

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

***“PRUNUS PERSICA COMO COMPLEMENTO DEL
SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE
LA TURBIEDAD PRESENTE EN AGUAS
SUPERFICIALES DEL RÍO MOCHE – TRUJILLO,
2019”***

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Gianfranco Jakob Acosta Espino
Erick Manuel Dominguez Genovez

Asesor:

Ing. Luis Enrique Alva Díaz

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo principalmente a nuestros padres; por su amor, trabajo y sacrificio de todos los días.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todas las personas que nos han apoyado a lo largo de la carrera universitaria e hicieron posible que el trabajo se culmine con total éxito.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	67
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	77
REFERENCIAS	91
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche.....	67
Tabla 2 – Cálculo de la alcalinidad en la muestra de agua superficial del río Moche	68
Tabla 3 – Concentración de la temperatura final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2.....	69
Tabla 4 – Concentración del pH final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2.....	70
Tabla 5 – Concentración de la conductividad final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2	71
Tabla 6 – Concentración de la turbiedad final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2.....	72
Tabla 7 – Concentración de la alcalinidad final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Combinación de factores en el diseño de investigación para la prueba de jarras N° 1	35
Figura 2 – Combinación de factores en el diseño de investigación para la prueba de jarras N° 2	35
Figura 3 – Síntesis del diseño de investigación para la prueba de jarras N° 1.....	36
Figura 4 – Síntesis del diseño de investigación para la prueba de jarras N° 2.....	36
Figura 5 – Punto de monitoreo de agua superficial del río Moche	41
Figura 6 – Procedimiento para la ubicación y recolección de la muestra de agua del río Moche	42
Figura 7 – Secuencia de la técnica de muestreo simple según Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	44
Figura 8 – Pasos para la determinación de la temperatura, pH y conductividad	49
Figura 9 – Pasos para la determinación de la turbiedad	51
Figura 10 – Pasos para la determinación de la alcalinidad	53
Figura 11 – Pasos para la preparación del coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio.....	56
Figura 12 – Pasos para la preparación del coagulante natural a base de <i>Prunus persica</i>	59
Figura 13 – Procedimiento para el desarrollo de la prueba de jarras	63
Figura 14 – Procedimiento para la evaluación de la remoción de la turbiedad	65
Figura 15 – Determinación de la dosis óptima de los coagulantes	74
Figura 16 – Comparación gráfica de la remoción de la turbiedad en la prueba N° 1 y prueba N° 2.....	75
Figura 17 – Comparación de los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B)	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 – Porcentaje de remoción de contaminantes	27
Ecuación 2 – Cálculo de la alcalinidad.....	52
Ecuación 3 – Ecuación general de diluciones.....	54

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia de la *Prunus persica* (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019. Para la metodología, primero se realizó una caracterización de las muestras de agua superficial tomadas en el punto de monitoreo “RMoch1”, donde se analizaron los parámetros físicos de temperatura, pH, conductividad, turbiedad y alcalinidad. Luego, se desarrollaron dos (2) pruebas de jarras. En la prueba N° 1, solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$); mientras que en la prueba N° 2, se utilizó una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno). Asimismo, se obtuvo como resultado para cada jarra –enumerada del uno (1) al seis (6)– en la prueba N° 1: 0.00%; 94.69%; 97.72%; 98.63%; 98.97% y 99.48%, respectivamente; y para cada jarra en la prueba N° 2: 0.00%; 80.26%; 93.65%; 95.37%; 96.08% y 96.75%, respectivamente. Por último, se concluye que la eficacia de la *Prunus persica* (semilla de durazno) no es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019; a pesar de haber obtenido finalmente un porcentaje de remoción de 96.75%, en la segunda prueba de jarras. Esto se demuestra a través de la prueba t-Student, donde el valor “P” fue de 0.8439 ($p > 0.05$) con un nivel de confianza del 95.00%.

Palabras clave: Eficacia, coagulantes naturales, *Prunus persica*, semilla de durazno, sulfato de aluminio, porcentaje de remoción, remoción de turbiedad, dosis óptima.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para que las personas, animales y plantas puedan vivir. Además, si se habla en el caso de las personas, la obtención o captación de este recurso puede llegar a ser fundamental para los fines que se le piense dar. Por lo tanto, la fuente hídrica, de donde se abastecerá una comunidad, debe ser caracterizada de la forma más completa posible y conforme a la normativa de uso de agua destinada al consumo humano (Lozano y Lozano, 2015, pág. 32). Sin embargo, las aguas naturales raramente son de calidad satisfactoria para el consumo o el uso industrial y casi siempre deben ser tratadas (Kiely, 1999 citado en Guzmán, Villabona, Tejada y García; 2013, pág. 1). Asimismo, los recursos hídricos del planeta están sometidos a contaminación física, química y/o biológica. El avance de la actividad humana (industria, agricultura, ganadería, entre otras), el crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades y la falta de medidas y programas para dar respuesta a dichos cambios, genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación. (Ramírez y Jaramillo; 2015, pág. 138).

De esta manera, la contaminación aumentó en la mayoría de los ríos de África, Asia y América Latina, entre 1990 y 2010, por lo que cientos de millones de personas se encuentran en riesgo de contraer enfermedades que pueden ser letales, entre ellas el cólera, que es una enfermedad transmitida por cuerpos de agua contaminados, según alerta la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Asimismo, en Colombia, las fuentes hídricas se han visto afectadas a causa de la contaminación de las aguas superficiales, la incorporación de elementos extraños (de naturaleza física, química o biológica), los cuales hacen inútil o riesgoso su uso

(humano, vida acuática, recreación, riego, industria, energía, transporte). (Segura; 2007, pág. 1).

Por otro lado, la región hidrográfica del Pacífico es la zona del Perú sometida al mayor número de fuentes contaminantes. Aquí se concentra la mayor densidad demográfica, el mayor número de pasivos ambientales antiguos (catastro minero), de vertimientos industriales y de zonas agrícolas. (Ministerio del Ambiente (MINAM); 2015, pág. 379). La cuenca del Río Moche, ubicada en la región La Libertad, es actualmente una de las fuentes hídricas más afectadas por los vertimientos de empresas industriales y mineras. El deterioro de la misma se ve influenciado por el incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que involucra la presencia de metales pesados (Ag, Hg, Cu, Pb, Cd, Fe); así como la alteración de la turbiedad, pH, alcalinidad, color, DBO, DQO, entre otros. Según el estudio de Neyra y Llenque (2011), los metales plomo, hierro y cadmio sobrepasan sus límites máximos permisibles en un 94.00%, 51.00% y 100.00%, respectivamente, los cuales hacen que el agua no sea apta para el consumo humano.

Durante el proceso de clarificación de aguas superficiales, comúnmente se utilizan coagulantes inorgánicos y/o polímeros sintéticos para la reducción de sólidos suspendidos, bacterias y virus, entre otros microorganismos. En la actualidad, hay principalmente dos productos químicos que se utilizan para el proceso de coagulación en países en vías de desarrollo: el sulfato de aluminio y el cloruro férrico. (Lédo et al, 2009 citado en Feria, Bermúdez y Estrada, 2014, pág.11). Sin embargo, puede ser fácilmente asimilado por el hombre, con potenciales consecuencias negativas a largo plazo. Sus efectos se asocian con varias formas de cáncer, Alzheimer y enfermedades óseas. Una concentración de aluminio superior a 0,10 mg/L en agua para consumo humano puede ser un factor de riesgo para la demencia, especialmente para el mal de

Alzheimer. Además, el alumbre genera grandes cantidades de lodos que no pueden ser utilizados como biosólidos porque impactan negativamente los suelos y el agua debido a su ecotoxicidad. (Olivero, Mercado y Montes, 2013, pág. 21).

Debido a las problemáticas descritas anteriormente se deben tomar medidas para descontaminar las aguas superficiales, siendo necesario la búsqueda de nuevas alternativas basadas en investigaciones sobre diversos sistemas de tratamiento de aguas que lo faciliten. (Sanches et al, 2011 citado en Ramirez y Jaramillo, 2015, pág. 138). Una alternativa de solución que se menciona en esta tesis es el uso de coagulantes naturales para la reducción de parámetros físicos que sobrepasen los Estándares de Calidad Ambiental y/o Límites Máximo Permisibles; en este caso, la utilización de la *Prunus persica* (semilla de durazno).

La presente investigación viene siendo justificada debido al uso de nuevas tecnologías ecoeficientes que buscan emplear coagulantes a base de materia orgánica con la finalidad de reemplazar a los coagulantes artificiales más utilizados, como el Cloruro Férrico y Sulfato de Aluminio, durante el proceso de coagulación y floculación. Además, propone otras alternativas de reutilización y aprovechamiento para las aguas superficiales ya tratadas. Por otro lado, servirá como base y/o fundamento para futuras investigaciones que se realicen con la iniciativa de encontrar soluciones medioambientales frente a problemas globales como la calidad del agua para el uso y consumo humano.

Para el presente proyecto de investigación se ha tenido en cuenta los siguientes estudios como antecedentes sobre el uso de coagulantes naturales para la remoción de contaminantes presentes en aguas superficiales.

En la investigación realizada por Guano (2020) titulada “*Remoción de Plomo y Cadmio de aguas residuales industriales mediante biocoagulación con semillas de*

durazno”, se propuso evaluar la remoción de plomo (Pb) y cadmio (Cd) de aguas residuales industriales mediante biocoagulación con taninos extraídos de las semillas de durazno. La determinación de la eficiencia de remoción de los metales pesados se realizó mediante biocoagulación con el tanino de dos diámetros de partícula (75.00 a 300.00 μm), a diferentes pH: 10.00, 7.00 y 4.00; respectivamente, obteniendo dosis óptimas de 2.30 ml y 1.00 ml. Asimismo, como resultado se obtuvo que los porcentajes de remoción más representativos para el tanino de la partícula de 75.00 μm fue a pH 10.00 con un resultado de 85.90% de remoción de plomo (Pb) y para cadmio (Cd), en los 3 pH, se obtuvo 100.00% de remoción; por otro lado, para el tanino de la partícula de 300.00 μm , la mejor remoción de plomo (Pb) fue a pH 10.00 donde se obtuvo un 97.20% de remoción y para cadmio (Cd) en los 3 diferentes pH se obtuvo una total remoción de 100.00%. Se concluye que, en la remoción de metales pesados (Pb y Cd), para el diámetro de 300.00 μm a pH 10.00 se obtuvo un 97.20%, en comparación a pH 7.00 que se alcanzó un 81.7% y a pH 4.00 que se logró un 83.09%, mientras que con diámetro de 75.00 μm a pH 10.00 se obtuvo 85.90% en comparación con pH 7.00 y pH 4.00 donde se logró un 83.00% de remoción de plomo (Pb). Además, se infiere que –en general– en todos los pH, se obtuvo un porcentaje alto de remoción; para la remoción de cadmio (Cd) en las partículas con diámetro de partícula de 75 y 300 μm , en los 3 diferentes pH, se obtuvieron un 100% de remoción.

En la investigación realizada por Quino (2020) denominada “*Evaluación de aguas residuales bajo el tratamiento a diferentes temperaturas de coagulación –floculación con semillas de Durazno (*Prunus pérsica*), Tuna (*Opuntia ficus indica*) y cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) del río Jillusaya*”, la cual tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la semilla de durazno (*Prunus pérsica*), tuna (*Opuntia ficus-indica*) y cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) a diferentes temperaturas de coagulación –

floculación. Para esto se hicieron pruebas correspondientes a diferentes temperaturas, tomando como temperatura inicial 19.00 °C, 22.00 °C y 25.00 °C, siendo la turbidez inicial de 45.80 NTU. Los parámetros físicos mostraron mejores resultados con el sulfato de aluminio a 25.00 °C con una turbidez final de 0.74 NTU. Sin embargo, se obtuvo resultados similares con el almidón de cáscara de papa a 19.00 °C en donde la turbidez disminuyó hasta 1.93 NTU; por otro lado, el coagulante natural menos eficaz a 19.00 °C fue la semilla de durazno con el cual se obtuvo una turbiedad de 4.64 NTU. Se concluye que los parámetros cambian drásticamente con la aplicación de sulfatos respecto a los coagulantes naturales, así también la temperatura afecta de manera significativa a la variación de los resultados. Además, como mejor alternativa con respecto al uso de químicos, en cuanto a parámetros de esta naturaleza, se recomienda la utilización de cáscara de papa a temperaturas ambiente como 19.00 °C, ya que mostró resultados similares al sulfato de aluminio, sin descartar el uso de pencas de tuna a temperaturas más elevadas como 22.00 – 25.00 °C que mostraron resultados semejantes a los de la cáscara de papa.

En la investigación de Olivero, Flórez, Vega y Villegas (2017) titulada “Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas”, se planteó como objetivo evaluar el desempeño de tres coagulantes para la remoción de sólidos suspendidos y disueltos para el tratamiento del agua del río Magdalena. La metodología que se utilizó fue operaciones unitarias tales como peladas, secadas, trituradas y tamizado para convertir la *Moringa oleífera* y la *Opuntia ficus* en polvo. Se determinó la dosis de clarificantes a usar para las muestras, utilizando un diseño experimental de 8x3x2. Se obtuvieron resultados los cuales consistían en comparar los coagulantes por separado y mezclados para saber si el uso de sulfato de aluminio, en los porcentajes dados, altera la clarificación. Se

concluyó, a raíz de los resultados logrados, que mezclando *Moringa oleífera* y *Opuntia ficus* se puede remover un porcentaje de turbidez mayor al 90.00%; en comparación con mezcla de alumbre y coagulantes naturales, la cual puede remover al menos un 99.00% de turbidez en el agua.

El trabajo realizado por Feria, Rodiño y Gutiérrez (2016) titulado “*Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua del río Sinú tratada con coagulantes naturales*”, tuvo como objetivo evaluar coagulantes naturales en solución salina de tallos de *Hylocereus cf. trigonus*, exudado gomoso de *Albizia saman*, corteza y semilla de *Moringa oleífera* y corteza de *Guazuma ulmifolia*, en muestras de agua cruda del río Sinú, con turbidez de 56.00, 104.00, 200.00 y 301.00 NTU. El método usado fue ensayos de jarras para determinar la remoción de turbidez de cada coagulante, con dosis de 5.00 mg/L a 60.00 mg/L. Se midió el pH, la alcalinidad y el color de las muestras de agua, antes y después del tratamiento, para verificar la incidencia de los coagulantes en el proceso de potabilización. Los resultados que se obtuvieron se reflejaron en que los porcentajes de remoción variaron entre el 50.00% y 70.00% para *H. trigonus*, *A. saman*, *G. ulmifolia* y corteza de *M. oleífera* y hasta del 95.00% con semilla de *M. oleífera*. Finalmente, se concluyó que las dosis aplicadas de los coagulantes naturales probados mostraron, en promedio, mayores porcentajes de remoción de turbidez sin alterar significativamente el pH y la alcalinidad del agua después de tratamiento.

Fuentes, Molina y Ariza (2016) en su investigación denominada “*Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas*”, tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales *Moringa Oleífera*, *Cactus Opuntia*, Algas Marinas y Almidón, para la clarificación de las aguas de uso y consumo humano. Su metodología se basó en efectuar pruebas

mediante dos sistemas simulando las fases de coagulación y floculación, utilizando varias dosificaciones. Las variables de control fueron: color, turbiedad, OD, ST, conductividad, DQO y pH; obteniendo como resultado que las mayores eficiencias de remoción se presentaron con pre-tratamientos excepto el Cactus; encontrándose 88.26% para Moringa usando $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 79.73% para almidón con NaOH; 81.14% para algas con CaCl_2 y 98.41% para cactus siendo la más eficiente. Finalmente, los autores concluyeron que se determinaron las condiciones óptimas de los coagulantes naturales, demostrando que son eficientes, seguros y económicos para el tratamiento de aguas.

Contreras et al. (2015), en su artículo de investigación denominado “*El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación del agua*”, plantearon como objetivo principal medir la eficacia del mucílago extraído del nopal para usarlo como complementario del sulfato de aluminio en el proceso de tratamiento para clarificar el agua del río Magdalena en Sucre. Mediante la prueba de jarras se realizó la clarificación, aplicando dos concentraciones de 35.00 y 40.00 mg/L a velocidades de 100.00 y 200.00 rpm, aplicando dos tiempos de agitación de 20 y 30 minutos, teniendo en cuenta el pH, la porción y concentración del coagulante y la velocidad a la que se agitará la muestra; de este modo se determinó una eficiencia superior al 50.00%, siendo las concentraciones más efectivas 96.00 – 98.00% de coagulante nopal, este a su vez no afectó el pH de manera significativa, manteniendo las características iniciales de este, obteniendo como conclusión la alta efectividad del coagulante de nopal, reduciendo altamente la coloración y turbidez del agua, llegando a un aproximado de 80.00% de efectividad.

Feria, Bermúdez y Estrada (2014) en su investigación titulada “*Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú*”, tuvieron como finalidad evaluar la eficiencia de la semilla de *M. Oleífera*

como coagulante y sus efectos sobre el pH y la alcalinidad. Para cumplir con el objetivo, se realizaron ocho muestreos simples en el río Sinú. Las semillas de *M. Oleífera* se seleccionaron, descascararon, secaron, molieron y tamizaron en una malla de 250.00 μm hasta obtener un polvo fino. Se prepararon dosis de coagulante natural desde 2.50 mg/L hasta 30.00 mg/L en solución salina y se aplicaron a cada muestra tomada del río. Se generó un modelo cúbico de superficie de respuesta para evaluar la eficiencia de remoción de turbidez. Obteniendo como resultado altas eficiencias de remoción de turbidez (>90.00%) que se lograron con dosis entre 4.50 mg/L y 17.50 mg/L de coagulante natural para turbiedades iniciales mayores a 90.00 UNT. Por último, se concluyó la *M. Oleífera* es un coagulante eficaz, seguro y económico para la remoción de turbidez del agua cruda del río Sinú.

En la investigación de Solís, Laines y Hernández (2012) nombrada "*Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*", se tuvo como objetivo comparar mezclas con potencial coagulante compuestas por almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y sulfato de aluminio de grado comercial. El método usado fue el siguiente: mediante prueba de jarras se determinó la dosis óptima del sulfato de aluminio (30.00 mg/L, tratamiento 1), en la clarificación de una muestra de agua de río (color de 85.00 UC, turbiedad de 70.00 NTU y pH de 6.80). Esta dosis, sirvió como base para la preparación de seis mezclas con distintas composiciones de almidón y sulfato de aluminio (tratamientos 2 a 7). En cada tratamiento se midieron tres parámetros fisicoquímicos relevantes en ensayos de coagulación-floculación: color, turbiedad y pH. Por otro lado, los resultados indican que la mayor reducción de color (94.00% de eficiencia) se obtuvo con el tratamiento 2 (2.00 mg/L de yuca más 28.00 mg/L de sulfato de aluminio). Finalmente, se concluyó que los resultados obtenidos en el presente trabajo lograron comprobar que las mezclas de sulfato de aluminio con

almidón de yuca tienen un potencial de coagulación-floculación y podrían ayudar al tratamiento de las aguas superficiales.

Los autores Ledo, Lima, Paulo y Duarte (2009) en su investigación denominada “*Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleífera para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad*”, tuvieron como objetivo investigar la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleífera*, para remoción de turbiedad en muestras del agua provenientes de la Laguna de Jiqui. El método usado fue: dosificaciones y el pH de los coagulantes fue variado estando entre límites establecidos. Se realizaron pruebas, en tubos de ensayo Jar-Test y medidas de movilidad electroforética para determinar el potencial Zeta y para determinar los posibles mecanismos involucrados en el proceso de coagulación. Los resultados sugieren que, para aguas de baja turbiedad, las semillas de *Moringa oleífera* pueden ser un sustituto potencialmente viable al sulfato de aluminio para la clarificación de dichas aguas. Por último, se concluye que las semillas de *Moringa oleífera* poseen una eficiencia de remoción de turbiedad ligeramente inferior a la observada con el sulfato de aluminio; el uso de la primera puede justificarse por el hecho de representar una tecnología ambientalmente correcta.

Cabrejos (2019) en su investigación nombrada “*Eficiencia de la semilla de Prunus pérsica (durazno) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa*”, se planteó como objetivo determinar la eficiencia de la semilla de *Prunus pérsica* como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales de la planta procesadora de lácteos en Molinopampa. Para poder cumplir con lo propuesto, se tomaron muestras del efluente de agua residual que proviene de la planta procesadora de lácteos; además, se elaboró el coagulante natural a partir de la semilla de durazno, retirando la cáscara o hueso de

fibra que rodea a la almendra, se colocó en la estufa a 60.00 °C por un promedio de 8 horas para que seque y se pueda triturar. Para preparar el coagulante se tomó 10.00 g del polvillo y se mezcló con 2 L agua destilada. Luego se procedió a agregar a las jarras 0.00 ml, 50.00 ml, 100.00 ml y 150.00 ml de coagulante natural, se determinó una velocidad de 200.00 RPM, además de tiempos de remoción de 30; 60; 90 y 120 min. A partir de esto, se obtuvo que, en el caso de la utilización de la dosis del coagulante a base de *Prunus pérsica*, la mejor remoción de la turbidez se logró con la aplicación de una dosis de 150.00 ml; aunque con respecto al pH, este afectó disminuyéndolo y volviéndolo ácido. Entonces, la aplicación de 100.00 ml de solución de *Prunus pérsica* fue la dosis más apropiada. La investigación concluye con la hipótesis general rechazada; pero como el coagulante -según referencia- sí funciona, fue probado en 3 clases de aguas residuales distintas y los resultados fueron muy óptimos señalando una reducción de turbidez de 99.63% en las textiles, 99.80% en las tintorerías y 98.73 % en un camal.

