variación similar. De las tres muestras se puede apreciar que están dentro de un rango aceptable (6.8 – 7.25) lo que demuestra a este tratamiento el pH del agua tiende a la neutralidad.

#### 4.3.2.3. pH del agua debido al tratamiento 3



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: L1: (-8.389487,-74.527455), orilla del río

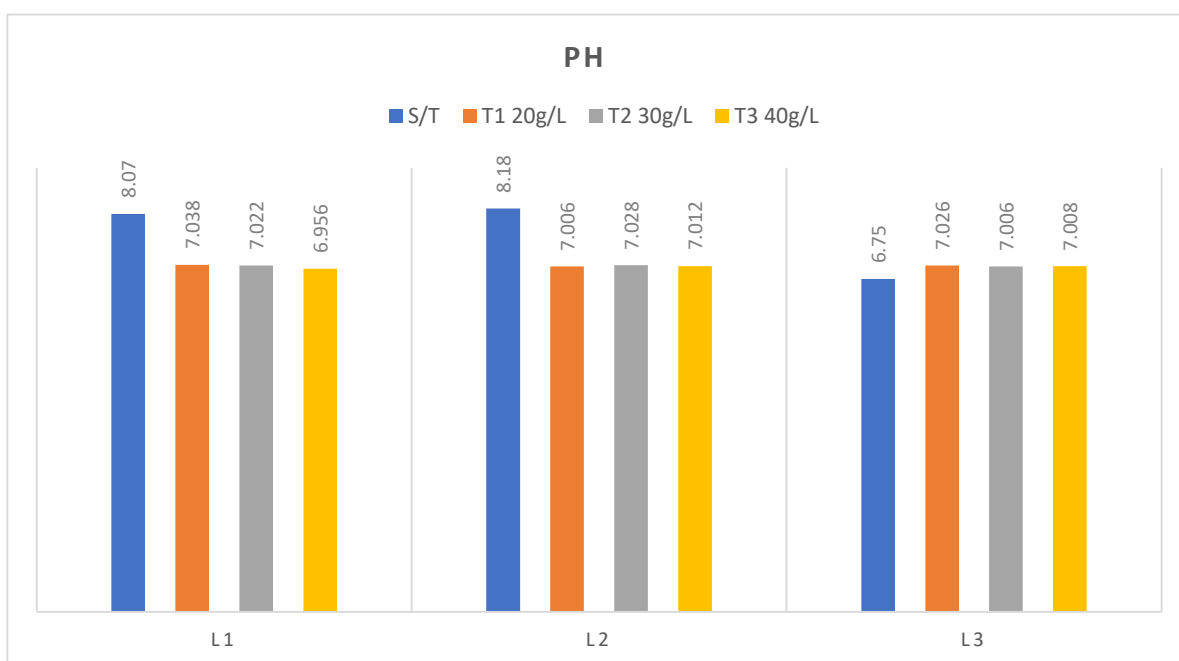
L2: (-8.389212,-74.524373), parte media del río

L3: (-8.390326,-74.520456), extremo opuesto de la orilla del río

### Figura 20: Resultado de pH para el tratamiento 3

Como se observa en la figura el pH del agua de las muestras obtenidas del río Ucayali, se comportan de manera similar para L<sub>1</sub> L<sub>2</sub> y L<sub>3</sub> debido a que la semilla de moringa en polvo, no afecta significativamente el pH, teniendo una ligera variación en L<sub>1</sub>, sin embargo, las tres muestras analizadas tienden a la neutralidad.

#### 4.3.2.4. Resumen de resultados para pH en tres tratamientos y evaluación sin tratamiento.



FUENTE: Elaboración propia

Dónde: S/T: Sin tratamiento

L1, L2 y L3: Lugares de captación de la muestra.

T1, T2 y T3: Tratamientos

### Figura 21: Resumen de resultados para pH.

Los resultados mostrados en la figura número 18, descubren claramente que la utilización de la semilla de moringa en polvo, afecta el pH del agua del río Ucayali, en sus tres tratamientos y lo llevan a valores con tendencia a la neutralidad. También se puede apreciar que con el tratamiento tres (T<sub>3</sub>) tiene un interesante valor constante en las tres

muestras, lo que supone es más adecuado su utilización en el manejo de esta característica del agua.