En la investigación de Dávila, Huamán, Flores, Polo y Araujo (2018) titulada “*Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas*”, se tuvo como objetivo evaluar la efectividad de especies naturales como ayudantes de coagulación para la clarificación de aguas turbias que se generan en épocas de avenidas en los ríos Lullan, Paria y Chucchun. La metodología aplicada fue: recolección de los coagulantes, test de jarras y determinación de dosis óptimas y pH. Además, se utilizó coagulantes naturales como la mashua, papa, tara, penca y trigo, que se añadieron a la muestra en el ensayo de test de jarras, obteniéndose una dosis de 45.00 mg/L a un pH de agua de 7.50 con concentraciones de 5.30%; obteniéndose valores de remoción importantes para los

parámetros de turbiedad y sólidos disueltos totales. Finalmente, concluyeron que es posible utilizar insumos naturales como coagulantes para la clarificación de aguas superficiales en épocas de lluvias, y así poder potabilizarlas y ser aptas para consumo humano.

En tal sentido, continuando con el proyecto de investigación, se han utilizado los siguientes conceptos teóricos, aquellos que explican el desarrollo y sus resultados, y se mencionan en las siguientes etapas, tales como: coagulación y floculación; coagulantes naturales y artificiales; caracterización de la muestra; prueba de jarras; dosis óptima; movimiento browniano; fuerzas de Van Der Waals; electroforesis; porcentaje de remoción ; etc.

Aguas superficiales

Las aguas superficiales se ven representadas por los ríos, lagos, océanos, lagunas, arroyos, humedales, etc., y se encuentran sobre la superficie del planeta originadas por las precipitaciones y el deshielo de los glaciares. Por lo general, estas alimentan a las aguas subterráneas mediante las infiltraciones a través del cauce de los ríos. En muchas ocasiones, estos ríos sirven como fuente hídrica para el tratamiento de dichas aguas desde el proceso de captación. (Navarro, 2018).

Contaminación de aguas superficiales

La contaminación de aguas superficiales es fácilmente detectable. A veces a simple vista, por el color y el olor de las aguas. Pueden tomarse medidas pronto para evitar que continúe la contaminación. (Instituto Geológico y Minero de España, 2017). La contaminación del agua viene a ser la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico causadas por el humano, alterando la calidad del agua. Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente. Su

cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. (Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE), 2010, pág. 2).

Efectos de la contaminación del agua superficial

Directa: Por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados. En otros casos es por contacto cutáneo o mucoso (con fines recreativos, contacto ocupacional o incluso terapéutico) pudiendo originar infecciones locales en piel dañada o infecciones sistémicas en personas con problemas de inmunodepresión. (Poma y Quispe, 2016, pág. 21).

Indirecta: El agua actúa como vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales. Así mismo, los moluscos acumulan gran cantidad de polivirus y pueden ser ingeridos y afectar a los seres humanos. Finalmente, algunos insectos que se reproducen en el agua son transmisores de enfermedades como el paludismo o la fiebre amarilla. (Poma y Quispe, 2016, pág. 21).

Tratamiento de aguas superficiales

El tratamiento de aguas superficiales es un tratamiento convencional y está compuesto por captación, obras de aducción, almacenamiento de agua bruta, tratamiento que se divide en separador; desarenador; coagulación y floculación; sedimentación; filtración y desinfección por cloración, almacenamiento de agua tratada y redes de distribución. Estos procesos se encuentran separados en procesos físicos y químicos. (Ramalho, 1990).

Coagulación y Floculación

La coagulación es el proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizados por el aumento de las fuerzas que mantienen su firmeza. Por otro lado, la floculación es el proceso por el que las partículas ya

inestables se unen para formar partículas con mayor tamaño más estables o aglomerados, también llamados flocs. Dentro de la coagulación, existen la coagulación por adsorción y por barrido. En la floculación, se encuentran la floculación pericinética y ortocinética. Asimismo, algunos coagulantes pueden alcanzar la desestabilización por más de un camino. (Aguilar et al. 2002).

Coagulantes Naturales

Los coagulantes de origen natural son una fuente alternativa con gran potencial que aún no ha sido aprovechada en su totalidad; estos se producen de manera indeliberada, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas. En general, presentan una toxicidad muy baja y son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua (Lee et al. 1995; Ganjidoust et al. 1997 citado en Guzmán, et al. 2013). Además, estos pueden retirar turbiedad y DQO al igual que los coagulantes artificiales. Asimismo, pueden ser tan eficientes como los últimos mencionados. No obstante, se requiere obtener la dosis óptima mediante ensayos de prueba de jarras con la finalidad de reducir costos y tiempo de producción; es por eso que dichos coagulantes resultan ser una alternativa viable y sostenible para el tratamiento de aguas superficiales para el consumo humano. (Gurdián, Coto y Salgado, 2012).

***Prunus persica* (semilla de durazno)**

La *Prunus persica*, popularmente conocida como semilla de durazno, contiene proteínas y almidón. Estas características son las que brindan las propiedades de coagulación y floculación. Principalmente, las proteínas, al presentarse de manera catiónica, desestabilizan a las partículas coloidales de carga negativa haciendo que se atraigan unas con otras formando los coágulos y posterior a ello, los flóculos. Asimismo, una semilla de durazno contiene un porcentaje de humedad de 7.00%, y

aceites y grasas de 51.40%. También, retrasan las reacciones químicas, microbiológicas, y la formación de enzimas por lo que contribuyen en el tratamiento de aguas; por lo tanto, dichas cualidades la vuelven uno de los coagulantes naturales más usados y con mejores propiedades de coagulación. (Ramírez y Jaramillo, 2014).

Coagulantes Artificiales

Los coagulantes artificiales o químicos más conocidos son sulfato de aluminio y cloruro férrico. Estos tienen la función de facilitar la coalescencia de las partículas de los lodos y forman flóculos que sedimentan más rápidamente mejorando la filtración. (Cogollo, 2011). Para la potabilización del agua se utilizan sustancias químicas como sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso, polielectrolitos, etc. Cuando se adicionan estas sales al agua se producen complejas reacciones químicas, las cuales varían dependiendo de la alcalinidad del agua. Estas reacciones producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados. En el momento en que ocurre la polimerización de los agentes coagulantes, estos atrapan los coloides y los integran a la estructura del flóculo formado. (Ruíz, 2015).

Muestra simple

A este tipo de muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto determinado para el análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó la recolección. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de áreas sustanciales, puede decirse que la muestra simple es representativa de un intervalo de tiempo o volumen más extenso. (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016, pág. 29).

Caracterización de muestra

La caracterización de la muestra se refiere al análisis físico-químico cuyos datos se obtienen a través de una técnica *ex situ* que es utilizada tanto para agua superficial o subterránea, con medidores multiparámetro o con electrodos individuales de pH; turbiedad; alcalinidad; color y etc. (Navarro, 2018).

pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Este indica la concentración de iones de hidrógeno que se encuentran en determinadas disoluciones. Se mide mediante un medidor de pH y posee valores según sus rangos. De 0.00 a 6.50 se denomina pH ácido; de 6.50 a 7.50 se denomina pH neutro y de 7.50 a 14.00 se denomina pH básico. (Lawn, 2013).

Conductividad

La conductividad representa la capacidad de una solución para transmitir una corriente eléctrica. Su valor depende del tipo de iones involucrados, concentraciones, estados de oxidación de los mismos, así como la concentración relativa de cada uno y la temperatura. En general, las soluciones de ácidos, bases y sales son buenas conductoras, pero las de compuestos orgánicos lo son escasa o nualmente. La conductividad de electrolitos (no metálica) es muy dependiente de la temperatura, aproximadamente 1.90%/°C. (Jiménez, 2001).

Turbiedad

Parámetro que mide en qué cantidad es dispersada o absorbida la luz por la materia sedimentada o coloidal del agua. Sin embargo, este no es un análisis cuantitativo de agua de los sólidos suspendidos. En aguas superficiales, se debe en su mayoría a la presencia de arcilla y otros minerales, cuyos tamaños van desde 0.20 a 5.00 μm , es

decir, presentan sólidos de escala superior a la de los verdaderos coloides. (Jiménez, 2001).

Alcalinidad

Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar sustancias ácidas. La alcalinidad del agua, sea alta o baja, no tiene efectos perjudiciales en las personas; sin embargo, las aguas cuya alcalinidad es elevada, tienen sabor desagradable. Además, se mide por titulación con ácido sulfúrico hasta el punto final, un pH aproximado de 4.50. (Glynn y Heinke, 1999).

Prueba de Jarras

Sirve para determinar si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante tratamiento de coagulación-floculación. El ensayo consiste en colocar agua residual en vasos de precipitado y añadir, progresivamente, diferentes cantidades de coagulante. Se somete el juego de vasos ("jarras") a una agitación rápida para homogeneizar el medio y, posteriormente, a una lenta para favorecer la formación flóculos. Pasado cierto tiempo, se dejan los vasos en reposo y se analiza tanto el sobrenadante como los lodos producidos. (Jiménez, 2001).

Mediante estos ensayos es posible determinar el coagulante o floculante óptimo, mezclado necesario, pH óptimo, dosis óptima y rendimiento máximo alcanzable.

Dosis óptima

Es la cantidad de coagulante a adicionar durante el proceso de potabilización del agua debe ser determinada con anterioridad, la cual dependerá principalmente del grado de turbidez que presente el agua a tratar. Esta dosis es considerada como el volumen indicado de coagulante a una concentración determinada con la cual se logrará conseguir la formación de flóculos con mayor compactación y velocidad de sedimentación, lo que a su vez permitirá obtener un mayor porcentaje de reducción de

la turbidez (Zambrano y Liliana, 2008 citado en Barajas y León; 2015, pág. 24). El proceso para la determinación de la dosis óptima más común es la prueba de jarras, simulando a escala de laboratorio los procesos de coagulación y floculación. Además, una de las herramientas que se pueden utilizar para determinar la dosis óptima, son las normativas vigentes de la calidad de agua según el uso correspondiente.

Partículas coloidales

Las partículas coloidales en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 mili micrómetros, y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. Estas partículas presentes en el agua son las principales responsables de la turbiedad. Las impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad. Para que estas impurezas puedan ser removidas, es preciso alterar algunas características del agua, a través de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. (Barrenechea, s.f. pág. 154).

Fuerzas de Van der Waals

Las partículas coloidales se encuentran dispersas en la fase continua debido a un balance de fuerzas de atracción-repulsión entre ellas. Cuando dominan las fuerzas de repulsión, las partículas coloidales permanecen separadas después de la colisión; si dominan las fuerzas de atracción, las partículas se aglomeran después de la colisión. Generalmente, las partículas poseen cargas en su superficie (positivas o negativas) o presentan alguna forma de repulsión estérica, debido a la presencia de surfactantes en su superficie o por su propia naturaleza. Estas **fuerzas de atracción son las de Van der Waals**, entre otras. (De Hoyos, Martínez y Farías, 2014).

Movimiento Browniano

En 1827, Robert Brown, un botánico inglés que estaba investigando una suspensión de partículas microscópicas de polen en una solución acuosa, observó que tales partículas, en lugar de permanecer estáticas, estaban permanentemente sometidas a un movimiento errático y zigzagueante.

La teoría cinética de la materia ofreció pronto una explicación cualitativa del movimiento browniano: Las moléculas que componen el líquido están sometidas a un movimiento térmico, cuyas velocidades aleatorias tiene una distribución probabilística (la distribución de Maxwell) que depende de la temperatura del medio. Cualquier partícula suficientemente grande para ser observada al microscopio, sufre constantes colisiones por parte de las moléculas que la rodean y cada colisión altera su vector velocidad en una dirección y con un módulo aleatoriamente elegidos, según la posición y energía de la molécula que la golpea. El efecto neto es el movimiento errático de la partícula a través del fluido. (Vélez, s.f.).

Electroforesis

La mayoría de las biomoléculas poseen una carga eléctrica, cuya magnitud depende del pH del medio en el que se encuentran. Como consecuencia, se desplazan cuando se ven sometidas a un campo eléctrico.

Se denomina electroforesis a la técnica mediante la cual se separan las biomoléculas en disolución cuando se ven sometidas a un campo eléctrico. Se trata de una técnica fundamentalmente analítica, aunque también se puede realizar con fines preparativos.

Cada molécula se desplaza por efecto del campo, alcanzando rápidamente una velocidad constante al equilibrarse la fuerza impulsora (fuerza del campo eléctrico)

con la resistencia al avance (fuerza de fricción o rozamiento) impuesta por el medio en el que se desplaza. En unas condiciones determinadas de electroforesis, la diferente movilidad de cada molécula definirá su separación en el espacio; al ir transcurriendo el tiempo, se van separando progresivamente unas de otras. (Biomodel, s.f.).

Eficacia

María Moliner interpreta esa definición y sugiere que “eficacia” “se aplica a las cosas o personas que pueden producir el efecto o prestar el servicio a que están destinadas”. Algo es eficaz si logra o hace lo que debía hacer (Moliner 1998 citado en Mokate, 2001). Según Mejía (s.f.) la eficacia es el grado en el que se llega cumplir metas y objetivos de un plan, es decir, cuánto de los resultados esperados o en qué porcentaje se alcanzó. La eficacia es simplemente la comparación entre lo alcanzado y lo esperado. Los niveles superiores de eficacia corresponden a porcentajes de ejecución muy altos, cuya calificación es cada vez más difícil de obtener.

Remoción de contaminantes

Es un indicador que se mide a través de porcentaje (%), este permite cuantificar la cantidad de contaminantes que han disminuido en el proceso de coagulación. El cálculo de la remoción de contaminantes, se divide en: remoción de material en suspensión, comparación de resultados y cálculo mediante la fórmula.

$$\% R = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \dots (1)$$

Donde:

- % R es el porcentaje de remoción de contaminantes
- C_i es la concentración inicial
- C_f es la concentración final

Además, se presenta la normativa ambiental peruana, con la finalidad de entrar en contexto con los protocolos, leyes y decretos que se han tomado en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)

El monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos conlleva a un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores químico-físicos de la calidad de agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el protocolo de monitoreo. Todos estos procedimientos permiten minimizar y eliminar errores, y así garantizar la generación de datos e información consistente y confiable para determinar la línea de base. (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016).

Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente

Esta ley establece que todas las personas tienen derecho irrenunciable a vivir en un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de su vida, además tienen el deber de contribuir a una gestión ambiental eficiente y proteger el ambiente, así como sus componentes, garantizando particularmente la salud de las personas y de la sociedad en general, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2005).

Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos

La presente ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos y comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Su objetivo es estandarizar el uso y gestión del agua, en el que se le tiene que dar un valor sociocultural, económico y ambiental, por lo que debe cuidarse para mantener el equilibrio. (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2019).

Límites Máximos Permisibles (LMP)

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM (Ministerio del Ambiente) y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2019).

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos. (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017).

Decreto Supremo N° 031-2010-SA

El presente reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población (SIAL, 2010). Sin embargo, esta normativa no solo establece límites máximos permisibles, en los parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también les asigna nuevas y mayores responsabilidades a los gobiernos regionales, respecto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento como autoridad sanitaria frente a esos temas.

Por lo tanto, debido a los expuesto anteriormente y con respecto al título de la investigación, se ha formulado la siguiente pregunta: ¿Cuál es la eficacia de la *Prunus persica* como complemento del Sulfato de Aluminio en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019?

Asimismo, de acuerdo con los objetivos de la presente investigación, como objetivo general tenemos: Determinar la eficacia de la *Prunus persica* como complemento del Sulfato de Aluminio en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019.

Por otro lado, como objetivos específicos tenemos: Caracterizar la muestra de agua superficial recolectada del río Moche; Determinar la dosis óptima del Sulfato de Aluminio y de la *Prunus persica* como complemento del Sulfato de Aluminio; Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad; y Comparar los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B).

En consiguiente, la hipótesis de la investigación posee dos (2) posibilidades que se demuestran de la siguiente manera; para la hipótesis nula: La eficacia de la *Prunus persica* NO es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019. No obstante, para la hipótesis alternativa: La eficacia de la *Prunus persica* SÍ es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019.

METODOLOGÍA

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo de tipo experimental puro, ya que mide el efecto de las variables independientes sobre la dependiente. Asimismo, lleva un control o validez interna de la situación experimental. Es decir, a la utilización de las variables independientes, como “la *Prunus persica*” y “el Sulfato de Aluminio”, se le aplicará un control directo con la finalidad de observar sus efectos en la variable dependiente “Remoción de la turbiedad”.

Además, para el diseño de investigación se utilizó un diseño factorial; debido a que se manipulan dos (2) o más variables independientes e incluyen dos (2) o más niveles o modalidades de presencia en cada una de las variables independientes. Asimismo, este tipo de diseño se utiliza muy frecuentemente en la investigación experimental. (Hernández, 2014).

En este caso, se evaluó un (1) factor cualitativo y cuatro (4) factores cuantitativos. Dentro de los cualitativos, tenemos al tipo de coagulante con dos (2) niveles: compuesto orgánico –*Prunus persica*– y compuesto químico –Sulfato de Aluminio–. Por otro lado, dentro de los cuantitativos tenemos a la masa del coagulante (en gramos) con dos (2) niveles; la dosificación de ambos coagulantes (en mg/L) con trece (13) niveles; el tiempo de contacto (en minutos) con cuatro (4) niveles y la velocidad de agitación (en RPM) con tres (3) niveles.

- ✓ Factores cualitativos:
 - Factor A - Tipo de coagulante
 - A₁: Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃)
 - A₂: *Prunus persica* (semilla de durazno)

- ✓ Factores cuantitativos:
 - Factor B – Masa del coagulante
 - B₁: 2 g
 - B₂: 2 g
 - Factor C – Dosificación de coagulantes
 - C₁: 0 mg/L
 - C₂: 2 mg/L
 - C₃: 3 mg/L
 - C₄: 4 mg/L
 - C₅: 5 mg/L
 - C₆: 6 mg/L
 - C₇: 8 mg/L
 - C₈: 9 mg/L
 - C₉: 10 mg/L
 - C₁₀: 12 mg/L
 - C₁₁: 15 mg/L
 - C₁₂: 20 mg/L
 - C₁₃: 25 mg/L
 - Factor D – Tiempo de contacto
 - D₁: 1 minuto
 - D₂: 2 minutos
 - D₃: 8 minutos
 - D₄: 15 minutos

- Factor E – Velocidad de agitación
 - E₁: 0 RPM
 - E₂: 40 RPM
 - E₃: 100 RPM

Por lo tanto, se tienen dos (2) grupos: Prueba de Jarras N° 1 y Prueba de Jarras N° 2 –con una repetición por cada prueba–, los cuales se encuentran diferenciados por el tipo de coagulante utilizado. Además, en cada prueba, se evaluaron seis (6) jarras a distintas concentraciones, las cuales fueron sometidas a diferentes tiempos de contacto y velocidades de agitación; dando como resultado doce (12) valores interpretados como porcentajes de remoción.

N° PRUEBA DE JARRAS		PREPARACIÓN		DOSIFICACIÓN			HOMOGENEIZACIÓN		COAGULACIÓN		FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN	
N° DE JARRA	N° 1	Cantidad de A ₁ (g)	Cantidad de A ₂ (g)	Concentración A ₁ (mg/L)	Concentración A ₂ (mg/L)	Concentración total (mg/L)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)
	JARRA N° 1	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₁ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄
JARRA N° 2	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₅	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₅ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 3	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₉	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₉ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 4	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁₁	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₁₁ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 5	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁₂	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₁₂ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 6	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁₃	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₁₃ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	

Figura 1. Combinación de factores en el diseño de investigación para la prueba de jarras N° 1.