#### **4.3.2.5. Discusión**

La entidad responsable de velar por la salubridad de la población DIGESA, ha emitido resultados de evaluaciones para determinar la idoneidad del agua para el consumo humano plasmado en directivas y manuales publicados por esta entidad, las cuales son utilizadas por los organismos productoras de agua potable y empresas que se dedican a la producción de agua de mesa, según los estándares publicados por este organismo del estado, el rango adecuado para el pH en la potabilización del agua es de 6.5 – 8.5 debido a que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que el agua este a un pH inferior a 8 con tendencia a la neutralidad.

Para Pérez. 2016, “El pH es un importante parámetro operativo de la calidad del agua, ya que las aguas demasiado ácidas disuelven los metales empleados en las conducciones (cobre, plomo, zinc), los cuales, al ser consumidos, afectan negativamente la salud”. Así también Jiménez, (2001), “El pH aceptable para agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía”. Estos hallazgos apoyan las conclusiones obtenidas en este estudio respecto del pH, teniendo en cuenta que se ha podido demostrar que el polvo de moringa disminuye el pH del agua del río Ucayali que tiende a la neutralidad. Este resultado coincide con lo estipulado por los autores precedentes toda vez que el uso del polvo de moringa consigue un valor en promedio de 7.03 y que podría ser utilizado como guía en la potabilización del agua.

Mediante el cotejo realizado a los resultados frente a lo determinado por la OMS en 1995 y las ecas para agua que también refiere un rango de 6.5 a 8.5 de potencial de hidrogeno para aguas superficiales, y mediante el análisis de los resultados para estadísticos descriptivos para una media = 7.0113 (ver anexo 5) se puede afirmar que la utilización del polvo de la moringa en el tratamiento del pH del agua con fines de potabilización es adecuada, debido a que este producto genera en el agua del río Ucayali una tendencia a la neutralidad.

Así mismo, de la prueba *T student*, (ver anexo 5) tomando como valor de prueba lo estipulado por la OMS. pH = 6.5 - 8.5, se rechaza la hipótesis nula debido a que se obtuvo para la prueba un p-valor de 0.047 para un alfa igual a 0.05, que consideraba que el polvo de moringa no tiene propiedades similares al sulfato de

aluminio, confirmando la hipótesis de investigación que aseguraba que la moringa si tiene propiedades similares al sulfato de aluminio y por lo tanto es adecuado su uso en la potabilización del agua.

Del análisis de varianza (Anexo 5) podemos referir que los tres tratamientos no tienen diferencias significativas en cuanto al efecto del polvo de moringa en el pH de la muestra debido a que conforman un solo subconjunto (sub conjunto 1) para Tukey y Duncan (alfa = 0.05), lo que supone que los tres tratamientos podrían utilizarse en el proceso de potabilización del agua, con la certeza de que se obtendrán valores adecuados para este fin estipulados por DIGESA.

Cuadro 6. Resumen total en promedio para resultados fisicoquímicos de agua tratada con tres tratamientos de *Moringa Oleífera* en polvo para tres lugares según método de toma de muestra.

Parámetro	Resultados por tratamiento			
	0 g/L	20 g/L	30 g/L	40 g/L
Conductividad (uS/cm)	216	482.13	532.50	503.49
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	151	329.46	349.95	347.76
Turbidez (UNT)	109	7.90	8.52	7.84
Ph	7.9	7.02	7.01	6.99

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados del cuadro 6, muestran datos tomando como base la totalidad de los 3 lugares de toma de muestra, mostrando así una perspectiva global del experimento. Del cuadro podemos observar que la menor conductividad obtenida por tratamiento propuesto fue el tratamiento 1 (20 gL<sup>-1</sup>), 482.13 uS/cm. de los sólidos disueltos totales, el menor valor se obtuvo para tratamiento 1 (20 gL<sup>-1</sup>), 329.46 m gL<sup>-1</sup>, de la turbidez se observa que el menor valor fue 7.84 UNT, alcanzado por el tratamiento 3 (40 gL<sup>-1</sup>), y un pH de 6.99 para el tratamiento 3 (40gL<sup>-1</sup>)

Retomando la Hipótesis general planteada en el estudio, ahora es posible afirmar que la semilla de moringa en polvo, si tiene influencia sobre las características del agua del río Ucayali.

## V. CONCLUSIONES

En esta investigación el objetivo primordial fue evaluar las características del agua del río Ucayali, después de ser tratadas a diferentes proporciones de polvo de Moringa oleífera, de las cuales hemos sido capaces de extraer diversas conclusiones específicas para las características de sólidos totales en suspensión, turbidez, conductividad, y pH.