N° PRUEBA DE JARRAS		PREPARACIÓN		DOSIFICACIÓN			HOMOGENEIZACIÓN		COAGULACIÓN		FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN	
N° DE JARRA	N° 2	Cantidad de A ₁ (g)	Cantidad de A ₂ (g)	Concentración A ₁ (mg/L)	Concentración A ₂ (mg/L)	Concentración total (mg/L)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)
	JARRA N° 1	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁	A ₂ *C ₁	A ₁ *C ₁ + A ₂ *C ₁	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄
JARRA N° 2	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₃	A ₂ *C ₂	A ₁ *C ₃ + A ₂ *C ₂	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 3	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₆	A ₂ *C ₄	A ₁ *C ₆ + A ₂ *C ₄	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 4	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₈	A ₂ *C ₆	A ₁ *C ₈ + A ₂ *C ₆	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 5	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁₀	A ₂ *C ₇	A ₁ *C ₁₀ + A ₂ *C ₇	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	
JARRA N° 6	A ₁ *B ₁	A ₂ *B ₂	A ₁ *C ₁₁	A ₂ *C ₉	A ₁ *C ₁₁ + A ₂ *C ₉	E ₁	D ₂	E ₃	D ₁	E ₂	D ₃	E ₁	D ₄	

Figura 2. Combinación de factores en el diseño de investigación para la prueba de jarras N° 2.

N° DE JARRA	N° PRUEBA DE JARRAS	PREPARACIÓN		DOSIFICACIÓN			HOMOGENEIZACIÓN		COAGULACIÓN		FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN		REMOCIÓN DE TURBIEDAD
		Cantidad de $Al_2(SO_4)_3$ (g)	Cantidad de <i>Prunus persica</i> (g)	Concentración $Al_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Concentración <i>Prunus persica</i> (mg/L)	Concentración total (mg/L)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Porcentaje de remoción (%)
	N° 1														
	JARRA N° 1	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	0.00
	JARRA N° 2	2.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	94.69
	JARRA N° 3	2.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	97.72
	JARRA N° 4	2.00	0.00	15.00	0.00	15.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	98.63
	JARRA N° 5	2.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	98.97
	JARRA N° 6	2.00	0.00	25.00	0.00	25.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	99.48

Figura 3. Síntesis del diseño de investigación para la prueba de jarras N° 1.

N° DE JARRA	N° PRUEBA DE JARRAS	PREPARACIÓN		DOSIFICACIÓN			HOMOGENEIZACIÓN		COAGULACIÓN		FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN		REMOCIÓN DE TURBIEDAD
		Cantidad de $Al_2(SO_4)_3$ (g)	Cantidad de <i>Prunus persica</i> (g)	Concentración $Al_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Concentración <i>Prunus persica</i> (mg/L)	Concentración total (mg/L)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo de contacto (minutos)	Porcentaje de remoción (%)
	N° 2														
	JARRA N° 1	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	0.00
	JARRA N° 2	2.00	2.00	3.00	2.00	5.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	80.26
	JARRA N° 3	2.00	2.00	6.00	4.00	10.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	93.65
	JARRA N° 4	2.00	2.00	9.00	6.00	15.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	95.37
	JARRA N° 5	2.00	2.00	12.00	8.00	20.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	96.08
	JARRA N° 6	2.00	2.00	15.00	10.00	25.00	0.00	2.00	100.00	1.00	40.00	8.00	0.00	15.00	96.75

Figura 4. Síntesis del diseño de investigación para la prueba de jarras N° 2.

Asimismo, la población fue representada como el total de aguas superficiales del río Moche ubicadas en la localidad de Trujillo, el día 14 del mes de octubre del año 2019.

Empleando la técnica de muestreo simple, se tomó como muestra 7 litros del agua superficial de la zona baja del río Moche, ubicada en la localidad de Trujillo.

Ver desde el Anexo N° 04 al 08.

También, se emplearon materiales, equipos y reactivos para el desarrollo del experimento, los cuales se muestran a continuación.

Los materiales empleados fueron:

Para el muestro de aguas

- ✓ 3 envases estériles de 2 litros c/u
- ✓ 1 envase estéril de 1 litro
- ✓ Cooler
- ✓ Guantes
- ✓ Lentes de seguridad
- ✓ Guardapolvo
- ✓ Etiquetas
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Cadena de custodia

Para los ensayos de laboratorio

- ✓ 2 baldes estériles de 3 litros c/u
- ✓ 1 envase estéril de 1 litro
- ✓ Vasos de precipitación de 50 ml
- ✓ Vasos de precipitación de 100 ml
- ✓ Vasos de precipitación de 500 ml

- ✓ Matracas de Erlenmeyer de 100 ml
- ✓ Fiolas de 50 ml
- ✓ Fiolas de 100 ml
- ✓ Fiolas de 1000 ml
- ✓ Buretas de 50 ml
- ✓ Soporte universal
- ✓ Micropipeta de 1000 μ l
- ✓ Silicona líquida
- ✓ Papel tisú
- ✓ 4 kg de *Prunus persica* (semilla de durazno)
- ✓ Martillo

Los equipos utilizados fueron:

Para el muestreo de aguas

- ✓ Termómetro manual (marca BOECO, modelo SH-104)

Para los ensayos de laboratorio

- ✓ Multiparámetro digital portátil de temperatura, pH y conductividad
(marca HACH; modelo HQ40d)
- ✓ Turbidímetro digital portátil (marca HACH; modelo 2100Q)
- ✓ Balanza digital (marca OHAUS; modelo TRAVELER TA302)
- ✓ Jar-Test (marca VELP Scientifica; modelo JLT6 Flocculators)
- ✓ Molino de mano
- ✓ Tamizador eléctrico hasta 200 μ m

Y por último, los reactivos empleados fueron:

- ✓ Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) al 0.02N
- ✓ Anaranjado de metilo

✓ Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) al 0.20%

Por otro lado, las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizaron durante el desarrollo del proyecto, se mencionan en consiguiente:

Técnicas

Para la fijación de los puntos de monitoreo de aguas superficiales del río Moche ubicado en la localidad de Trujillo (Ver Anexo N° 05), se realizó la técnica de reconocimiento del entorno y ubicación del punto de monitoreo de la muestra mediante *GPS* cuyas coordenadas (en unidades UTM) se encuentran en el Anexo N° 04 del presente informe; mientras que, para la obtención de las muestras, se realizó la técnica de muestreo compuesto.

También, para la evaluación de los parámetros físico-químicos, se usó la técnica de caracterización de la muestra. Por otro lado, para la obtención de la dosis óptima del coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno) se usó la técnica de prueba de jarras.

De igual manera, para la realización de las técnicas mencionadas, se tuvo en consideración el *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)*.

Instrumentos

De acuerdo con las técnicas aplicadas, los instrumentos utilizados para la fijación de los puntos de muestreo fueron *Google Earth Pro*, *GPS* y *ArcGIS*; además, para la obtención de las muestras, según el protocolo de monitoreo mencionado, se utilizaron frascos esterilizados y rotulados e indumentaria de protección personal; también, se utilizó un electrodo de pH y conductividad, y otro electrodo de turbiedad adicional para la caracterización de la muestra. Por otro lado, se utilizaron vasos de precipitación como instrumentos para la obtención de la dosis óptima.

Validez

El instrumento de cadena de custodia (Ver Anexo N° 06), donde se menciona las características del monitoreo, muestra y observaciones de campo, fue validado por un docente experto en el tema de investigación. (Ver los Formatos de Análisis para Laboratorio desde el Anexo N° 09 al 23).

Confiabilidad

La confiabilidad de los resultados fue generada por la correcta calibración de los diferentes equipos utilizados en todo el proceso de experimentación. A continuación, se adjuntan los documentos de calibración en los Anexos N° 29, 30 y 31.

Asimismo, el análisis de los datos recolectados fue realizado por intermedio de un paquete estadístico detallado a continuación:

Tablas de recolección de datos con paquete estadístico

A través del software Microsoft Excel 2019, se pudo almacenar los datos recogidos en la técnica de muestreo compuesto y la caracterización de las muestras, con el fin de determinar los valores según sus dimensiones (temperatura, pH, turbiedad, conductividad y alcalinidad).

De esta manera, mediante el uso de MegaStat versión 10.4 (función de estadísticas avanzadas para Excel), se realizó un análisis estadístico completo evaluando: Medidas de dispersión –con la finalidad de obtener resultados más precisos y exactos–; Coeficiente de correlación de Pearson (r) –para determinar el grado de correlación entre la concentración total del coagulante empleado y los parámetros físicos analizados–; Regresión Lineal Simple –para interpretar cuál es el comportamiento de los valores obtenidos– y Coeficiente de Determinación (R^2) –para determinar el porcentaje de variabilidad de los parámetros según la dosificación de coagulantes–.

Además, los resultados fueron demostrados a través de la prueba t-Student con un nivel de confianza del 95%.

Por otra parte, los procedimientos que se ejecutaron durante el desenvolvimiento del proyecto de investigación fueron los siguientes:

Reconocimiento del entorno y ubicación del punto de muestreo

Para el reconocimiento del entorno y ubicación del punto de muestro, se tomó en cuenta las recomendaciones del “*Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)*”, emitido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En primer lugar, se utilizó *Google Earth Pro* para reconocer la zona de estudio mediante imágenes satelitales y así trazar un camino en paralelo a la cuenca baja del río Moche. Esta imagen satelital se puede observar en el Anexo N° 05.

De esta manera, se describieron las características del entorno, las cuales fueron: presencia de vegetación acuática; presencia de animales; actividades humanas; presencia de residuos sólidos; aguas residuales y otros factores que han modificado las características naturales del cuerpo de agua.

Por último, se fijaron los puntos de ubicación a través de un *GPS* y se georreferenciaron por medio de *ArcGIS*. También, se captaron imágenes de los puntos de monitoreo y los procesos mencionados en este apartado.

Punto de monitoreo	Modelo WGS84 Coordenadas UTM	
RMoch1	E:	719051.96
	S:	9099364.23
	Zona:	17 L
	Hemisferio:	Sur

Figura 5. Punto de monitoreo de agua superficial del río Moche. A la altura del puente, aproximadamente a 116.61 metros en dirección al Este.

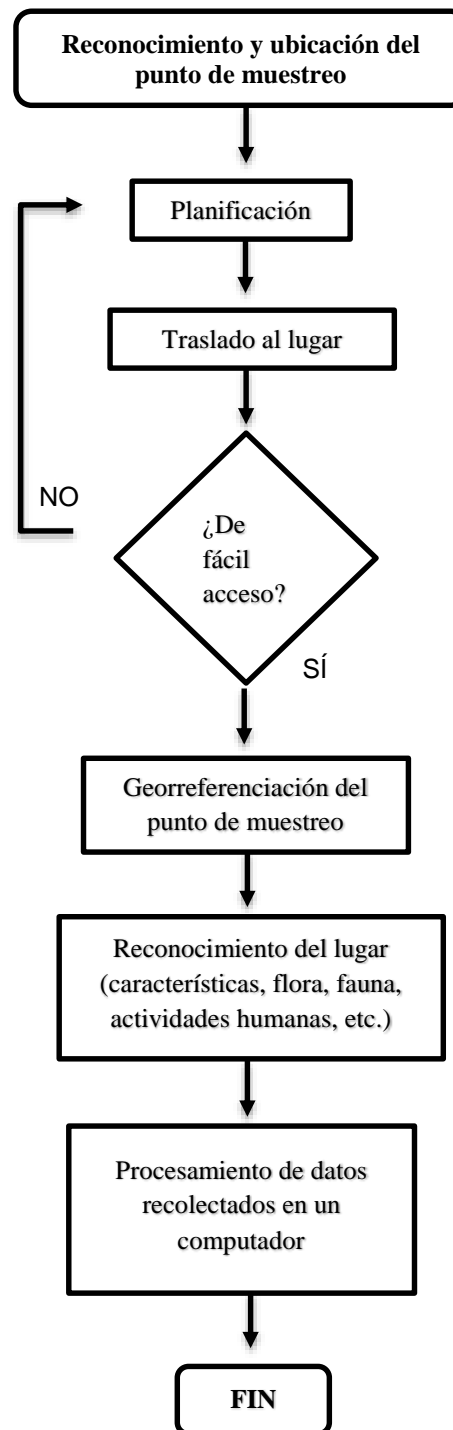


Figura 6. Procedimiento para la ubicación y recolección de la muestra de agua superficial del río Moche.

Técnica de muestreo simple

Para la realización de la técnica de muestro simple se tomó en cuenta las recomendaciones establecidas en el “*Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*” (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), emitido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En un inicio, el responsable de la toma de muestra se colocó los equipos de protección personal necesarios: guantes; bata y lentes de seguridad. Seguido a esto, se prepararon los envases estériles (3 envases de 2 litros c/u y 1 envase de 1 litro). Este procedimiento se encuentra visible en los Anexos N° 07 y N° 08.

Después, se recolectaron las muestras de agua y se preservaron de acuerdo con el tipo de parámetro, siguiendo las instrucciones de preservación; etiquetado; rotulado y transporte. Asimismo, se utilizó un plumón indeleble para el rotulado. Este procedimiento se puede observar en el Anexo N° 06.

Luego, se colocaron las muestras de aguas preservadas y rotuladas en un cooler para asegurar su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

De esta manera, se obtuvo aproximadamente 7 litros de agua superficial proveniente de la cuenca baja del río Moche a la altura del Puente Moche – Carretera Panamericana.

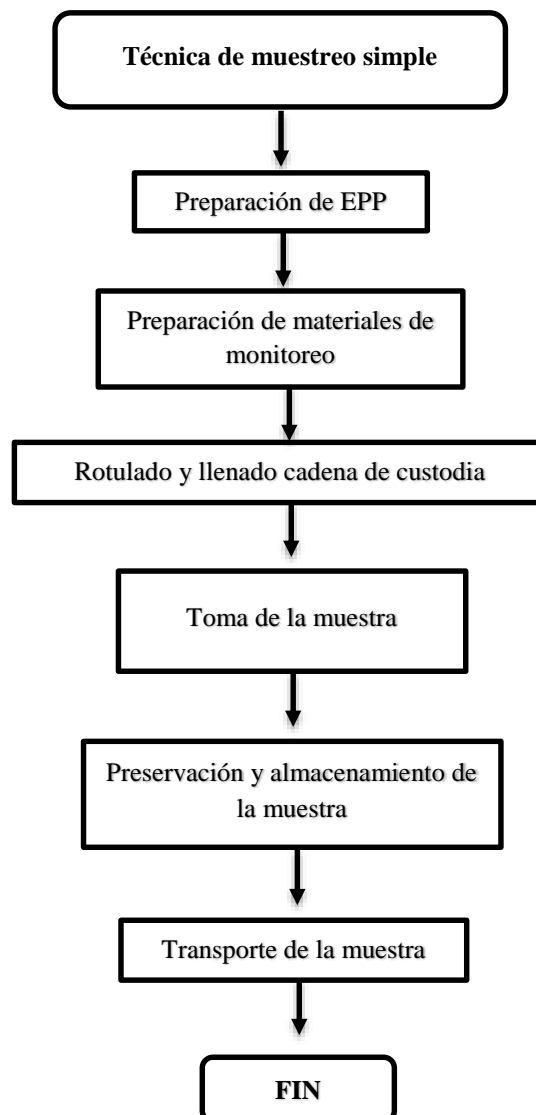


Figura 7. Secuencia de la técnica de muestreo simple según el *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.*

Caracterización de la muestra de agua superficial

Para la caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche se tomó en cuenta las recomendaciones establecidas en el “*Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*” (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), emitido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Inmediatamente después de recolectar las muestras de agua superficial, se transportaron al laboratorio donde se inició el procedimiento de caracterización.

Entonces, en primer lugar, se procedió a calibrar el electrodo de temperatura y pH. Este electrodo debió estar ubicado dentro de la solución búfer. De esta manera, una vez con el equipo multiparámetro HACH HQ40d encendido, se inició con la calibración realizada a partir de las opciones de la configuración del equipo. Para el caso del electrodo de conductividad, se procedió a enjuagar con agua destilada con la finalidad de limpiar cualquier impureza que hubiese podido alterar la toma de resultados.

Asimismo, se enjuagaron los electrodos de temperatura, pH y conductividad con la muestra de agua superficial recolectada y se inició con la medición de los parámetros y con el registro las lecturas.

En segundo lugar, se procedió a calibrar el turbidímetro HACH 2100Q. Para esto, se contó con soluciones estándar de 10.00 NTU, 20.00 NTU y 100.00 NTU. Entonces, estando con el equipo encendido, se introdujeron las soluciones –una a la vez– dentro del equipo y se inició con la calibración realizada a partir de las opciones de la configuración del equipo.

Asimismo, se enjuagó el envase de medición con la muestra de agua superficial recolectada, y antes de empezar con la medición de la turbiedad, se le aplicó una gota

de silicona –la cual sirvió para limpiar el envase utilizando papel tisú–. Finalmente, se inició con la medición de la turbiedad y con el registro de lecturas.

Con la finalidad de tener una medición más precisa y exacta, se realizaron 3 mediciones por parámetro; obteniéndose así nueve (9) valores en total, con sus valores promedio y otras medidas de dispersión.

Por último, se anotaron los valores y sus unidades correspondientes en un Formato de Análisis para Laboratorio que se encuentra adjunto en los Anexos N° 09; 10, 11 y 12.

Terminada la medición, se lavaron los electrodos con agua destilada, se secaron y se guardaron adecuadamente. El electrodo de pH, se conservó en la solución salina.

Se tomó en cuenta los certificados de calibración de los equipos pertenecientes al laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro, Trujillo.

Determinación de pH, temperatura y conductividad en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

Para la determinación del pH, temperatura y conductividad en ambas pruebas de jarras, se utilizó el equipo multiparámetro digital portátil marca HACH modelo HQ40d.

Primero, se procedió a calibrar el electrodo de temperatura y pH, así como se mencionó dentro de la caracterización de la muestra. Por lo tanto, este electrodo debió estar ubicado dentro de la solución búfer. De esta manera, una vez con el equipo multiparámetro encendido, se inició con la calibración realizada a partir de las opciones de la configuración del equipo. Para el caso del electrodo de conductividad, se procedió a enjuagar con agua destilada con la finalidad de limpiar cualquier impureza que hubiese podido alterar la toma de resultados.

Después, se procedió a realizar la medición de los parámetros para ambas pruebas, tanto para la prueba de jarras N° 1 y N° 2.

Por lo tanto, en la prueba de jarras N° 1, se realizaron 6 mediciones –para cada jarra enumerada del uno (1) al seis (6)–. Posteriormente, se anotaron los valores registrados para cada parámetro.

Luego, en la prueba de jarras N° 2, también se realizaron 6 mediciones –para cada jarra enumerada del uno (1) al seis (6)–. Posteriormente, se anotaron los valores registrados para cada parámetro.

Además, como se mencionó en el procedimiento anterior, se realizaron 3 mediciones por parámetro para cada muestra, obteniéndose así ciento ocho (108) valores en total, con sus valores promedio y otras medidas de dispersión.

Por último, se anotaron los valores y sus unidades correspondientes en un Formato de Análisis para Laboratorio que se encuentra adjunto en los Anexos N° 14; 15; 16; 19; 20 y 21.

Terminada la medición, se lavaron los electrodos con agua destilada, se secaron y se guardaron adecuadamente. El electrodo de pH, se conservó en la solución salina.

Se tomó en cuenta los certificados de calibración de los equipos pertenecientes al laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro, Trujillo.

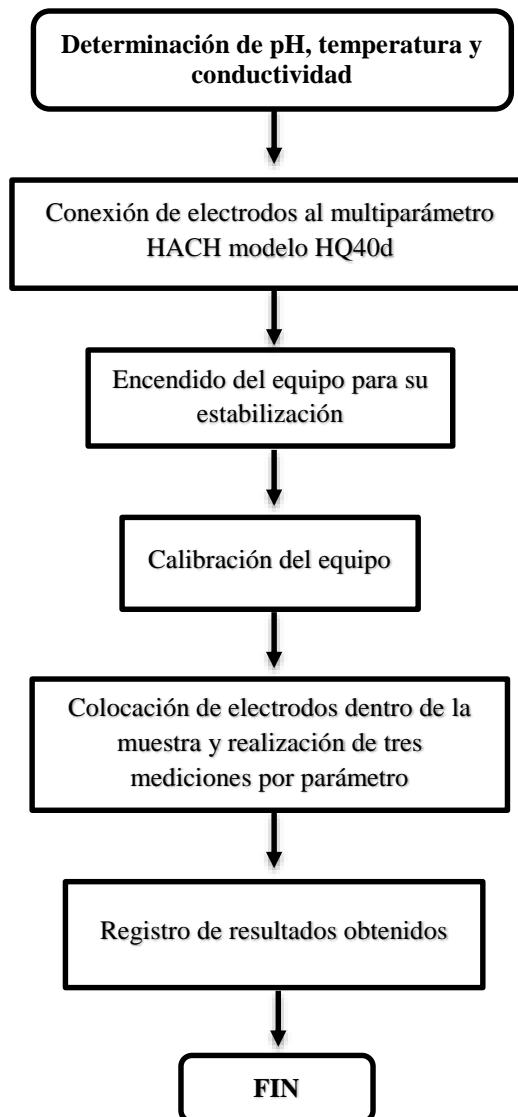


Figura 8. Pasos para la determinación del pH, temperatura y conductividad.

Determinación de la turbiedad en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

Para la determinación de la turbiedad se utilizó el equipo turbidímetro digital portátil marca HACH modelo 2100Q.

En un inicio, se procedió a calibrar el turbidímetro, así como se mencionó dentro de la caracterización de la muestra. Para esto, se contó con soluciones estándar de 10.00 NTU, 20.00 NTU y 100.00 NTU. Entonces, estando con el equipo encendido, se introdujeron las soluciones –una a la vez– dentro del equipo y se inició con la calibración realizada a partir de las opciones de la configuración del equipo.

Después, se procedió a realizar la medición de la turbiedad para ambas pruebas, tanto para la prueba de jarras N° 1 y N° 2. Para esto, se mantuvo el mismo procedimiento mencionado en la caracterización de la muestra agua, teniendo en cuenta la aplicación de la gota de silicona y la limpieza del envase utilizado.

Por lo tanto, en la prueba de jarras N° 1, se realizaron 6 mediciones –para cada jarra enumerada del uno (1) al seis (6)–. Posteriormente, se anotaron los valores registrados para cada parámetro.

Luego, en la prueba de jarras N° 2, también se realizaron 6 mediciones –para cada jarra enumerada del uno (1) al seis (6)–. Posteriormente, se anotaron los valores registrados para cada parámetro.

Además, como se mencionó en el procedimiento anterior, se realizaron 3 mediciones por parámetro para cada muestra, obteniéndose así treinta y seis (36) valores en total, con sus valores promedio y otras medidas de dispersión.

Finalmente, se anotaron los resultados en el formato de Análisis para Laboratorio ubicados en los Anexos N° 17 y 22. Sus unidades fueron registradas en NTU.

Se tomó en cuenta los certificados de calibración de los equipos pertenecientes al laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro, Trujillo.

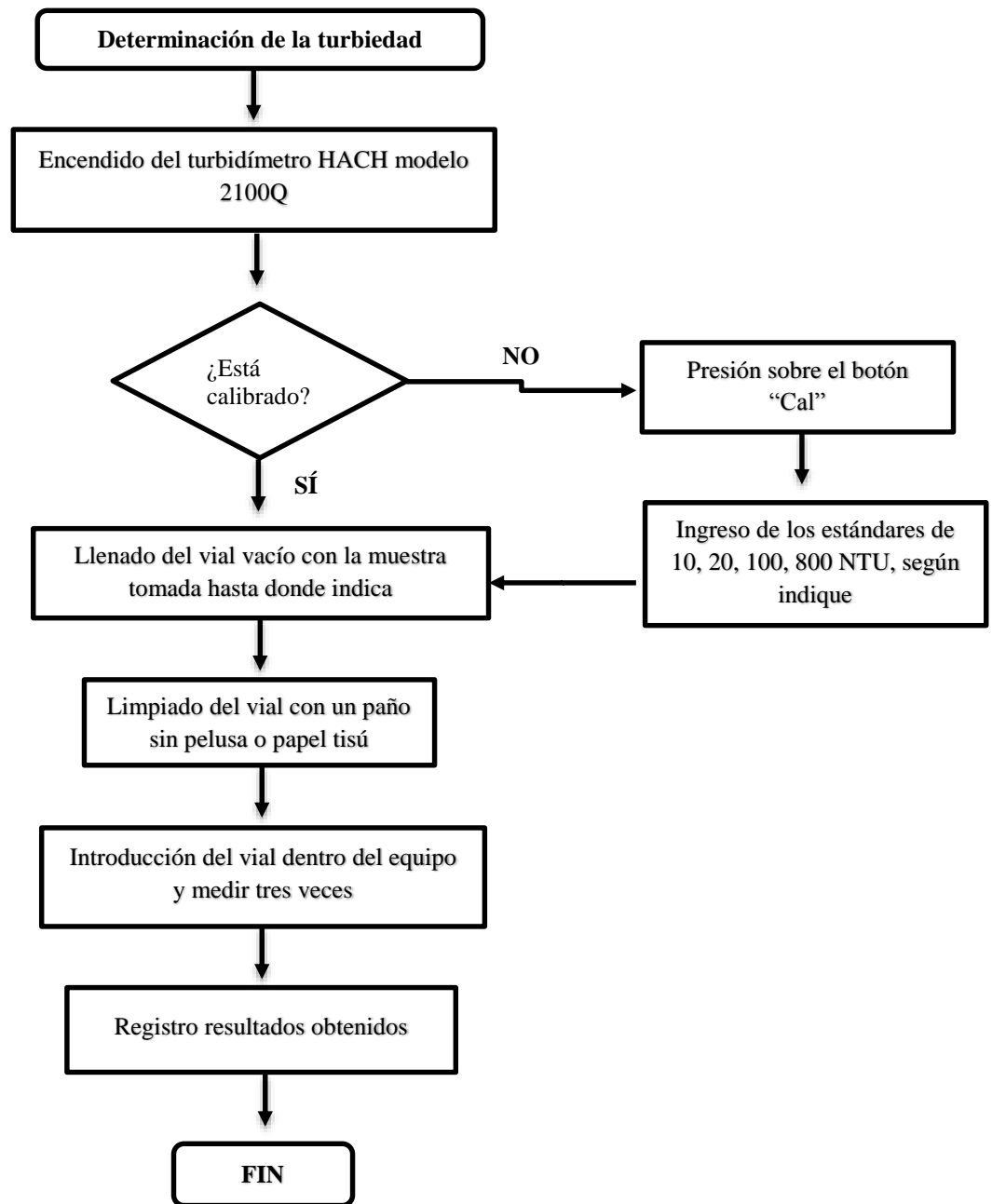


Figura 9. Pasos para la determinación de la turbiedad.

Determinación de la alcalinidad en la caracterización de la muestra y en las pruebas de jarras N° 1 y N° 2

En primer lugar, se tomó 1.00 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0.02 N con una micropipeta y se aforó en una fiola de 50.00 ml con agua destilada. Ver Anexo N° 37.

Luego, se llevó la solución a una bureta de 50.00 ml y se colocó sobre el soporte universal.

Para la determinación de la alcalinidad en la caracterización de la muestra, se utilizó la muestra de agua superficial del río Moche.

Por otro lado, para la determinación de la alcalinidad en ambas pruebas de jarras, se utilizaron las muestras de agua contenidas en las jarras –enumeradas del uno (1) al seis (6)– para la prueba de jarras N° 1 y N° 2.

Entonces, en un matraz, se vertieron 25.00 ml de la muestra de agua determinada –según pertenezca– y se adicionaron 3 gotas de anaranjado de metilo.

Después, se tituló la muestra determinada hasta que esta se tornó de un color rojizo.

Asimismo, se anotó el gasto en ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de la alcalinidad expresada en mgCaCO₃/L.

$$\text{Alcalinidad} = \frac{N \times G \text{ (ml)} \times 5 \times 10^4}{V \text{ (ml)}} \dots (2)$$

- N: Normalidad del ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- G: Gasto del ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- V: Volumen de la muestra determinada (ml)

En los Anexo N° 13; 18 y 23, se aprecian los resultados calculados.

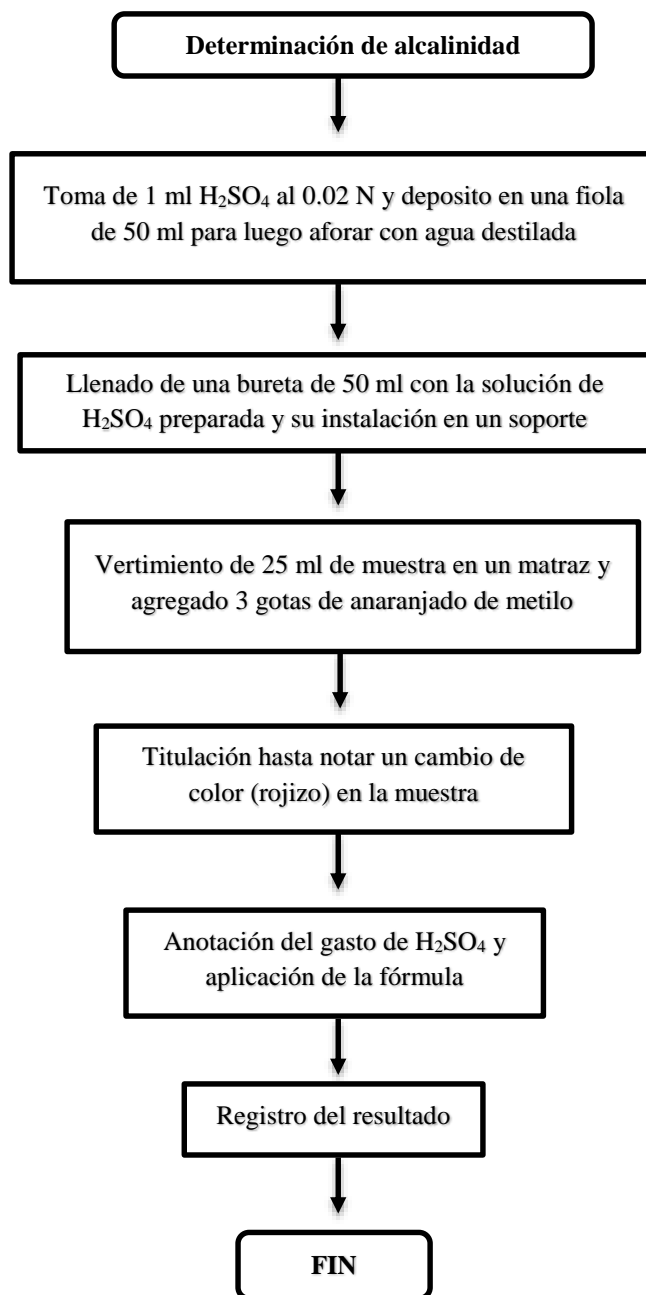


Figura 10. Pasos para la determinación de la alcalinidad.

Preparación del coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$)

Se utilizó el reactivo Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) al 8.00% para preparar la solución madre con concentración deseada de 0.20% (2000 ppm).

Para la preparación de la solución del Sulfato de Aluminio al 0.20%, primero se pesaron 2.00 g del reactivo en una balanza digital y luego se diluyeron en agua destilada dentro de una fiola de 1000 ml, para finalmente obtener una solución madre con concentración inicial de 2000 mg $Al_2(SO_3)_4$ /L o su equivalente a 2000 ppm.

Mediante la ecuación general de diluciones, se pudo preparar las dosificaciones del coagulante artificial partiendo de una concentración inicial hasta las concentraciones finales en ambas pruebas de jarras.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \dots (3)$$

- C_1 : Concentración inicial
- V_1 : Volumen inicial
- C_2 : Concentración final
- V_2 : Volumen final

Entonces, se prepararon las dosificaciones de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) para la primera prueba de jarras con las siguientes concentraciones: 0.00 mg/L; 5.00 mg/L; 10.00 mg/L; 15.00 mg/L; 20.00 mg/L y 25.00 mg/L. Para esto, se extrajeron los siguientes volúmenes de la solución madre de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) al 0.20% con una micropipeta de 5000 μ l: 0.00 ml; 1.25 ml; 2.5 ml; 3.75 ml; 5.00 ml y 6.25 ml, cada volumen se depositó en los diferentes vasos de precipitación de 500 ml.

Después, para la segunda prueba de jarras, se prepararon las dosificaciones de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) con las siguientes concentraciones: 0.00 mg/L; 3.00 mg/L; 6.00 mg/L; 9.00 mg/L; 12.00 mg/L y 15.00 mg/L. Para esto, se extrajeron los siguientes volúmenes de la solución madre de Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) al 0.2% con una micropipeta de 5000 μ l: 0.00 ml; 0.75 ml; 1.50 ml; 2.25 ml; 3.00 ml y 3.75 ml, cada volumen se depositó en los diferentes vasos de precipitación de 500 ml.

Asimismo, la variación de los volúmenes extraídos se vio influenciada por la presencia de coagulante natural, la *Prunus persica* (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$), en esta segunda prueba. En los Anexo N° 26 y 27, se encuentra detallado el procedimiento.

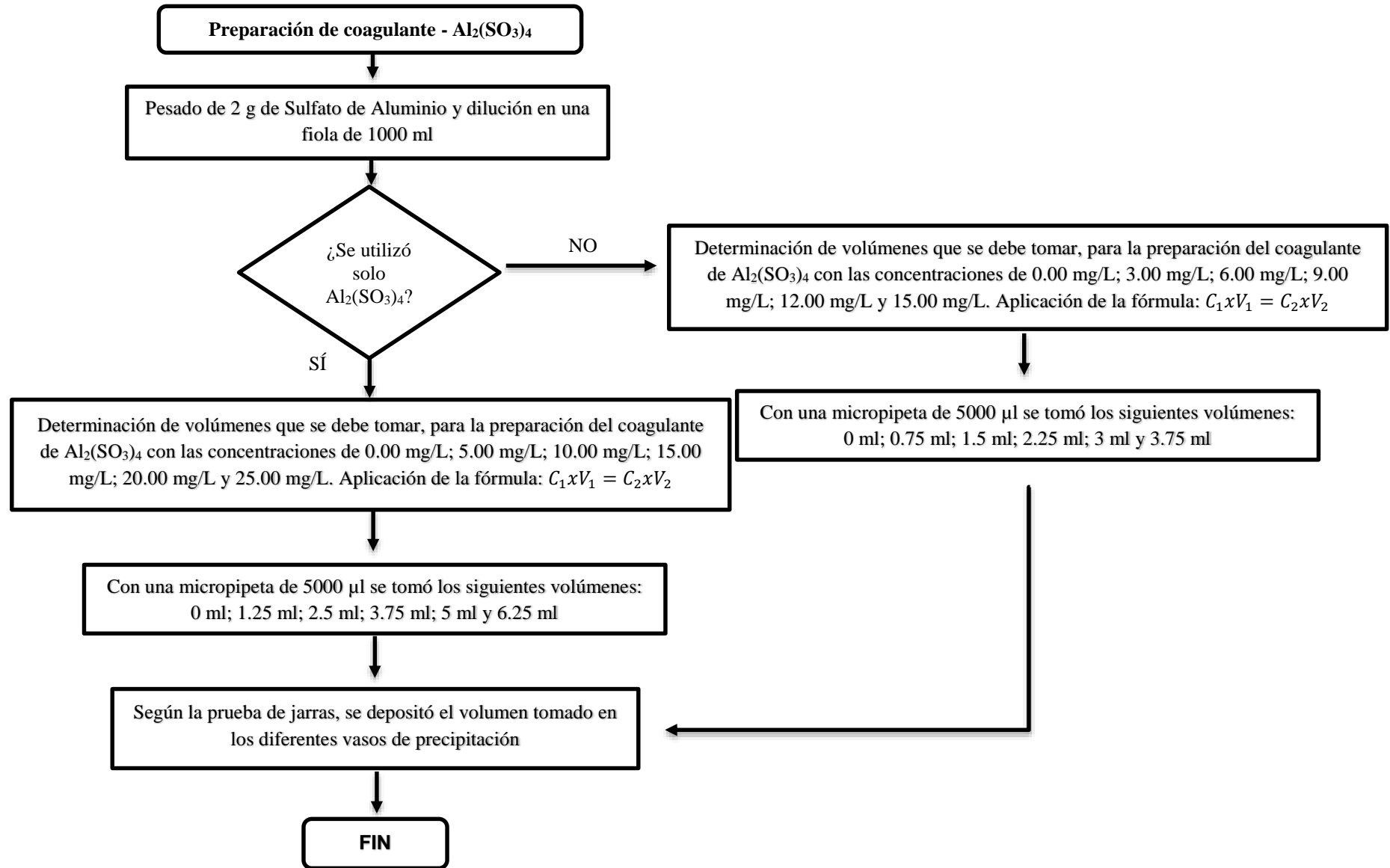


Figura 11. Pasos para la preparación del coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$).

Preparación del coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno)

En un inicio, se recolectaron 4.00 kg de *Prunus persica* (semilla de durazno) presentados en el Anexo N° 32. Luego, se realizó un corte transversal a cada durazno. Asimismo, se extrajo la pepa y se lavó con agua potable con la finalidad de facilitar la manipulación.

Después, se utilizó un martillo para extraer las semillas de durazno. En consiguiente, se juntaron las semillas y se trituraron en un molino de mano, llegando a pesar aprox. 20.00 g. Ver Anexos N° 33 y 34.

A continuación, se tamizaron hasta una malla de 200.00 micras. Entonces, se recolectó lo tamizado en un frasco estéril. Después, se diluyeron 2.00 g en 1000 ml de agua destilada con la finalidad de alcanzar la concentración deseada de 0.20% (2×10^3 mg/L o 2000 ppm). Ver Anexo N° 35.

Mediante la ecuación general de diluciones, se pudo preparar las dosificaciones del coagulante natural partiendo de una concentración inicial hasta las concentraciones finales en ambas pruebas de jarras.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \dots (3)$$

- C_1 : Concentración inicial
- V_1 : Volumen inicial
- C_2 : Concentración final
- V_2 : Volumen final

Finalmente, se prepararon las diferentes dosificaciones del coagulante natural con las siguientes concentraciones: 0.00 mg/L; 2.00 mg/L; 4.00 mg/L; 6.00 mg/L; 8.00 mg/L y 10.00 mg/L, para la segunda prueba de jarras. Para esto, se extrajeron los siguientes volúmenes de la solución madre de coagulante natural a base de *Prunus*

persica (semilla de durazno) con una micropipeta de 5000 μ l: 0.00 ml; 0.50 ml; 1.00 ml; 1.50 ml; 2.00 ml y 2.50 ml, cada volumen se depositó en diferentes vasos de precipitación de 500 ml. En el Anexo N° 28 se encuentra detallado el procedimiento.

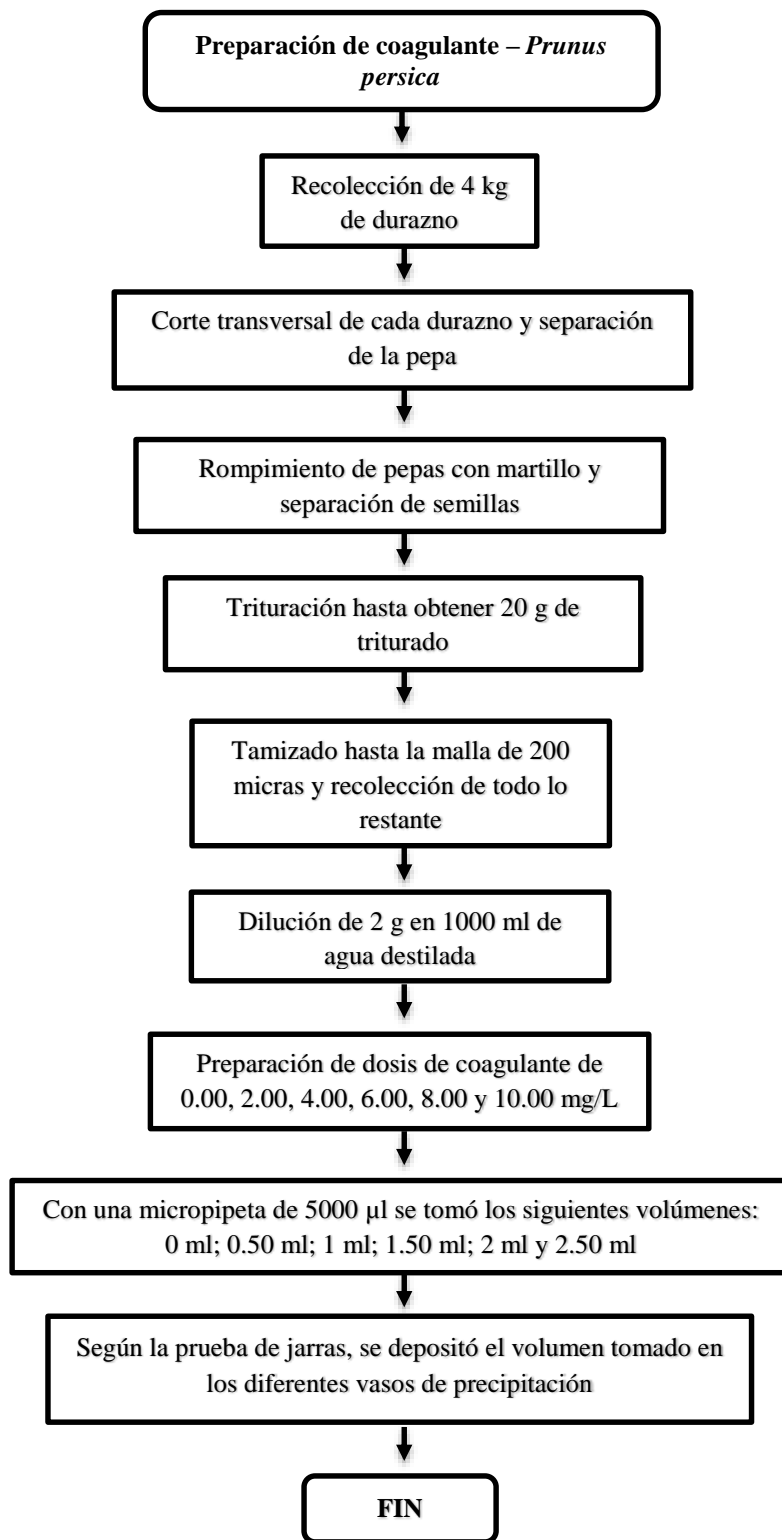


Figura 12. Pasos para la preparación del coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno).