La utilización del polvo de la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) se considera adecuada para el proceso de potabilización del agua del río Ucayali, ya que se observa una reducción significativa en la concentración promedio de sólidos totales en suspensión en las muestras. Los tres tratamientos empleados en el estudio muestran efectos similares en la reducción de sólidos totales en suspensión, lo que indica que son significativamente iguales en este aspecto.

Contrario a las expectativas, la turbidez del agua del río Ucayali después de ser tratada con polvo de Moringa (*Moringa oleífera*) no alcanza el valor máximo recomendado para su uso como agua potable, con un promedio de 8 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Esto difiere en 3 UNT de la recomendación de la OMS de 5 UNT. El análisis de varianza sugiere que los tratamientos utilizados no tienen diferencias significativas en su efecto sobre la turbidez.

La conductividad del agua se incrementa con la utilización del polvo de Moringa (*Moringa oleífera*), pero no supera los límites máximos permisibles establecidos por la OMS. Esto indica que el producto es adecuado como material precursor en el proceso de potabilización del agua. El análisis de varianza muestra que los tratamientos se pueden agrupar en subconjuntos, lo que significa que tienen efectos similares en la conductividad del agua.

Los tratamientos utilizados en el estudio no causan diferencias significativas en el pH del agua del río Ucayali. Esto sugiere que todos los tratamientos tienden a neutralizar el pH, sin mostrar variaciones notables. El análisis de varianza respalda la conclusión de que los tres tratamientos son similares en su efecto sobre el pH del agua.

En resumen, la investigación muestra que el polvo de Moringa oleífera es eficaz en la reducción de sólidos totales en suspensión y no afecta negativamente la conductividad y el pH del agua del río Ucayali. Sin embargo, no logra alcanzar la turbidez recomendada por la OMS para el agua potable. Estos resultados proporcionan información valiosa para considerar

la viabilidad de utilizar Moringa (*Moringa oleífera*) en el tratamiento de aguas de este río en función de las características evaluadas.

## VI. RECOMENDACIONES

La OMS 2017, estimó que un 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento e higiene deficientes, además de que un sistema de abastecimiento eficiente de agua potable reduce entre un 6% y un 21% la morbilidad por diarrea. Una consecuencia respecto de la evidencia surgida de esta investigación nos permite recomendar la utilización de esta tecnología en el tratamiento de aguas en zonas donde no se pueda potabilizar con sistemas modernos y altamente tecnificados. Esto subraya la importancia de abordar el problema del suministro de agua insalubre.

Se menciona que la moringa es una tecnología útil en el tratamiento del agua, ya que puede ayudar a reducir la turbidez y hacer que el agua sea más segura para el consumo humano. Esta planta tiene propiedades coagulantes que pueden ayudar a eliminar partículas suspendidas en el agua; a pesar de estos beneficios, la moringa puede tener limitaciones en ciertas aplicaciones. Por ejemplo, no puede abordar todas las características del agua que deben ser tratadas, como la presencia de materiales flotantes.

Los hallazgos sugieren varios cursos de acción para la utilización de la Moringa en el tratamiento de aguas con fines de consumo humano, para esto, es necesario la intervención de las autoridades académicas y regionales para impulsar el uso de este conocimiento sobre todo en comunidades nativas de la región. Por lo que se recomienda impulsar la transferencia de tecnologías utilizadas en este estudio para mejorar las condiciones de consumo del agua en zonas alejadas.

Así mismo, se sugiere investigar posibles sustitutos o complementos para el polvo de moringa, especialmente en lo que respecta a la turbidez del agua, lo que podría aumentar su eficacia en la purificación del agua del río Ucayali.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, NC. 2008. Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, *Moringa oleífera* Lam, en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimenticia-nutricional de Guatemala. Informe final, proyecto FODECYT. Guatemala.
- Arguello, D. 2015. Generalidades de la moringa (*Moringa oleífera*) y sus propiedades como alimento funcional. Tesis: ingeniería en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuilla. México.
- Álvarez, T. Aguilar, F. 2017. Uso de la semilla de tamarindo (*tamarindus indica*) como coagulante orgánico para la remoción de turbiedad y color en el agua para potabilización. Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 12 No.1. ISSN 2222 2499.
- Arbenz, P. 2005. La escasez del agua en el Perú. boletín del centro de investigaciones biológicas volumen 41, N°. 2, 2007, PP. 244–254. Universidad de Lima. Perú.
- Arguello, AD. Aguilera, CA. Fuentes, LL. De la Garza, TH. 2015. Generalidades de la Moringa (*Moringa oleífera*) y sus propiedades como alimento funcional. México.
- Caldera, Y. Mendoza, I. Briceño, L. García, J. Fuentes, L. 2007. Eficiencia de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante alternativo en la potabilización del agua. Boletín del centro de investigaciones biológicas volumen 41, N°. 2, PP. 244–254 Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Casas, D. Montes, L. 2014. Utilización de Tuna (*opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. Avances: Investigación en Ingeniería. Consultado 18 de marzo del 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.302>
- Cuervo, M. 2010. El agua potable como bien mayor, en Observatorio de la Economía Latinoamericana. Costa Rica.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones. Ministerio del ambiente del Perú.
- Foild, N. Mayorga, L. Vásquez, W. 1999. Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para el ganado. (Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en América Latina). Brasil.
- Foild, N. Makkar, H. y Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleífera* for agricultural and industrial use. (Taller internacional sobre el potencial de desarrollo de los productos de moringa). Tanzania.