Prueba de jarras (Jar test)

Para la realización de la prueba de jarras se utilizó el equipo Jar-Test (marca VELP Científica; modelo JLT6 Flocculators).

En primer lugar, se vertió parte de la muestra de agua superficial recolectada en 6 vasos de precipitación de 500 ml cada uno, en este caso, para la prueba de jarras N° 1. Ver Anexo N° 38.

Inmediatamente, se inició el proceso con la mezcla rápida a 100.00 RPM por 1 minuto. Allí se adicionaron las concentraciones de coagulante netamente a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_3)_4$) para la primera prueba de jarras, las cuales fueron: 0.00 mg/L; 5.00 mg/L; 10.00 mg/L; 15.00 mg/L; 20.00 mg/L y 25.00 mg/L, enumeradas de uno (1) al seis (6) respectivamente para cada jarra. Ver Anexos N° 39 y 40.

Luego, se continuó con el proceso de floculación que fue a 40 RPM por 8 minutos. En este paso, se pudo ver la formación de flóculos de manera irregular gracias a la variación de concentraciones de coagulante según el número de jarras.

Finalmente, el proceso de sedimentación fue a 0 RPM por 15 minutos (Ver Anexo N° 41). Posterior a esto, se analizaron los parámetros de pH; temperatura; conductividad; turbiedad y alcalinidad para cada muestra de agua. En seguida, se anotaron los valores y las unidades correspondientes.

Además, con los valores de turbiedad obtenidos en cada jarra, se pudo definir la dosis óptima –para esta primera prueba– mediante un análisis gráfico de Dosificación de coagulante vs. Turbiedad. De esta manera, se obtuvo en la Jarra N° 2, una turbiedad final de 8.12 NTU –la cual se encuentra muy por debajo del límite establecido por el

D.S. 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B)– con una concentración de 5.00 mg/L de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$).

Para la segunda prueba de jarras, el proceso fue prácticamente el mismo. No obstante, se modificó la dosificación del Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$) y se complementó con la adición del coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno).

Entonces, para esta segunda prueba, las concentraciones de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$) cambiaron y fueron las siguientes: 0.00 mg/L; 3.00 mg/L; 6.00 mg/L; 9.00 mg/L; 12.00 mg/L y 15.00 mg/L, enumeradas de uno (1) al seis (6) respectivamente para cada jarra. Aquí se complementó la acción del coagulante artificial con la presencia del coagulante natural. De esta manera, las concentraciones de la *Prunus persica* (semilla de durazno) fueron: 0.00 mg/L; 2.00 mg/L; 4.00 mg/L; 6.00 mg/L; 8.00 mg/L y 10.00 mg/L, enumeradas de uno (1) al seis (6) respectivamente para cada jarra.

Por ende, se alcanzó a tener una concentración total de 0.00 mg/L; 5.00 mg/L; 10.00 mg/L; 15.00 mg/L; 20.00 mg/L y 25.00 mg/L, respectivamente –como la primera prueba de jarras–, pero con una nueva distribución porcentual volumétrica del 60.00% para el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$) y 40.00% para la *Prunus persica* (semilla de durazno).

Una vez establecido esto, se prosiguió con los procesos de coagulación; floculación y sedimentación ya mencionados anteriormente.

Luego de esto, se analizaron los parámetros de pH; temperatura; conductividad; turbiedad y alcalinidad para cada muestra de agua, y se anotaron los valores y las unidades correspondientes.

De la misma manera, con los valores de turbiedad obtenidos en cada jarra, se pudo definir la dosis óptima –para esta segunda prueba– mediante un análisis gráfico de Dosificación de coagulante vs. Turbiedad. De esta manera, se obtuvo en la Jarra N° 2, una turbiedad final de 30.20 NTU –la cual se encuentra por debajo del límite establecido por el D.S. 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B)– con una concentración total de 5.00 mg/L, la cual contenía una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) –el cual representó 3.00 mg/L del total– más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno) –el cual representó los 2.00 mg/L restantes–.

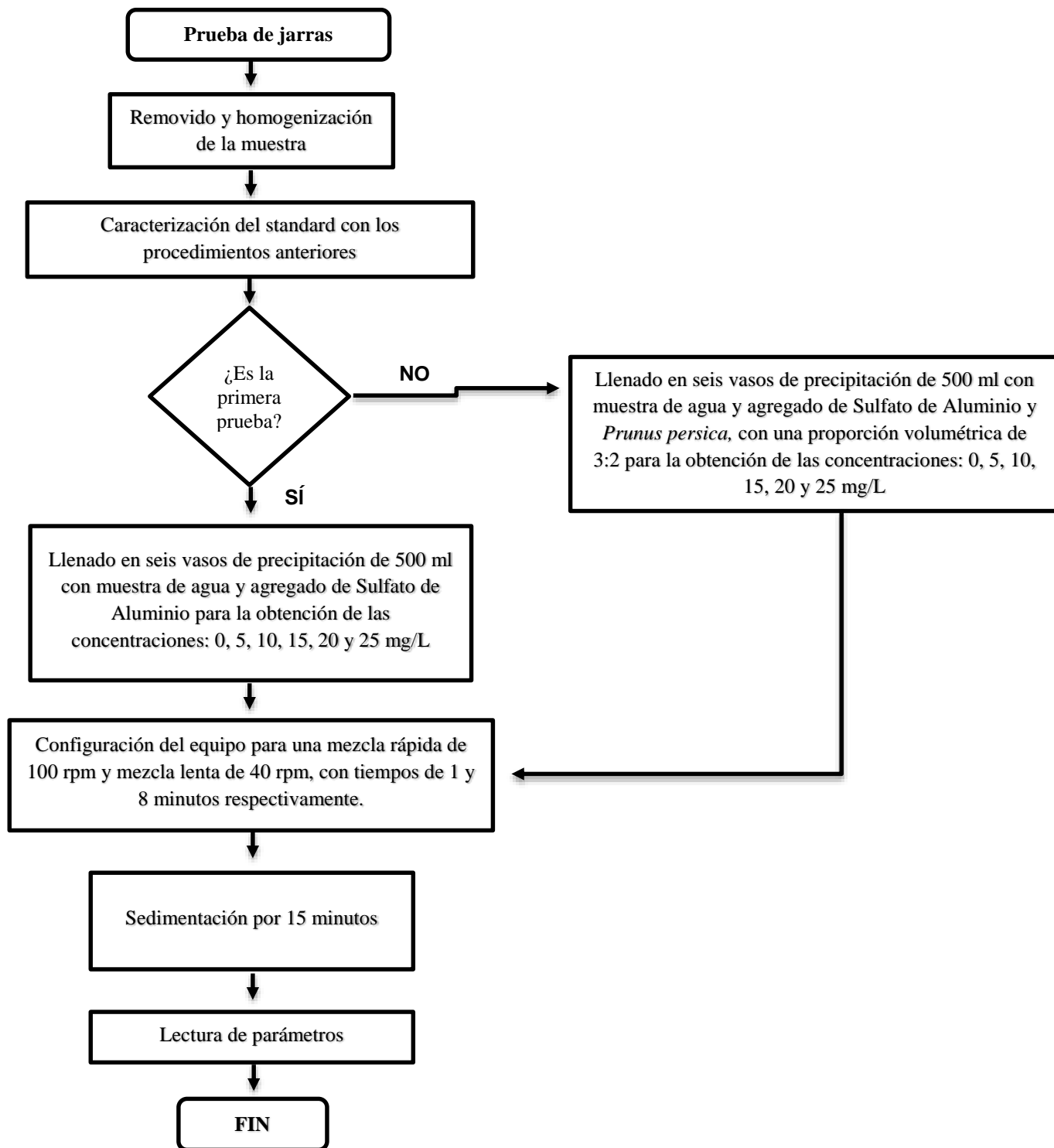


Figura 13. Procedimiento para el desarrollo de la prueba de jarras.

Evaluación de la remoción de la turbiedad

Para la evaluación de la de remoción de turbiedad, se trabajó con la concentración inicial de turbiedad, la cual se determinó a través de la medición de dicho parámetro en la caracterización de la muestra standard de agua; y, además, con la concentración final de turbiedad de cada muestra de agua tanto en la primera prueba de jarras como en la segunda prueba de jarras.

Es decir, se hallaron alrededor de 10 valores de turbiedad final (5 valores diferentes por cada prueba de jarras); sin contar los valores de la jarra n° 1 en ambas pruebas, ya que estos contenían la concentración inicial de turbiedad del standard siendo un valor de 153.00 NTU.

Para determinar la eficacia se empleó la siguiente fórmula:

$$\% R = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \dots (1)$$

Donde:

- % *R* es el porcentaje de remoción de la turbiedad
- C_i es la concentración inicial en NTU
- C_f es la concentración final en NTU

Los valores hallados fueron registrados y se expresaron en un cuadro comparativo dentro de los resultados.

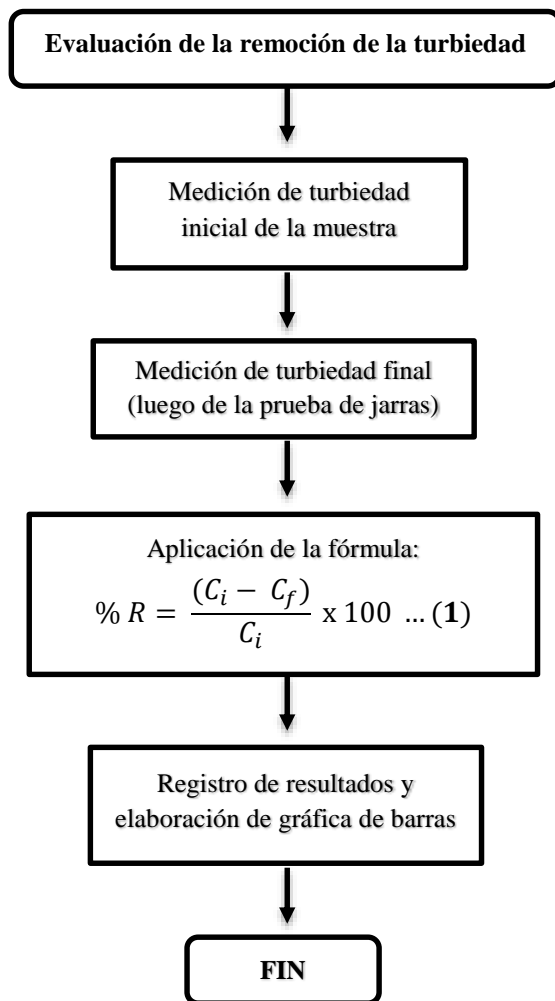


Figura 14. Procedimiento para la evaluación de la remoción de la turbiedad.

En el presente trabajo se han considerado todos los aspectos éticos necesarios para el tratamiento, desarrollo y presentación de la información; desde la recopilación de información en repositorios de diferentes universidades; revistas científicas digitales; fuentes confiables; etc., hasta la búsqueda y selección de la metodología correcta a emplear. De esta manera, este trabajo ha sido citado y referenciado según el uso de la información y su procedencia. Asimismo, los resultados presentados han sido manejados responsablemente mediante la utilización de materiales, equipos y reactivos en buen estado, y comprobados estadísticamente para la validación de la tesis.

RESULTADOS

Objetivo 1:

Caracterizar la muestra de agua superficial recolectada del río Moche.

Tabla 1

Caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche

PARÁMETROS FÍSICOS		MEDIDAS DE DISPERSIÓN									
	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
TEMPERATURA (°C)	Valores en (°C)	22.20	21.80							VAX	VMIN
		22.00	22.00							22.20	21.80
		21.80	22.20								
	Σ (sumatoria)	66.00		3	22.00	0.04	0.20	22.00	0.91	0.40	
pH	Valores	7.90	7.50							VAX	VMIN
		7.50	7.90							8.10	7.50
		8.10	8.10								
	Σ (sumatoria)	23.50		3	7.83	0.09	0.31	7.90	3.90	0.60	
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S/cm}$)	Valores en ($\mu\text{S/cm}$)	385.45	385.45							VAX	VMIN
		392.18	390.36							392.18	385.45
		390.36	392.18								
	Σ (sumatoria)	1167.99		3	389.33	12.12	3.48	390.36	0.89	6.73	
TURBIEDAD (NTU)	Valores en (NTU)	150.00	150.00							VAX	VMIN
		157.00	152.00							157.00	150.00
		152.00	157.00								
	Σ (sumatoria)	459.00		3	153.00	13.00	3.61	152.00	2.36	7.00	

Nota. En la presente tabla se muestran los valores obtenidos en la caracterización de la muestra de agua junto a otras medidas de dispersión, por cada parámetro, con la finalidad de obtener resultados más precisos y exactos. Asimismo, se utilizaron los promedios de cada parámetro como valores iniciales para las posteriores pruebas.

Tabla 2

Cálculo de la alcalinidad en la muestra de agua superficial del río Moche

PARÁMETROS FÍSICOS		VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA ALCALINIDAD					
		Normalidad (N)	Gasto (G)	Constante (K)	Volumen (V)	Fórmula	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)
ALCALINIDAD (mgCaCO₃ /L)	Valores en (mgCaCO ₃ /L)	0.02N	3.40ml	(5x(10) ⁴)	50.00ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G \text{ (ml)} \times 5 \times 10^4}{V \text{ (ml)}}$	68.00

Nota. En esta tabla N° 5, se presenta el valor de la alcalinidad, el cual fue 68.00 mgCaCO₃/L; obtenido en la caracterización de la muestra de agua mediante un análisis volumétrico y la aplicación de la fórmula.

Objetivo 2:

Determinar la dosis óptima del Sulfato de Aluminio y de *Prunus persica* como complemento del Sulfato de Aluminio.

Tabla 3

Concentración de la temperatura final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

	PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN	N° PRUEBA DE	
	FÍSICOS		JARRAS	
N° DE JARRAS	TEMPERATURA	Concentración	N° 1	N° 2
	(°C)	total (mg/L)		
	JARRA N° 1	0.00	22.00	22.00
	JARRA N° 2	5.00	22.00	23.10
	JARRA N° 3	10.00	22.00	23.20
	JARRA N° 4	15.00	21.90	23.20
	JARRA N° 5	20.00	22.10	23.20
	JARRA N° 6	25.00	21.50	23.20

Nota. En la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), no se observaron cambios significativos en la temperatura, manteniendo los valores en un rango entre 21.50 °C y 22.00 °C. De igual manera, en la prueba N° 2, donde se utilizó Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), no se registraron cambios significativos en la temperatura; los rangos de los valores se establecieron entre 22.00 °C y 23.20 °C.

Tabla 4

Concentración del pH final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

PARÁMETROS		DOSIFICACIÓN	N° PRUEBA DE JARRAS	
FÍSICOS				
N° DE JARRAS	pH	Concentración total (mg/L)	N° 1	N° 2
	JARRA N° 1	0.00	7.83	7.83
	JARRA N° 2	5.00	7.55	7.05
	JARRA N° 3	10.00	6.87	6.81
	JARRA N° 4	15.00	6.62	6.54
	JARRA N° 5	20.00	6.51	6.32
	JARRA N° 6	25.00	6.48	6.52

Nota. En la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) a diferentes concentraciones, se observó que el pH fue disminuyendo secuencialmente por cada jarra, siendo el pH más bajo el de la jarra N° 6 con una concentración de 6.48. De igual manera, en la prueba N° 2, donde se utilizó Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más coagulante natural a base de *Prunus persica*, se registró una relación inversamente proporcional entre la dosis de coagulante y pH, conteniendo en la jarra N° 5 la menor concentración de pH: 6.32.

Tabla 5

Concentración de la conductividad final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

PARÁMETROS		DOSIFICACIÓN	N° PRUEBA DE JARRAS	
FÍSICOS				
N° DE JARRAS	CONDUCTIVIDAD	Concentración	N° 1	N° 2
	($\mu\text{S/cm}$)	total (mg/L)		
	JARRA N° 1	0.00	389.33	389.33
	JARRA N° 2	5.00	387.00	311.00
	JARRA N° 3	10.00	390.00	305.00
	JARRA N° 4	15.00	390.00	306.00
	JARRA N° 5	20.00	389.00	310.00
	JARRA N° 6	25.00	391.00	313.00

Nota. En la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) a diferentes concentraciones, se pudo observar que la conductividad se mantuvo casi constante en las diferentes jarras. Por otro lado, en la prueba N° 2, donde se empleó Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) más coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), se registró una disminución variada de la conductividad en las 6 jarras, teniendo como valor máximo: 389.33 $\mu\text{S/cm}$ (Jarra N° 1); y como valor mínimo: 305.00 $\mu\text{S/cm}$ (Jarra N° 3), aunque no se pudo definir si esta disminución ocurrió debido a la concentración de los coagulantes utilizados.

Tabla 6

Concentración de turbiedad final en la prueba de jarras N^o 1 y N^o 2

PARÁMETROS		DOSIFICACIÓN	N ^o PRUEBA DE JARRAS	
FÍSICOS				
N ^o DE JARRAS	TURBIEDAD (NTU)	Concentración	N ^o 1	N ^o 2
		total (mg/L)		
	JARRA N ^o 1	0.00	153.00	153.00
	JARRA N ^o 2	5.00	8.12	30.20
	JARRA N ^o 3	10.00	3.49	9.72
	JARRA N ^o 4	15.00	2.09	7.08
	JARRA N ^o 5	20.00	1.57	6.00
	JARRA N ^o 6	25.00	0.80	4.98

Nota. La turbiedad inicial de la muestra fue de 153.00 NTU. En la prueba N^o 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) a diferentes concentraciones, se observó que en la Jarra N^o 6 –donde se utilizó una dosis de 25.00 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ – la turbiedad llegó a disminuir hasta 0.80 NTU. Sin embargo, para la prueba N^o 2, dentro de la Jarra N^o 6 –donde se agregó 15.00 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ + 10.00 mg/L de *Prunus persica* (semilla de durazno)– se registró una mínima turbiedad de hasta 4.98 NTU.

Tabla 7

Concentración de la alcalinidad final en la prueba de jarras N° 1 y N° 2

PARÁMETROS		DOSIFICACIÓN	N° PRUEBA DE JARRAS	
FÍSICOS				
N° DE JARRAS	ALCALINIDAD	Concentración	N° 1	N° 2
	(mgCaCO ₃ /L)	total (mg/L)		
	JARRA N° 1	0.00	68.00	68.00
	JARRA N° 2	5.00	76.00	88.00
	JARRA N° 3	10.00	68.00	64.00
	JARRA N° 4	15.00	36.00	52.00
	JARRA N° 5	20.00	40.00	52.00
	JARRA N° 6	25.00	32.00	52.00

Nota. En la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) a diferentes concentraciones, se observó que la disminución de la alcalinidad tuvo una relación inversamente proporcional con la dosis del coagulante mencionado, reduciendo el valor de esta hasta 32.00 mgCaCO₃/L. Por otro lado, en la prueba N° 2, donde se utilizó Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) más coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), el valor mínimo de alcalinidad fue de 52.00 mgCaCO₃/L en las Jarras N° 4, N° 5 y N° 6.

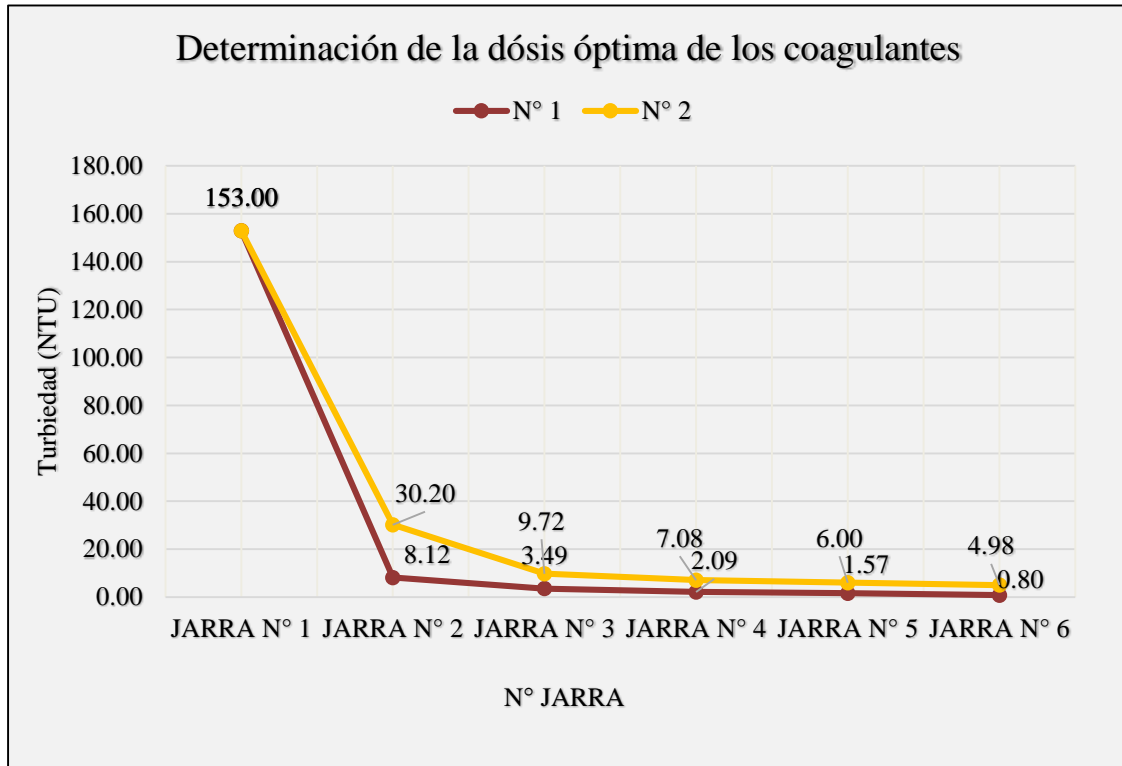


Figura 15. Determinación de la dosis óptima de los coagulantes.

Nota de figura. En función a la concentración del tipo de coagulante empleado y la turbiedad final registrada, la dosis óptima determinada para la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), fue de 5.00 mg/L. Asimismo, para la prueba N° 2, donde se utilizó una distribución porcentual de 60% Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más 40% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), la dosis óptima definida también fue de 5.00 mg/L; donde 3.00 mg/L fueron de Sulfato de Aluminio y 2.00 mg/L de *Prunus persica*.

Objetivo 3:

Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad.

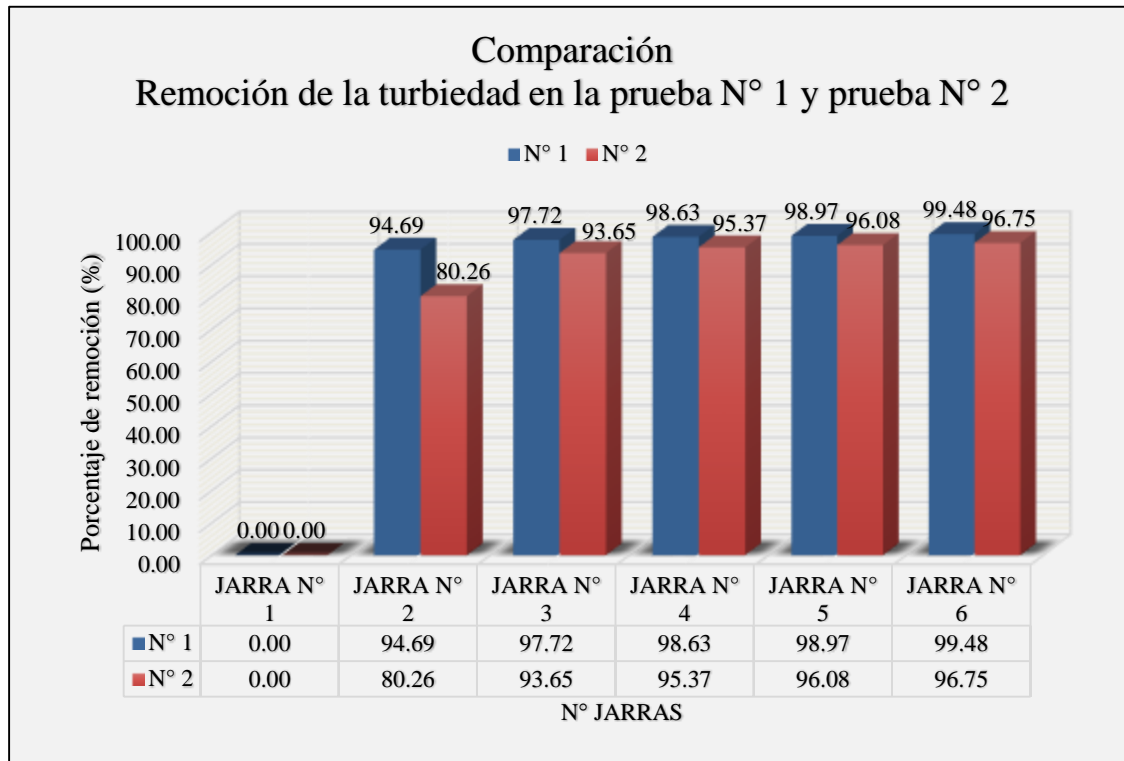


Figura 16. Comparación gráfica de la remoción de la turbiedad en la prueba N° 1 y prueba N° 2.

Nota de figura. Entonces, se puede observar que el porcentaje de remoción obtenido empleando Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), de manera individual, es superior en todas las jarras. De esta manera, en la Prueba N° 1, se logró alcanzar un porcentaje de remoción del 99.48% con una dosis de 25.00 mg/L frente a un 96.75% de remoción en la Prueba N° 2 con la misma dosis, pero con una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno). No obstante, cabe mencionar que ambas pruebas superaron una eficacia del 95.00%, lo cual indica que poseen un buen potencial para el tratamiento de aguas superficiales.

Objetivo 4:

Comparar los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B).

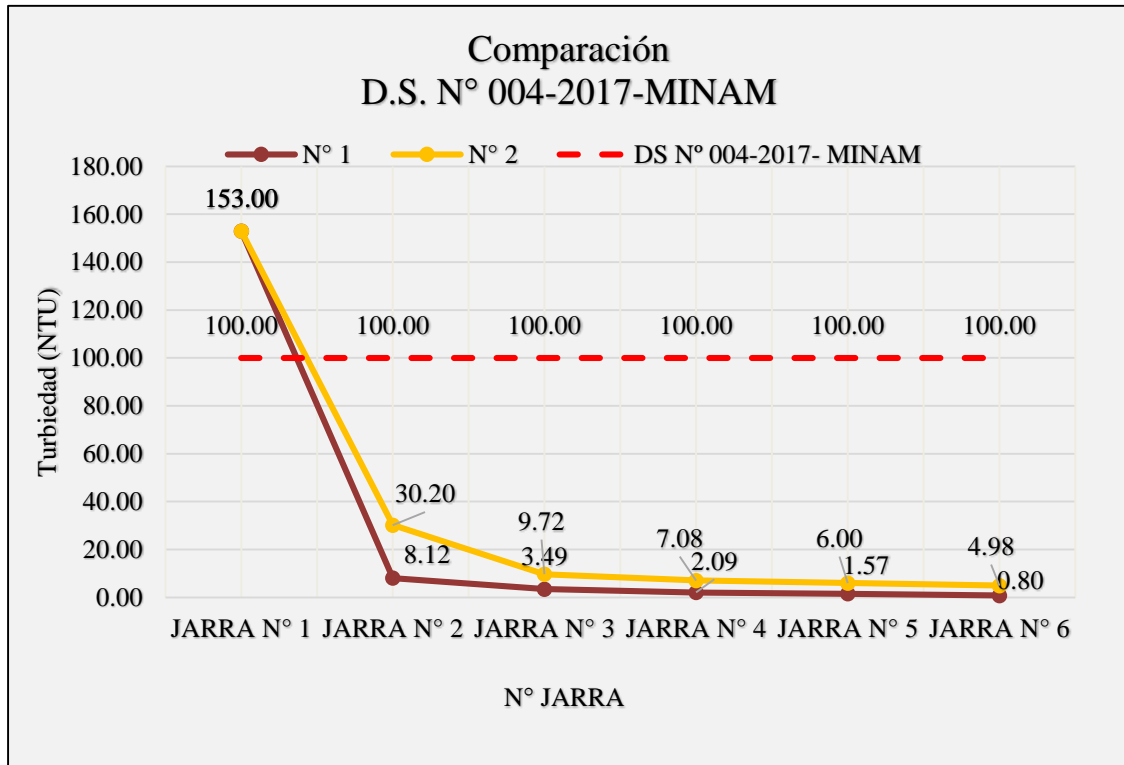


Figura 17. Comparación de los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B).

Nota de figura. Según el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B) “Estándares de la Calidad Ambiental para Agua”, el límite definido para la turbiedad es de 100.00 NTU; por ende, los resultados obtenidos –en función a las turbiedades alcanzadas– se encuentran por debajo del valor establecido por la norma.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A continuación, se expone la discusión del presente trabajo de investigación basada en los resultados obtenidos en el apartado anterior.

En primer lugar, tomando como punto de partida el primer objetivo planteado en el presente trabajo: Caracterizar la muestra de agua superficial recolectada del río Moche; se muestran los resultados obtenidos dentro de la Tabla N° 1; donde se encontró que la muestra de agua analizada en el punto de monitoreo "RMoch1" –según el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B)– presentaba valores situados dentro del rango establecido. Es decir, los valores de la temperatura y pH pertenecían y/o eran inferiores o superiores a los límites determinados por la entidad. Por lo tanto, para el parámetro de temperatura, los valores debieron mantenerse a una temperatura ambiente de 22.00 °C con una variación térmica de 3.00 °C ($\Delta 3.00^{\circ}\text{C}$) y para el pH, estos debieron mantenerse en el rango de 6.00 a 9.00. No obstante, la turbiedad presente en la muestra superaba los 100.00 NTU, debiéndose, posiblemente, por el constante vertimiento de efluentes cercanos al río Moche.

Entonces, como se mencionó anteriormente, en la Tabla N° 1, se muestran los valores obtenidos en la caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche; teniendo como temperatura promedio: 22.00 °C; como pH promedio: 7.83; como conductividad promedio: 389.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y como turbiedad promedio: 153.00 NTU. Además, según Barrenechea (s.f.), esta alta turbiedad se encuentra explicada por la concentración de partículas coloidales existentes en este tipo de aguas; estas partículas por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milimicrómetros, lo que impide

que estas sedimenten debido al poco peso que tienen. Asimismo, estos coloides tienen una carga negativa lo que dificulta su aglomeración; y, por consiguiente, su sedimentación. Para tratar un agua con alta carga de coloides, se debe aplicar un tratamiento convencional con la finalidad de disminuir la concentración de los diferentes tipos de contaminantes presentes en dicho cuerpo hídrico.

De esta manera, se comparan los resultados expuestos con el trabajo realizado por Rodríguez (2019), quien indica que la temperatura óptima de la muestra de agua –según la ubicación geográfica donde fue recolectada– debió estar alrededor de los 20 °C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$); por lo tanto, se aprecia que los valores obtenidos pertenecen y/o están dentro del rango mencionado. Asimismo, según la Autoridad Nacional del Agua (2014), en su informe técnico N° 010-2014-ANA-DGCRH-VIG, menciona que el valor del pH analizado en el punto de monitoreo “RMoch8” –el cual también fue muestreado a la altura del puente del río Moche– fue de 7.40; mostrando precisamente una similitud a los valores conseguidos en esta investigación.

También, en la Tabla N° 2, se determinó el valor de la alcalinidad de la muestra; el cual fue: 68.00 mgCaCO₃/L. De la misma manera, en palabras de Feria, Bermúdez y Estrada (2014), indican que las muestras de agua superficial recolectadas para sus ensayos poseían una alcalinidad que variaba entre 52.00 y 68.00 mgCaCO₃/L; dándole plusvalía a los resultados conseguidos en este parámetro durante la caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche. No obstante, este parámetro fue menos relevante, debido a que no se encuentran límites establecidos dentro de la categoría y subcategoría del decreto mencionado con anterioridad.

En segundo lugar, se presenta la sustentación del siguiente objetivo: Determinar la dosis óptima del Sulfato de Aluminio y de *Prunus persica* como complemento del Sulfato de Aluminio.

Por lo tanto, luego de realizar con éxito las pruebas de jarras N° 1 y N° 2, se recolectaron los nuevos valores de los parámetros físicos ya establecidos. Asimismo, se considera fundamental el entendimiento del comportamiento de ambos coagulantes en función a sus resultados, dentro de cada parámetro analizado, para la obtención de la dosis óptima correspondiente a cada uno.

De esta manera, en la Tabla N° 3, se observa una comparación de las variaciones de temperatura en la prueba N° 1 (Temperatura N° 1) y en la prueba N° 2 (Temperatura N° 2); teniendo 22.00 °C como temperatura inicial en ambas pruebas. En la prueba N° 1, no se observaron cambios significativos en la temperatura, manteniendo los valores en un rango entre 21.50 °C y 22.00 °C; donde se alcanzó los 21.50 °C como valor mínimo final de temperatura (Temperatura N° 1). En la prueba N° 2, tampoco se registraron cambios significativos en la temperatura; los rangos de los valores se establecieron entre 22.00 °C y 23.20 °C, de esta manera, se obtuvo 23.20 °C como valor máximo final de temperatura (Temperatura N° 2). Estos resultados guardan relación a los obtenidos en el estudio realizado por Quino (2020), donde este indica que también obtuvo temperaturas iniciales alrededor de 19.00 °C, 22.00 °C y 25.00 °C. De igual manera, menciona que alcanzó mejores resultados de remoción con el Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) a 25.00 °C, que con otros coagulantes naturales. También, indica que la *Prunus persica* (semilla de durazno) fue la menos eficaz a 19.00 °C y que consiguió un menor porcentaje de remoción de contaminantes con respecto a los otros

coagulantes utilizados; sin embargo, cabe destacar que este parámetro físico, en particular, no es decisivo para la determinación de la eficacia de los coagulantes según su naturaleza.

En la tabla N° 4, se muestra un cuadro comparativo de las variaciones de pH en la prueba N° 1 (pH N° 1) y la prueba N° 2 (pH N° 2); contando con un pH inicial de 7.83 en ambas pruebas. En la prueba N° 1, se observó que el pH fue disminuyendo secuencialmente por cada jarra, siendo el pH más bajo el de la jarra N° 6 con una concentración de pH final de 6.48 (pH N° 1). De igual manera, en la prueba N° 2, se registró una relación inversamente proporcional entre la dosis de coagulante y pH, obteniendo un pH final de 6.52 (pH N° 2). Sin embargo, para esta segunda prueba, el pH mínimo fue determinado en la jarra N° 5 cuyo valor fue de 6.32. Comparando estos resultados con los obtenidos por Quino (2017), se observa que presentó un valor de pH inicial de 7.20 en su muestra de agua, como mejor tratamiento también se tuvo a la *Prunus persica* (semilla de durazno) –pero en este caso– alcalinizándolo a un pH de 7.54; mientras que el coagulante químico provocó igualmente una acidificación del agua con un pH de 6.92, lo cual se debe al aluminio (Al) presente en este compuesto. La disminución de pH en el agua tratada se debe a que los cationes metálicos de Al^{+3} no permanecen aislados cuando están rodeados de moléculas de agua. Los iones de aluminio hidratados ($Al(H_2O)_6$) actúan como un ácido y reaccionan con las bases presentes en el agua, ocasionando así un gasto de la alcalinidad y un descenso del pH (Arboleda, 2000, pág. 52) . Asimismo, en la tesis de Barbarán, López y Chico (2017), se obtuvieron resultados similares; en este caso, el pH inicial de las muestras tratadas fue 6.30, con la aplicación del coagulante a base de *Persea americana* (semilla de

palta), aumentó ligeramente siendo el valor final de 6.70; mientras que, en los tratamientos con coagulante *Prunus persica* (semilla de durazno), el pH de las muestras llegó hasta 6.40; asemejándose a los resultados obtenidos en el presente trabajo. Por ende, se puede concluir que los coagulantes de origen natural no producen una alteración significativa, en el aumento o disminución del pH, durante el tratamiento de aguas.

En la tabla N° 5, se presenta una comparación de las variaciones de conductividad en la prueba N° 1 (Conductividad N° 1) y en la prueba N° 2 (Conductividad N° 2); poseyendo una conductividad inicial de 389.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambas pruebas. En la prueba N° 1, se pudo observar que la conductividad se mantuvo casi constante en las diferentes jarras y se obtuvo un valor final de 391.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Conductividad N° 1). No obstante, para la prueba N° 2, se registró una disminución variada de la conductividad en las 6 jarras, teniendo como valor máximo: 389.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Jarra N° 1); y como valor mínimo: 305.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Jarra N° 3); asimismo, se obtuvo un valor final de 313.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Conductividad N° 2), aunque no se pudo definir si esta disminución ocurrió debido a la concentración de los coagulantes utilizados. Por otro lado, Quino (2020) en su proyecto de investigación, indica que obtuvo un valor inicial de conductividad promedio de 738.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$; luego de la experimentación se obtuvo que el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) disminuyó la conductividad hasta 665.82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25.00 °C; mientras que con la *Prunus persica* (semillas de durazno) mantuvo un valor de 772,24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 19.00 °C. De igual modo, en la investigación de Contreras et. al. (2015), se encontró una conductividad inicial fue 119.47 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y existieron diferencias significativas para la conductividad eléctrica entre los tratamientos aplicados, dicho

esto –para aquellos donde predominó el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)– se obtuvo menores niveles de conductividad establecidos en un rango entre 117.87 y 118.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sin embargo, para los tratamientos donde se utilizó coagulante natural, confirieron una conductividad mayor en el agua clarificada que en el agua sin tratamiento; lo que podría significar que el tipo de coagulante natural, ya sea *Prunus persica*, *Moringa Oleífera* u *Opuntia ficus-indica*, puede brindar diferentes atribuciones para el tratamiento de aguas y provocar un aumento o disminución de la conductividad presente en el agua.

En la tabla N° 6, se observa un cuadro comparativo de las variaciones de turbiedad en la prueba N° 1 (Turbiedad N° 1) y la prueba N° 2 (Turbiedad N° 2); contando con una turbiedad inicial de 153.00 NTU en ambas pruebas. En la prueba N° 1, se observó que dentro de la Jarra N° 6 –donde se utilizó una dosis de 25.00 mg/l de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – la turbiedad llegó a disminuir hasta 0.80 NTU (Turbiedad N° 1). Sin embargo, para la prueba N° 2, dentro de la Jarra N° 6 –donde se agregó 15.00 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ + 10.00 mg/L de *Prunus persica*– se registró un mínimo valor de solo 4.98 NTU (Turbiedad N° 2). Aquí entra a tallar lo mencionado por Carrasquero et. al. (2015), donde se aprecia que, de una muestra de agua con un valor de turbiedad inicial de 100.00 NTU, con el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) se pudo reducir sus valores hasta un rango de 3.80 ± 0.10 NTU; y, por otro lado, la *Prunus persica* (semilla de durazno) los redujo hasta un rango 7.30 ± 2.70 NTU. También, en palabras de Barbarán, López y Chico (2017), la *Prunus persica* (semilla de durazno) llegó a reducir la turbiedad de una muestra de agua proveniente del canal Chavimochic –ubicado en la zona de Alto Moche por donde transcurre agua superficial proveniente del río Santa– desde un valor inicial de 1302.00

NTU hasta un valor final de 91.80 NTU. De la misma manera, comparando con los resultados obtenidos por Chávez (2018), el autor indica que la utilización de *Prunus persica* (semilla de durazno), como coagulante para la aclaración de aguas turbias, sirvió para disminuir la turbiedad desde un valor máximo de 461.00 NTU hasta un valor mínimo de 16.00 NTU.

Por lo tanto, con todo lo mencionado anteriormente, se deduce y afirma que la *Prunus persica* (semilla de durazno) tiene la capacidad de ser utilizada como complemento del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en el proceso de coagulación para la reducción de la turbiedad y remoción de contaminantes presentes en el agua; sin embargo, queda evidenciado que la utilización del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), en su totalidad, brinda un mejor tratamiento y, por ende, se puede llegar a obtener mejores resultados a los logrados con el coagulante natural. Para la explicación de la disminución de la turbidez a partir de un coagulante; primero, debemos entender que unas de las propiedades que más distingue a las partículas coloidales es el que no pueden sedimentarse, aun cuando las partículas sean más densas que el líquido que las rodea, y que estas tengan una carga negativa. Si una suspensión de dichas partículas es observada en un ultramicroscopio, se puede notar que entre ellas hay un movimiento constante y desordenado, a este fenómeno se le llama “*movimiento browniano*”. Es por lo mencionado anteriormente que, para el tratamiento de aguas donde se encuentra una alta carga de partículas coloidales, se debe usar un desestabilizador (coagulante). En el caso del Sulfato de Aluminio, cuando es añadido al agua, las moléculas de Al^{+3} , tienen la propiedad de reaccionar con las partículas coloidales cargadas negativamente para neutralizar parte de la carga coloidal. Además, el Al^{+3} puede reaccionar con los OH^{-1}

presentes en el agua para así formar el hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), el cual va absorber iones positivos y generar las fuerzas de atracción o también llamadas las fuerzas de Van der Waals (Arboleda, 2000, pág. 52-53). Las fuerzas de Van der Waals ocasionan que dos partículas cargadas positivamente y negativamente tenga una colisión y se agrupen formando así los flocs (partículas coloidales agrupadas) para facilitar la sedimentación y así reducir la turbidez.