- Folkard, G. Sutherland, J. 1996. Moringa Oleífera Lam. Un árbol con enormes potencialidades. Vol. 8 N° 3. P. 5-8, Turrialba. Costa Rica.
- Gesta Agua. s.f. DIGESA. 2011. (Dirección general de salud ambiental).
- Gómez, K. 2010. Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez. Tesis de grado: título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano. Honduras.
- Jiménez, B. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. UNAM y FEMISCA. México.
- Kanjilal, U. 1911. Forest flora of the Siwalik and Jaunsar forest divisions of the United Province of Agra and Oudh. Calcuta.
- Lamarck, JBPM. 1785. Encyclopédie Méthodique Botanique 1(2): 398. París. Francia.
- Lédo, P. Lima, J. Duarte, M. 2009. Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleifera para la depuración de aguas con baja turbiedad. Información Tecnológica- Vol. 20 N°5-2009, pág.: 3-12 doi: 10.1612/inf.tecnol.4096it.08
- Martin, C. Martín, G. García, A. Fernández, T. Hernández, E. y Puls, J. 2013. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. Pastos y forrajes, 36, 137-149.
- Médecins Sans Frontières. 1997. Refugee Health, an approach to emergency situations. Macmillan. Londres.
- Mendoza, I. Fernández, N. Ettiene, G. Díaz, A. 2000. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. Ciencia 8(2), 235-242. Maracaibo. Venezuela.
- Morales, A. Méndez, R. Tamayo, M. 2009. Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa oleifera lam como coagulante Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 3, septiembre-diciembre, 2009, pp. 523-529 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida. Yucatán. México.
- Ministerio de desarrollo agrario y riego, Minagri. 2016. Uso y manejo del agua. Consultado el 25 de abril del 2017. Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/42-sector-agrario/recurso-agua/329-uso-y-manejo-de-agua>. Perú.
- Navie, S. Csurhes, S. 2010. Horseradish tree. Moringa oleifera. Biosecurity Queensland. Department of Employment, Economic Development and Innovation. Brisbane. Australia.
- Olivero, R. 2013. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica* (en línea). Rev. P+L vol.8 no.1 Consultado: 05 de marzo del

2018. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190904552013000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190904552013000100003&script=sci_arttext).
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 1998. Guía para la calidad del agua potable, 2ª ed. vol. 3: Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 2017. Extend Access to wáter with the help of technology, Socialimpact 1ª ed.
- Osmaton, A. 1927. A forest flora for kumaon. Allahabad. India.
- Parra, Y. Cedeño, M. García, M. Mendoza, I. González, Y. 2011. Fuentes Clarificación de aguas de alta turbidez empleando el Mucílago de *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) / (Cactaceae). Redieluz ISSN 2244-7334 / Depósito legal pp201102ZU3769 Vol. 1 N°1. Enero - junio 2011. pp 27-33.
- Parrota, J. 1993. *Moringa oleifera* Lam. Reseda, horseradish tree. Moringaceae. Horseradish tree family, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. SO-ITF-SM. 60.
- Pérez, A. Sánchez, T. Armengol, N. Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleífera*. Cuba.
- Perrin, P. 1996. War and Public Health, International Committee of the Red Cross – Health Division. Ginebra.
- Pérez, E. 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 29, N° 3. pp 3-14. Costa Rica.
- Ramachandran, C. Peter, K. Gopalakrishnan, P. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*) a multipurpose indian vegetable. Economic Botany, 34(3). pp 276-283.
- Razuri, H. 2021. Agua contra el coronavirus en la Amazonía peruana [Mensaje en un blog]. Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: [https://www.abc.es/natural/abci-agua-contra-coronavirus-amazonia-peruana-202007091328\\_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/natural/abci-agua-contra-coronavirus-amazonia-peruana-202007091328_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F).
- Sandoval, M. Laines, J. 2013. *Moringa oleifera* una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales Ingeniería, vol. 17, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 93-101 Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Schütze, M. 2007. Objetivo de Desarrollo Sostenible. Agua limpia y saneamiento. Consultado el 10 de octubre del 2019. Disponible en: <https://peru.un.org/es/sdgs/6>