En la tabla N° 7, se muestra una comparación de las variaciones de la alcalinidad en la prueba N° 1 (Alcalinidad N° 1) y la prueba N° 2 (Alcalinidad N° 2); teniendo 68.00 mgCaCO_3/L como alcalinidad inicial en ambas pruebas. En la prueba N° 1, se observó que la disminución de la alcalinidad tuvo una relación inversamente proporcional con la dosis del coagulante mencionado, reduciendo su valor hasta 32.00 mgCaCO_3/L (Alcalinidad N° 1). Por otro lado, en la prueba N° 2, el valor mínimo de alcalinidad fue de 52.00 mgCaCO_3/L en las Jarras N° 4, N° 5 y N° 6 (Alcalinidad N° 2). Comparando estos resultados con los obtenidos en la investigación de Carrasquero et. al. (2015), se muestra que los valores finales de la alcalinidad en la muestra de agua tratada con *Prunus persica* (semilla de durazno), se establecieron en un rango de $66.70 \pm 11.80 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$, ubicando a los valores hallados en esta evaluación dentro del intervalo establecido. Además, en la investigación de Feria, Bermúdez y Estrada (2014), indican que los cambios en la concentración final de la alcalinidad de las muestras fueron relativamente bajos con un coeficiente de variación menor al 0.06% (C.V. < 6%) para turbiedad inicial mayor a 66.00 NTU en ambas pruebas. Esto permite declarar que la aplicación del coagulante natural no afecta considerablemente las características originales de la muestra.

En general, el pH y la alcalinidad no varían en función de las dosis, la velocidad de agitación y el tiempo de duración de las mismas. (Rodríguez et. al., 2005). Lo anterior se manifiesta como una “gran ventaja” de los coagulantes naturales sobre los coagulantes a base de compuestos químicos, ya que con la aplicación de *Prunus persica* (semilla de durazno) no se involucra el proceso de coagulación y no hay necesidad de estabilizar el pH luego de su uso, como suele ser necesario al utilizar sales de hierro y aluminio, que son coagulantes hidrolizables que reaccionan con la alcalinidad durante el proceso de coagulación (CEPIS, 2004). Estos químicos, al restarle alcalinidad al agua, la vuelven corrosiva debido a la disminución del pH; en consecuencia, podría lixiviar metales en el sistema de distribución, reducir la efectividad del desinfectante, permitir la formación de biopelículas y, por consiguiente, representar un riesgo sanitario y un problema de salud pública; a menos que se logre alcalinizar nuevamente y se efectúe el acondicionamiento químico de pH en el agua.

En consecuencia, se determinó la dosis óptima de los coagulantes con respecto a las cantidades y las concentraciones de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y/o *Prunus persica* (semilla de durazno) utilizadas frente a las turbiedades registradas en ambas pruebas de jarras.

Por lo tanto, en la figura 15, se presenta la determinación de la dosis óptima de coagulantes. En este caso, en función a la concentración del tipo de coagulante empleado y la turbiedad final registrada, la dosis óptima determinada para la prueba N° 1, donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), fue de 5.00 mg/L. Asimismo, para la prueba N° 2, donde se utilizó una distribución porcentual de 60% Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) más 40% coagulante

natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), la dosis óptima definida también fue de 5.00 mg/L; donde 3.00 mg/L fueron de Sulfato de Aluminio y 2.00 mg/L de *Prunus persica*. Contrastando estos valores con los definidos por Feria, Bermúdez y Estrada (2014), para turbiedades entre 200.00 y 360.00 NTU, el coagulante natural empleado tuvo el mismo comportamiento que el Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) con la misma concentración y dosis mayores a 10.00 mg/L. A pesar de ello, con dosis menores y turbiedades inferiores de agua cruda, el Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) se comportó de manera más eficiente que el coagulante natural; esto deja evidenciado la superioridad del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) frente a la *Prunus persica* (semilla de durazno). Asimismo, según Barbarán, López y Chico (2017), la dosis óptima determinada para la remoción de turbiedad del canal de Chavimochic fue de 15.00 mg/L de coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno), teniendo nuevamente una similitud con la dosis mencionada anteriormente; no obstante, el valor final de turbiedad para su muestra fue de 91.80 NTU, mientras que el de esta evaluación fue de 4.98 NTU, lo que puede ser explicado por las dimensiones del proyecto de investigación.

En tercer lugar, se precisó: Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad; en función a los valores mínimos de turbiedad alcanzados en ambas pruebas de jarras.

Entonces, en la figura 16, se muestra una comparación gráfica de la remoción de la turbiedad en la prueba N° 1 y la prueba N° 2. En la prueba N° 1, se observó que, en la jarra N° 6 –la cual contenía una dosis de 25.00 mg/L de coagulante a base de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)– presentó un porcentaje de remoción de 99.48%, siendo este el valor más alto logrado en ambas pruebas. Por otro lado, en la prueba N° 2, el valor

máximo de dicha prueba también se observó en la jarra N° 6 –la cual contenía una dosis de 25.00 mg/L con una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno)–; no obstante, se obtuvo un porcentaje de remoción de 96.75%, el cual fue inferior al de la primera prueba. Estos resultados son comparados con lo expuesto Carrasquero et. al. (2015), donde indican que los porcentajes de remoción fueron superiores al 90.00%, tanto para el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) como para la *Prunus persica* (semilla de durazno); sin embargo, las dosis utilizadas fueron 10.00 mg/L y 250.00 mg/L, respectivamente; lo cual resulta pertinente al compararse con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que corrobora la superioridad del coagulante artificial –a una mínima concentración– con respecto a la considerable dosis empleada de coagulante natural para obtener los mismos efectos. Asimismo, en la investigación realizada por Olivero, Mercado y Montes (2013), quienes indican haber obtenido un porcentaje de remoción de 93.25% utilizando un coagulante natural a base de *Opuntia ficus-indica*; en comparación con el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), el cual logró obtener un porcentaje de remoción mayor al 99.00%, siendo este el más efectivo. Además, en la investigación de Contreras et. al. (2015), indican que los tratamientos que otorgaron mayores porcentajes de remoción fueron aquellos que poseían una distribución porcentual de coagulantes de 90.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) + 10.00% *Opuntia ficus-indica*, y 80.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) + 20.00% *Opuntia ficus-indica*; a comparación de aquellos con una distribución más equitativa de 50.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) + 50.00% *Opuntia ficus-indica*, los cuales tuvieron un menor porcentaje de remoción y, por lo tanto, un menor

rendimiento; asimismo, esto corrobora los resultados conseguidos en la presente investigación, la cual obtiene una mayor eficacia teniendo al Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) como coagulante primario –y como coagulante mayoritario en la distribución porcentual– en el proceso de coagulación. Igualmente, en la evaluación de Fera, Bermúdez y Estrada (2014), se expone que el coagulante natural utilizado consiguió altas eficiencias de remoción de turbidez, siendo estas superiores al 90.00%, que se lograron con dosis entre 4.50 y 17.50 mg/L de coagulante natural; dichos valores de remoción y dosis de coagulante coinciden con los logrados en la investigación, lo cual aumenta la confiabilidad de los resultados. De esta manera, se demuestra que el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) posee un porcentaje de remoción superior al de la *Prunus persica* (semilla de durazno), el cual lo vuelve el coagulante más eficaz para la remoción de la turbiedad en los diferentes tipos de agua superficial a tratar.

Por último, respondiendo al último objetivo planteado: Comparar los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B); se observa que los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son aceptables según la normativa, debido a que cumplen con los parámetros y no representan un peligro para su reutilización en la recreación. Sin embargo, es necesario el estudio y la evaluación de otros parámetros físicos, químicos y/o biológicos para que se pueda determinar si esta agua tratada puede ser designada para otros fines (otras categorías y/o subcategorías) presentados también en la presente normativa. De la misma manera, el proyecto finaliza mencionando que el porcentaje de remoción del Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), utilizado de manera individual, es superior en todas las jarras; cabe destacar que ambas pruebas superaron una eficacia del 95.00%, lo cual demuestra que

dichos coagulantes poseen un excelente potencial para la remoción de contaminantes dentro del tratamiento de aguas superficiales.

En consiguiente, se exponen las conclusiones como respuesta a los objetivos presentados al inicio del trabajo.

Principalmente, se concluye que la eficacia de la *Prunus persica* (semilla de durazno) no es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019; a pesar de haber obtenido finalmente un porcentaje de remoción de 96.75%, en la segunda prueba de jarras. Esto se demuestra a través de la prueba t-Student, donde el valor “P” fue de 0.8439 ($p > 0.05$) con un nivel de confianza del 95.00%. Ver Anexo N° 68.

De manera específica, se caracterizó la muestra de agua superficial del río Moche; teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en el *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*, evaluando los parámetros físicos de temperatura ($^{\circ}C$), pH, conductividad ($\mu S/cm$), turbiedad (NTU) y alcalinidad ($mgCaCO_3/L$). Asimismo, se utilizaron los promedios obtenidos de cada parámetro: 22.00 $^{\circ}C$ para la temperatura; 7.83 para el pH; 389.33 $\mu S/cm$ para la conductividad; 153.00 NTU para la turbiedad y 68.00 $mgCaCO_3/L$ para la alcalinidad; como valores iniciales para el desarrollo de las pruebas posteriores. Ver Anexos N° 42 y 43.

Además, se determinó la dosis óptima del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), durante la primera prueba de jarras, el cual fue 5.00 mg/L; y la dosis óptima de la *Prunus persica* (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio

($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$); durante la segunda prueba de jarras –dentro de la Jarra N° 2– la cual posee una concentración de coagulantes de 5.00 mg/L. Asimismo, esta concentración definida contenía una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) –el cual representó 3.00 mg/L del total– más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno) –el cual representó los 2.00 mg/L restantes–.

Asimismo, se determinó el porcentaje de remoción de la turbiedad según el uso de los coagulantes. En la prueba de jarras N° 1 –donde solo se adicionó coagulante artificial a base de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)– y en la prueba de jarras N° 2 –donde se utilizó una distribución porcentual de 60.00% Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) más 40.00% coagulante natural a base de *Prunus persica* (semilla de durazno)–; teniendo como resultado para cada jarra –enumerada del uno (1) al seis (6)– en la prueba N° 1: 0.00%; 94.69%; 97.72%; 98.63%; 98.97% y 99.48%, respectivamente; y para cada jarra en la prueba N° 2: 0.00%; 80.26%; 93.65%; 95.37%; 96.08% y 96.75%, respectivamente.

Finalmente, se compararon los resultados obtenidos en la presente investigación con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B); los cuales se encuentran situados dentro del rango establecido por la entidad; es decir, los valores finales de la temperatura (°C), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), turbiedad (NTU) y alcalinidad (mgCaCO_3/L), pertenecen y/o son inferiores a los límites determinados en la normativa peruana vigente.

REFERENCIAS

- Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., y Ortuño, J. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Coagulación-Floculación*. Universidad de Murcia. Murcia, España. Recuperado de <https://bit.ly/3pzB6qX>
- ANA. (2014). *Evaluación de la calidad del agua y de los sedimentos en la cuenca del río Moche – La Libertad, Febrero 2014*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2229>
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3qD4iOX>
- ANA. (2019). *Ley N° 29338 – Ley de los Recursos Hídricos*. Lima, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2NjbtNS>
- Arboleda, J. (2000). *Teoría de la coagulación del agua*. En R. Pertuz Molina (Ed), *Teoría y práctica de la purificación del agua* (3era edición, Tomo 1, pp. 52-53). NOMOS S.A.
- Barajas C. y León A. (2015). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) en el proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial*. Repositorio de la Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://bit.ly/3u6G4yR>
- Barbarán, H., López, J. y Chico, J. (2017). *Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*)*. Trujillo, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/31R9ps8>
- Barrenechea A. (s.f.) *Coagulación*. Recuperado de <https://bit.ly/3fDAIGo>

Biomodel (s.f.) *Electroforesis de proteínas y de ácidos nucleicos*. Recuperado de <https://bit.ly/3dxWAjH>

Cabrejos, W. (2019). *Eficiencia de la semilla de Prunus pérsica (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa*. Repositorio de la Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://bit.ly/3o9eBt9>

Carrasquero, S., Martínez, M., Castro, M., López, Y., Díaz, A., y Colina, G. (2015). *Eficiencia de las semillas de durazno (Prunus persica) como coagulante en la potabilización de aguas*. Maracaibo, Venezuela. Recuperado de <https://bit.ly/3dazRMj>

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente, CEPIS/OPS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida*. Lima, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3b43hZx>

Cogollo, J. (2011). *Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclorigenato de aluminio*. Revista digital de la Universidad Nacional de Colombia, Vol. 78, No. 165, 18-27. Recuperado de <https://bit.ly/2Q51L19>

Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R. y Mendoza, G. (2015). *El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua*. Revista Producción + Limpia, Vol. 10, No. 1, 40-50. Recuperado de <https://bit.ly/3Do8qIN>

Dávila, C., Huamán, M., Flores, J., Polo, R. y Araujo, N. (2018). *Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón*

de Huaylas. Revista de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo:

Revista Digital, Vol. 11, No. 2, 299-310. Recuperado de <https://bit.ly/2S5LkzT>

De Hoyos, M., Martínez, A., y Farías, L. (2014). *Comportamiento de partículas en pinturas base agua*. Revista digital de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Recuperado de <https://bit.ly/3rWuuUN>

Feria J., Bermúdez S. y Estrada A. (2014). *Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú*.

Revista Producción + Limpia: Revista digital, Vol. 9, No. 1, 9 – 22. Recuperado de <https://bit.ly/2XQj0Hj>

Feria, J., Rodiño, J. y Gutiérrez, G. (2016). *Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua del río Sinú tratada con coagulantes naturales*.

Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquía, No. 78, 119+. Recuperado de <https://bit.ly/32hUpur>

Fuentes, N., Molina, E. y Ariza, C. (2016). *Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas*. Revista

Producción + Limpia, Vol. 11, No. 2, 41-54. Recuperado de <https://bit.ly/2xyVsIe>

Guano, G. (2020). *Remoción de Plomo y Cadmio de aguas residuales industriales mediante biocoagulación con semillas de durazno*. Repositorio digital de la

Universidad de las Américas. Recuperado de <https://bit.ly/3o8Wcgj>

Glynn, J. y Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://bit.ly/2S2nIMJ>

Gurdián, R., Coto, J. y Salgado, V. (2012). *Coagulantes Naturales y Tradicionales Para Depuración Aguas Residuales*. Recuperado de <https://bit.ly/2xIF2gd>

- Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C. y García, R. (2013). *Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión*. Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient: Revista digital, Vol. 16, No. 1, 253-262. Recuperado de <https://bit.ly/2S3IwU8>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México
Recuperado de <https://bit.ly/3dnALFf>
- Instituto Geológico y Minero de España (2017). *Diferencia entre contaminación superficial y subterránea*. Recuperado de <https://bit.ly/3avwIF1>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Editorial Limusa, México.
Recuperado de <https://bit.ly/2Jvx6Vk>
- Ledo, P., Lima, R., Paulo, J. y Duarte, M. (2009). *Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleífera para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad*. Revista digital, Vol. 20, No. 5, 3-12. Recuperado de <https://bit.ly/2YIy9HQ>
- Lawn, R. (2013). *Measurement of pH*. Teddington, UK. Recuperado de <https://bit.ly/2XwILOF>
- Lozano, W. y Lozano, G. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Recuperado de <https://bit.ly/30lodEz>
- Mejía C. (s.f.) *Indicadores de efectividad y eficacia*. Recuperado de <https://bit.ly/3ufUjRr>
- MINAM. (s.f.). *Potabilización del agua*. Recuperado de <https://bit.ly/2Lb0zae>
- MINAM. (2015). *Estudio de desempeño ambiental 2003-2013*. Recuperado de <https://bit.ly/3dvj7vB>

MINAM. (2017). *D.S N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA)*

para Agua. Recuperado de <https://bit.ly/2PdRo9L>

MINAM. (2019). *Resolución Ministerial N° 269-2019-MINAM*. Recuperado de

<https://bit.ly/2QTt7sT>

Mokate, K. (2001). *Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos*

decir? Recuperado de <https://bit.ly/3vFgIYz>

Navarro, F. (2018). *Caracterización de los factores hidrogeológicos, hidrológicos y*

antrópicos que condicionan la interacción de aguas superficiales-subterráneas en

el río Andarax. Editorial UAL. Recuperado de <https://bit.ly/2Y0LOgt>

Neyra, E. y Llenque, E. (2011). *Grado de contaminación por relaves mineros en la*

cuenca del río Moche (Departamento de La Libertad). Biblioteca digital de la

Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <https://bit.ly/2NG94MH>

Olivero, R., Flórez, A., Vega, L. y Villegas, G. (2017). *Evaluación de una mezcla para*

coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas.

Producción + Limpia: Revista digital, Vol. 12, No. 2, 71-79. Recuperado de

<https://bit.ly/2YHEfbn>

Olivero, R., Mercado, I. y Montes, L. (2013). *Remoción de la turbidez del agua del*

Magdalena usando mucílago del nopal Opuntia ficus-indica. *Producción +*

Limpia: Revista Digital, Vol. 8, No. 1, 19 – 27. Recuperado de

<https://bit.ly/2JmJWX6>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

(2005). *Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente*. Lima, Perú. Recuperado de

<https://bit.ly/3bgTcZD>

- Poma J. y Quispe P. (2016). *Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas por el método de electrocoagulación*. Repositorio digital de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3adhnsr>
- Quino, P. (2020). *Evaluación de aguas residuales bajo el tratamiento a diferentes temperaturas de coagulación- floculación con semillas de Durazno (Prunus pérsica), Tuna (Opuntia ficus indica) y cáscara de Papa (Solanum tuberosum) del río Jillusaya*. Revista Apthapi: Revista digital, Vol. 6, No. 1, 1839-1852. Recuperado de <https://bit.ly/3kcwipz>
- Ramalho, R. (1990). *Introduction of Wasterwater Treatment Processes*. Laval University. Quebec, Canadá. Recuperado de <https://bit.ly/2XA8ep3>
- Ramírez, H. y Jaramillo, J. (2014). *Uso de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos*. Revista Ingeniería Solidaria: Universidad Cooperativa de Colombia. Ibagué, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/3FsbrcW>
- Ramírez, H. y Jaramillo, J. (2015). *Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua*. Revista de la Universidad Militar Nueva Granada: Revista digital, Vol. 11, No. 2, 136-153. Recuperado de <https://bit.ly/2XWZkRW>
- Rodríguez, S., Muñoz, R., García, O. y Fernández, E. (2005). *Empleo de un producto coagulante para clarificar el agua*. La Habana, Cuba. Recuperado de <https://bit.ly/3b2FhpH>
- Rodríguez, W. (2019). *Evaluación de resultados de monitoreo de calidad del agua de la cuenca del río Moche – La Libertad – Perú, 2014 – 2016*. Recuperado de <https://bit.ly/2OmLxRz>

Ruíz, F. (2015). *Modelo y manual de operación para la prueba de tratabilidad de filtración*. México D.F., México. Recuperado de <https://bit.ly/2FwTpMi>

Segura L. (2007). *Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica de Colombia*. Escuela Superior de Administración Pública. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2LLINty>

SENACE. (2010). *Aprueba Límite Máximos Permisibles para las emisiones de la industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos*. Recuperado de <https://bit.ly/39HNorU>

SIAL. (2010). *Decreto Supremo N° 031-2010-SA.-Aprueban el Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano*. Recuperado de <https://bit.ly/3pwqOaL>

Solis, R., Laines, J. y Hernández, J. (2012). *Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*. Revista Internacional de contaminación ambiental: Revista digital, Vol. 28, No. 3, 229-236. Recuperado de <https://bit.ly/2JmXx0p>

Varela, L. (s.f.). *Anales de la Universidad*. Montevideo, Uruguay. Recuperado de <https://bit.ly/3soQica>

Vélez R. (s.f.) *Introducción al Movimiento Browniano*. Recuperado de <https://bit.ly/3dz8qdl>

ANEXOS

ANEXO N° 1 – CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

		CRONOGRAMA															
ACTIVIDADES	MES	AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
		Semana				Semana				Semana				Semana			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión de artículos																	
Antecedentes																	
Problema de																	
Marco conceptual																	
Determinación del objetivo general																	
Determinación del objetivo específico																	
Desarrollo de hipótesis nula																	
Metodología																	
Tipo de Investigación																	
Población y muestra																	
Técnicas e instrumentos de recolección de datos																	
Procedimientos																	
Matriz de consistencia																	
Matriz de operacionalización de variables																	
Recolección de la muestra																	
Desarrollo de la experimentación																	
Resultados																	
Discusión																	
Conclusiones																	
Anexos																	