- Solís, Y. Zúñiga, L. Mora, D. 2017. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 31-1. enero-marzo 2018. pp 35-46.
- Urrea, M. 2021. Agua contra el coronavirus en la Amazonía peruana. Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: [https://www.abc.es/natural/abci-agua-contra-coronavirus-amazonia-peruana-202007091328\\_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/natural/abci-agua-contra-coronavirus-amazonia-peruana-202007091328_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F)
- Uriarte, J. 2020. Agua Potable. Características del agua. Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/agua-potable/>.
- Orellana, A. 2005. Características del agua potable. Ingeniería sanitaria. Vol1. Universidad Tecnológica del Norte.

## ANEXOS

### Anexo 1

Los siguientes cuadros ilustran el comportamiento de las características propias del agua en el proceso de potabilización en tres tratamientos a diferentes concentraciones como se muestran a continuación.

**Cuadro 1: Resultados para Tratamientos T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> T<sub>3</sub> en la zona L<sub>1</sub>**

ENSAYOS REALIZADOS			CONDUCTIVIDAD (uS/cm) Sin Tratamiento	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L) Sin tratamiento	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	TURBIEDAD (UNT) Sin Tratamiento	TURBIEDAD (UNT)	pH Sin tratamiento	pH
LUGAR	TRATAMIENTO	REPETICION								
L <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> 20g/L	R1	219	570	153	310.8	109	8.72	8.07	6.92
		R2	219	491	153	310.1	108.5	8.7	8.07	7.02
		R3	219	491	153	310.4	108	8.4	8.07	7.02
		R4	219	438.3	153	310.4	108.7	8.68	8.07	7.09
		R5	219	398.8	153	310.3	108.3	8.7	8.07	7.14
	T <sub>2</sub> 30g/L	R1	219	564	153	325.1	109	8	8.07	7.11
		R2	219	560	153	322.5	109	7	8.07	7.1
		R3	219	558	153	322.2	109	7.8	8.07	7.0
		R4	219	554.7	153	320.4	109	7.4	8.07	7.0
		R5	219	551.7	153	318.9	109	7.3	8.07	6.9
	T <sub>3</sub> 40g/L	R1	219	482	153	331.9	109	7.06	8.07	7.13
		R2	219	482	153	330	109	7.01	8.07	7.13
		R3	219	480	153	328.8	109	6.92	8.07	6.92
		R4	219	479.3	153	327.1	109	6.9	8.07	6.9
		R5	219	478.3	153	325.6	109	6.8	8.07	6.7

FUENTE: Elaboración propia

**Cuadro 2: Resultados para Tratamientos T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> T<sub>3</sub> en la zona L<sub>2</sub>**

ENSAYOS REALIZADOS			CONDUCTIVIDAD (uS/cm) Sin Tratamiento	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L) Sin tratamiento	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	TURBIEDAD (UNT) Sin Tratamiento	TURBIEDAD (UNT)	pH Sin tratamiento	pH
LUGAR	TRATAMIENTO	REPETICION								
L2	T1 20g/L	R1	210	446	147	312.2	109	10.11	8.18	6.91
		R2	210	444	147	315	109	9.08	8.18	6.9
		R3	210	445.6	147	311	109	8.01	8.18	7.02
		R4	210	444.8	147	311.5	109	7.0	8.18	7.1
		R5	210	444.6	147	310.9	109	5.9	8.18	7.1
	T2 30g/L	R1	210	595	147	416.5	109	8.41	8.18	6.84
		R2	210	590	147	416	108.3	8.21	8.18	6.9
		R3	210	591	147	413	108	8.02	8.18	7.04
		R4	210	588.00	147	411.67	108.6	7.82	8.18	7.13
		R5	210	586.00	147	409.92	108.3	7.63	8.18	7.23
	T3 40g/L	R1	210	551	147	385.7	109	11.3	8.18	7.11
		R2	210	550	147	385.1	108.5	10	8.18	7.07
		R3	210	550	147	382	108	9.06	8.18	7.01
		R4	210	549.33	147	380.57	108.7	7.88	8.18	6.96
		R5	210	548.83	147	378.72	108.3	6.76	8.18	6.91

FUENTE: Elaboración propia

**Cuadro 3: Resultados para Tratamientos T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> T<sub>3</sub> en la zona L<sub>3</sub>**

ENSAYOS REALIZADOS			CONDUCTIVIDAD (uS/cm) Sin Tratamiento	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L) Sin tratamiento	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	TURBIEDAD (UNT) Sin Tratamiento	TURBIEDAD (UNT)	pH Sin tratamiento	pH
LUGAR	TRATAMIENTO	REPETICION								
L3	T1 20g/L	R1	219	527	153	368.9	109	8.89	6.75	7.16
		R2	219	525	153	367	109	8.06	6.75	7.08
		R3	219	522	153	366	109	7	6.75	7.03
		R4	219	521.67	153	364.40	109	6.09	6.75	6.96
		R5	219	522.17	153	362.95	109	5.15	6.75	6.90
	T2 30g/L	R1	219	451	153	315.7	109	11.11	6.75	7.14
		R2	219	450	153	314	109	10.7	6.75	7.06
		R3	219	450	153	314	109	10	6.75	7.01
		R4	219	449.33	153	312.87	109	9.49	6.75	6.94
		R5	219	448.83	153	312.02	109	8.94	6.75	6.88
	T3 40g/L	R1	219	480	153	336	109	10.93	6.75	7.09
		R2	219	481	153	335	108.6	8.8	6.75	7.07
		R3	219	480	153	331.8	108	7.76	6.75	7
		R4	219	480.33	153	330.07	108.7	5.99	6.75	6.96
		R5	219	480.33	153	327.97	108.8	4.41	6.75	6.92

FUENTE: Elaboración propia

## Análisis estadístico

### ANEXO 2

#### Solidos Disueltos Totales

Estadísticos descriptivos

#### Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Solidos disueltos totales	45	342.2880	34.89342	5.20160

#### Prueba T student

#### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 1000					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Solidos disueltos totales	- 126.444	44	.000	-657.71200	-668.1951	-647.2289

#### Análisis de varianza

#### Solidos disueltos totales

TRATAMIENTO		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Tratamiento 1	15	329.4567
	Tratamiento 3	15	347.7553
	Tratamiento 2	15	349.6520
Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento 1	15	329.4567
	Tratamiento 3	15	347.7553
	Tratamiento 2	15	349.6520

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15.000.

### ANEXO 3

#### Turbidez

#### Estadísticos descriptivos

##### Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Turbidez	45	8.0867	1.52384	.22716

#### Prueba T student

##### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Turbidez	13.588	44	.052	3.08667	2.6289	3.5445

#### Análisis de varianza

##### Turbidez

TRATAMIENTO		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Tratamiento 3	15	7.8387
	Tratamiento 1	15	7.8993
	Tratamiento 2	15	8.5220
Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento 3	15	7.8387
	Tratamiento 1	15	7.8993
	Tratamiento 2	15	8.5220

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15.000.



## ANEXO 4

### Conductividad

#### Estadísticos descriptivos

##### Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Conductividad	45	506.0427	52.56007	7.83519

### Prueba T student

##### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 1500					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Conductividad	- 126.85 8	44	.000	-993.95733	-1009.7481	-978.1665

### Análisis de varianza

#### Conductividad

TRATAMIENTO		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Tratamiento 1	15	482.1293	
	Tratamiento 3	15	503.4947	503.4947
	Tratamiento 2	15		532.5040
Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento 1	15	482.1293	
	Tratamiento 3	15	503.4947	503.4947
	Tratamiento 2	15		532.5040

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15.000.

## ANEXO 5

### pH

#### Estadísticos descriptivos

##### Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Ph	45	7.0113	.10450	.01558

#### Prueba T student

##### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	.728	44	.047	.01133	-.0201	.0427

#### Análisis de varianza

##### pH

TRATAMIENTO		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Tratamiento 3	15	6.9920
	Tratamiento 2	15	7.0187
	Tratamiento 1	15	7.0233
Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento 3	15	6.9920
	Tratamiento 2	15	7.0187
	Tratamiento 1	15	7.0233

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15.000.