LEYENDA	
Erick Dominguez	
Gianfranco Acosta	

ANEXO N° 02 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFICACIA DE LA <i>PRUNUS PERSICA</i> (SEMILLA DE DURAZNO) COMO COMPLEMENTO DEL SULFATO DE ALUMINIO (Al₂(SO₄)₃) EN LA REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD PRESENTE EN AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO MOCHE – TRUJILLO, 2019.				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
<p>¿Cuál es la eficacia de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019?</p>	<p>H₀: La eficacia de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) NO es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019.</p> <p>H₁: La eficacia de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) SÍ es significativa como complemento del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche – Trujillo, 2019.</p>	<p>GENERAL</p> <p>Determinar la eficacia de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) en la remoción de la turbiedad presente en aguas superficiales del río Moche, Trujillo, 2019.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Caracterizar la muestra de agua superficial recolectada del río Moche.</p> <p>Determinar la dosis óptima del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃) y de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃).</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad</p> <p>Comparar los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría B).</p>	<p><i>Prunus persica</i> (semilla de durazno)</p> <p>Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃)</p>	<p>Remoción de la turbiedad</p>

ANEXO N° 03 - MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE
<p align="center">PRUNUS PERSICA (SEMILLA DE DURAZNO)</p>	<p>La <i>Prunus persica</i>, popularmente conocida como semilla de durazno, contiene proteínas y almidón. Estas características son las que brindan las propiedades de coagulación y floculación. Principalmente, las proteínas, al presentarse de manera catiónica, desestabilizan a las partículas coloidales de carga negativa haciendo que se atraigan unas con otras formando los coágulos y posterior a ello, los floculos. Asimismo, una semilla de durazno contiene un porcentaje de humedad de 7%, y aceites y grasas de 51.40%. También, retrasan las reacciones químicas, microbiológicas, y la formación de enzimas por lo que contribuyen en el tratamiento de aguas; por lo tanto, dichas cualidades la vuelven uno de los coagulantes naturales más usados y con mejores propiedades de coagulación. (Ramírez y Jaramillo, 2014).</p>	<p>Debido a sus propiedades, la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno), se utilizará para reducir la cantidad de contaminantes presentes en la muestra de agua superficial del río Moche a través de los procesos de coagulación y floculación.</p>	<p>Propiedades fisicoquímicas</p>	<p>Peso de la semilla</p>	<p align="center">g</p>


<p>SULFATO DE ALUMINIO (Al₂(SO₄)₃)</p>	<p>El Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃), existe natural. Se obtiene tratando la arcilla pura, que es un silicato de aluminio, por el ácido sulfúrico. Se emplea para fabricar el alumbre común. (Varela, s.f.).</p> <p>El Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃), conocido comúnmente como "alumbre", es considerado como el coagulante estándar con mayor uso en el tratamiento de aguas, ya que es fácil de producir y posee un costo de comercialización relativamente bajo. Su rango óptimo de pH varía entre 5.50 y 8.00. La dosis utilizada para aguas superficiales varía normalmente de 5.00 a 50.00 mg/L. Se comercializa en diversas presentaciones como: polvo, granulado, en escamas y en solución; siendo la primera, la más común. (Barajas y León, 2015).</p>	<p>Debido a sus propiedades, el Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃), se utilizará para reducir la cantidad de contaminantes presentes en la muestra de agua superficial del río Moche a través de los procesos de coagulación y floculación.</p>	<p>Propiedades fisicoquímicas</p>	<p>Peso del compuesto</p>	<p>g</p>
--	---	---	-----------------------------------	---------------------------	----------

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE
----------------------	-----------------------	------------------------	-------------	-------------	--------

<p style="text-align: center;">REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD</p>	<p>Dentro de los tratamientos fisicoquímicos para remover contaminantes emergentes, se encuentran procesos tradicionales de tratamientos de aguas tales como la coagulación y la floculación. (Gil et al., 2012).</p> <p>Estos por finalidad reducir los contaminantes tóxicos que contiene, es decir, metales pesados (como Hierro y Plomo) y sustancias tóxicas (como Arsénico, Antimonio, Cianuros, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Sulfitos). Además, con la potabilización se elimina el Calcio y el Calcio. Asimismo, se disminuye la dureza del agua para uso doméstico y se preserva con cloro y flúor, sustancias que impiden la presencia de microorganismos nocivos para la salud. (MINAM, s.f.).</p>	<p>Eliminación de contaminantes en aguas superficiales del río Moche, mediante el uso de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) como coagulante natural.</p>	<p>Factores de remoción</p> <p>de</p> <p>Capacidad de remoción</p>	<p>Tiempo de contacto</p> <p>de</p> <p>Velocidad de agitación</p> <p>de</p> <p>Porcentaje de remoción</p>	<p>Minutos</p> <p>RPM</p> <p>%</p>
--	--	---	--	---	------------------------------------

ANEXO N° 04 – COORDENADAS UTM DEL PUNTO DE MONITOREO:

“RMoch1”

Nombre: 

Zona:

Coordenada Este:

Coordenada Norte:

Descripción

Toma de muestra de aguas superficiales del río Moche para la caracterización física y posterior remoción de contaminantes.


ANEXO N° 05 – IMAGEN SATELITAL DEL PUNTO DE MONITOREO: “RMoch1”



ANEXO N° 06 – CADENA DE CUSTODIA

N	CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE AGUA												
Responsable de monitoreo		Gianfranco Jakob Aco sta Espino				Departamento:		La Libertad		COD_N°		1	
Universidad		Universidad Privada del Norte - Sede San Isidro				Provincia:		Trujillo		Distrito:		Moche	
DESCRIPCION DE LA MUESTRA						PARAMETROS						OBSERVACIONES DE CAMPO	
ESTACION DE MUESTREO		MUESTREO		TIPO DE MATRIZ (2)	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)	ALTITUD (m.s.n.m)	Cantidad de Envases	Conductividad	pH	Turbiedad	Alcalinidad	(Indicar observaciones relevantes en el monitoreo: color, olor, clima, materiales extraños, etc)	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FECHA (dd-mm-aa)	HORA			ZONA (17,18,19)							
RMoch1	ALTURA DE RÍO MOCHE	14/10/2019	15:00	Agua Superficial	719051.96 E 9099364.23 S	45 m.s.n.m. 17L	4	X	X	X	X	Descintas en la parte inferior izquierda del formato.	

OBSERVACIONES (Campo)
El punto de monitoreo RMoch1 se encuentra aprox. a 116.61 metros en dirección al Este desde el Puente Moche - Carretera Panamericana, Moche, Trujillo, La Libertad.
Des de la carretera Panamericana Norte, a la altura del Puente Moche, se aprecia un pequeño tramo de trocha hasta el punto de monitoreo RMoch1.
La zona posee un relieve poco accidentado.
Durante la toma de muestra se apreció un bajo caudal y una alta presencia de residuos sólidos (plásticos, cartones, vidrios, metales, etc).
La finalidad del muestreo fue para determinar la eficacia de la <i>Prunus persica</i> (semilla de durazno) como complemento del Sulfato de Aluminio Al ₂ (SO ₄) ₃ en la remoción de contaminantes del río Moche - Trujillo, 2019.

Firma del inspector responsable del muestreo Nombre: Gianfranco Jakob Aco sta Espino Fecha: 14/10/2019 Hora: 15:00	
--	---




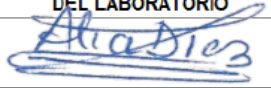
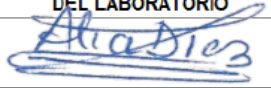

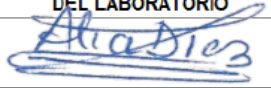
ANEXO N° 07 – TOMA DE MUESTRAS N° 1 EN EL RÍO MOCHE




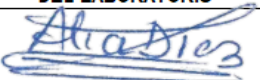
ANEXO N° 08 – TOMA DE MUESTRAS N° 2 EN EL RÍO MOCHE



**ANEXO N° 09 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TEMPERATURA (°C) EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE
AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO MOCHE**

		Formato de Análisis de Laboratorio																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Responsable de Análisis</td><td>Gianfranco Acosta Espino</td></tr> <tr><td>Número ID card</td><td>N00040770</td></tr> <tr><td>Curso</td><td>Tesis</td></tr> <tr><td>Docente</td><td>Luis Alva</td></tr> <tr><td>Laboratorio</td><td>Análisis instrumental</td></tr> </table>		Responsable de Análisis	Gianfranco Acosta Espino	Número ID card	N00040770	Curso	Tesis	Docente	Luis Alva	Laboratorio	Análisis instrumental	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Dato de control</td> <td>Día</td> <td>Mes</td> <td>Año</td> <td>Hora</td> </tr> <tr> <td>Fecha/hora de muestreo</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>15:00</td> </tr> <tr> <td>Fecha/hora de inicio análisis</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>16:00</td> </tr> <tr> <td>Fecha/hora de fin de análisis</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>16:30</td> </tr> </table>				Dato de control	Día	Mes	Año	Hora	Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00	Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	16:00	Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	16:30																																																																																																
Responsable de Análisis	Gianfranco Acosta Espino																																																																																																																																		
Número ID card	N00040770																																																																																																																																		
Curso	Tesis																																																																																																																																		
Docente	Luis Alva																																																																																																																																		
Laboratorio	Análisis instrumental																																																																																																																																		
Dato de control	Día	Mes	Año	Hora																																																																																																																															
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00																																																																																																																															
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	16:00																																																																																																																															
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	16:30																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Parámetro</td><td>Temperatura</td></tr> <tr><td>N° Total de muestras</td><td>1</td></tr> <tr><td>Caracterización y presentación de las muestras</td><td></td></tr> </table>		Parámetro	Temperatura	N° Total de muestras	1	Caracterización y presentación de las muestras		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Nombre de equipo</td><td>Termómetro (multiparámetro)</td></tr> <tr><td>Marca</td><td>HACH</td></tr> <tr><td>Modelo</td><td>HOD FIELD CASE</td></tr> </table>				Nombre de equipo	Termómetro (multiparámetro)	Marca	HACH	Modelo	HOD FIELD CASE																																																																																																																		
Parámetro	Temperatura																																																																																																																																		
N° Total de muestras	1																																																																																																																																		
Caracterización y presentación de las muestras																																																																																																																																			
Nombre de equipo	Termómetro (multiparámetro)																																																																																																																																		
Marca	HACH																																																																																																																																		
Modelo	HOD FIELD CASE																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de muestra</th> <th>Unidad</th> <th>Medición 1</th> <th>Medición 2</th> <th>Medición 3</th> <th>Promedio</th> <th>Desviación estándar</th> <th>Coefficiente de Variación</th> <th>Normativa</th> <th>Cumple / No Cumple</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Agua superficial "RMoch1"</td> <td>°C</td> <td>22.20</td> <td>22.00</td> <td>21.80</td> <td>22.00</td> <td>0.20</td> <td>0.91</td> <td>D.S. 004-2017-MINAM</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple	1	Agua superficial "RMoch1"	°C	22.20	22.00	21.80	22.00	0.20	0.91	D.S. 004-2017-MINAM	Cumple	2											3											4											5											6											7											8											9											10										
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple																																																																																																																									
1	Agua superficial "RMoch1"	°C	22.20	22.00	21.80	22.00	0.20	0.91	D.S. 004-2017-MINAM	Cumple																																																																																																																									
2																																																																																																																																			
3																																																																																																																																			
4																																																																																																																																			
5																																																																																																																																			
6																																																																																																																																			
7																																																																																																																																			
8																																																																																																																																			
9																																																																																																																																			
10																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td align="center">FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS</td></tr> <tr><td align="center"></td></tr> </table>					FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td align="center">FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO</td></tr> <tr><td align="center"></td></tr> </table>						FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO																																																																																																																						
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS																																																																																																																																			
																																																																																																																																			
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO																																																																																																																																			
																																																																																																																																			
Page 1 of 1					MIN-000-FOR-0008																																																																																																																														

ANEXO N° 11 – FORMATO DE ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE
AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO MOCHE

Responsable de Análisis		Dato de control								
Gianfranco Acosta Espino		Dia	Mes	Año	Hora					
Número ID card		Fecha/hora de muestreo		14	10	2019 15:00				
Curso		Fecha/hora de inicio análisis		14	10	2019 16:00				
Docente		Fecha/hora de fin de análisis		14	10	2019 16:30				
Laboratorio										
Análisis instrumental										
Parámetro		Nombre de equipo								
Conductividad		Conductímetro (multiparámetro)								
N° Total de muestras		Marca								
1		HACH								
Caracterización y presentación de las muestras		Modelo								
		HOD FIELD CASE								
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Agua superficial "RMoch1"	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.45	392.18	390.36	389.33	3.48	0.89	D.S. 004-2017-MINAM	Cumple
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO								
										

ANEXO N° 12 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TURBIEDAD (NTU) EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO MOCHE

Responsable de Análisis		Gianfranco Acosta Espino			
Número ID card		N00040770			
Curso		Tesis			
Docente		Luis Alva			
Laboratorio		Análisis instrumental			


Dato de control	Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	16:00
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	16:30

Parámetro	Turbiedad
N° Total de muestras	1
Caracterización y presentación de las muestras	

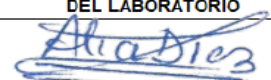
Nombre de equipo	Turbidímetro (multiparámetro)
Marca	HACH
Modelo	2100 Q

N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Agua superficial "RMoch1"	NTU	150.00	157.00	152.00	153.00	3.61	2.36	D.S. 004-2017-MINAM	No Cumple
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

FIRMA RESPONSABLE
DEL ANÁLISIS



FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE
DEL LABORATORIO



Page 1 of 1 MIN-000-FOR-0008

ANEXO N° 13 – FORMATO DE ANÁLISIS DE ALCALINIDAD (mgCaCO₃/L) EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO MOCHE

Responsable de Análisis		Gianfranco Acosta Espino			
Número ID card		N00040770			
Curso		Tesis			
Docente		Luis Alva			
Laboratorio		Análisis instrumental			

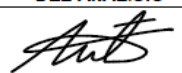
Formato de Análisis de Laboratorio				
Dato de control	Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	16:00
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	16:30

Parámetro	Alcalinidad
N° Total de muestras	1
Caracterización y presentación de las muestras	

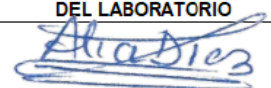
Materiales:	Matraz, Soportes, Bureta
Método:	Volumetria

N°	Tipo de muestra	Unidad	Normalidad	Gasto (ml)	Constante	Volumen (ml)	Fórmula	Alcalinidad	Normativa	Cumple / No Cumple	
1	Agua superficial "RMoch1"	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.40	(5x(10) ⁴)	50.00	$\text{Alcalinidad} = \frac{N \times G \text{ (ml)} \times 5 \times 10^4}{V \text{ (ml)}}$	68.00	D.S. 004-2017-MINAM	No aplica	
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS




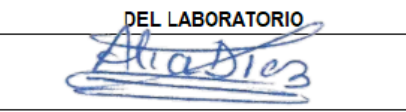
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Page 1 of 1

MIN-000-FOR-0008

ANEXO N° 14 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TEMPERATURA (°C) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

Responsable de Análisis		Formato de Análisis de Laboratorio								
Gianfranco Acosta Espino		Dato de control	Día	Mes	Año	Hora				
Número ID card		Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00				
Curso		Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	17:00				
Docente		Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	17:30				
Laboratorio		Análisis instrumental								
Parámetro		Temperatura								
N° Total de muestras		6								
Caracterización y presentación de las muestras										
Nombre de equipo		Termómetro (multiparámetro)								
Marca		HACH								
Modelo		HOD FIELD CASE								
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 1 - Jarra 1	°C	22.20	22.00	21.80	22.00	0.20	0.91	D.S. 031-2010-SA	Cumple
2	Prueba N° 1 - Jarra 2	°C	21.60	22.30	22.10	22.00	0.36	1.64	D.S. 031-2010-SA	Cumple
3	Prueba N° 1 - Jarra 3	°C	22.10	21.90	22.00	22.00	0.10	0.45	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 1 - Jarra 4	°C	21.90	21.80	22.00	21.90	0.10	0.46	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 1 - Jarra 5	°C	22.00	22.30	22.00	22.10	0.17	0.78	D.S. 031-2010-SA	Cumple
6	Prueba N° 1 - Jarra 6	°C	21.30	21.20	22.00	21.50	0.44	2.03	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO								
										

ANEXO N° 15 – FORMATO DE ANÁLISIS DE pH EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1







Responsable de Análisis		Gianfranco Acosta Espino			
Número ID card		N00040770			
Curso		Tesis			
Docente		Luis Alva			
Laboratorio		Análisis instrumental			

Parámetro		pH
N° Total de muestras		6
Caracterización y presentación de las muestras		

Dato de control		Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo		14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis		14	10	2019	17:00
Fecha/hora de fin de análisis		14	10	2019	17:30

Nombre de equipo		pHmetro (multiparámetro)	
Marca		HACH	
Modelo		HOD FIELD CASE	

N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 1 - Jarra 1	-	7.90	7.50	8.10	7.83	0.31	3.90	D.S. 031-2010-SA	Cumple
2	Prueba N° 1 - Jarra 2	-	7.55	7.60	7.50	7.55	0.05	0.66	D.S. 031-2010-SA	Cumple
3	Prueba N° 1 - Jarra 3	-	6.83	6.93	6.85	6.87	0.05	0.77	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 1 - Jarra 4	-	6.69	6.58	6.59	6.62	0.06	0.92	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 1 - Jarra 5	-	6.53	6.46	6.54	6.51	0.04	0.67	D.S. 031-2010-SA	Cumple
6	Prueba N° 1 - Jarra 6	-	6.49	6.50	6.45	6.48	0.03	0.41	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
7										
8										
9										
10										

<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO	
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS					
					
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO					
					

Page 1 of 1 MIN-000-FOR-0008

ANEXO N° 16 – FORMATO DE ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

Responsable de Análisis		Gianfranco Acosta Espino			
Número ID card		N00040770			
Curso		Tesis			
Docente		Luis Alva			
Laboratorio		Análisis instrumental			


Parámetro		Conductividad			
N° Total de muestras		6			
Caracterización y presentación de las muestras					

Dato de control		Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo		14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis		14	10	2019	17:00
Fecha/hora de fin de análisis		14	10	2019	17:30


Nombre de equipo		Conductímetro (multiparámetro)			
Marca		HACH			
Modelo		HOD FIELD CASE			

N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 1 - Jarra 1	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.45	392.18	390.36	389.33	3.48	0.89	D.S. 031-2010-SA	Cumple
2	Prueba N° 1 - Jarra 2	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.41	389.07	386.53	387.00	1.88	0.48	D.S. 031-2010-SA	Cumple
3	Prueba N° 1 - Jarra 3	$\mu\text{S}/\text{cm}$	389.06	393.21	387.74	390.00	2.85	0.73	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 1 - Jarra 4	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.54	390.12	394.35	390.00	4.41	1.13	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 1 - Jarra 5	$\mu\text{S}/\text{cm}$	389.36	385.31	392.34	389.00	3.53	0.91	D.S. 031-2010-SA	Cumple
6	Prueba N° 1 - Jarra 6	$\mu\text{S}/\text{cm}$	396.75	386.84	389.42	391.00	5.14	1.31	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										

FIRMA RESPONSABLE
DEL ANÁLISIS



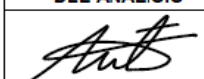
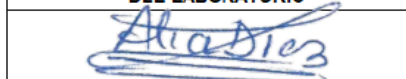
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE
DEL LABORATORIO




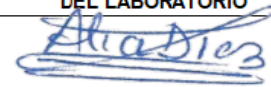
Page 1 of 1

MIN-000-FOR-0008


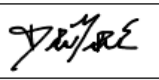
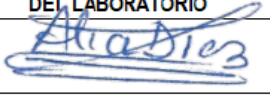
ANEXO N° 17 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TURBIEDAD (NTU) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

Responsable de Análisis		Formato de Análisis de Laboratorio								
Número ID card	Gianfranco Acosta Espino	Dato de control	Día	Mes	Año	Hora				
Curso	N00040770	Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00				
Docente	Tesis	Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	17:00				
Laboratorio	Luis Alva	Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	17:30				
	Análisis instrumental									
Parámetro		Nombre de equipo								
N° Total de muestras		Turbidmetro (multiparámetro)								
Caracterización y presentación de las muestras		Marca								
		2100 Q								
		Modelo								
		Turbidmetro (multiparámetro)								
		HACH								
		2100 Q								
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 1 - Jarra 1	NTU	150.00	157.00	152.00	153.00	3.61	2.36	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
2	Prueba N° 1 - Jarra 2	NTU	8.14	8.09	8.13	8.12	0.03	0.33	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
3	Prueba N° 1 - Jarra 3	NTU	3.26	3.77	3.44	3.49	0.26	7.41	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 1 - Jarra 4	NTU	2.01	2.10	2.16	2.09	0.08	3.61	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 1 - Jarra 5	NTU	1.56	1.59	1.56	1.57	0.02	1.10	D.S. 031-2010-SA	Cumple
6	Prueba N° 1 - Jarra 6	NTU	0.56	1.04	0.79	0.80	0.24	30.13	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO								
										

ANEXO N° 18 – FORMATO DE ANÁLISIS DE ALCALINIDAD (mgCaCO₃/L) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

Responsable de Análisis		Formato de Análisis de Laboratorio								
Gianfranco Acosta Espino		Dato de control	Día	Mes	Año	Hora				
Número ID card		N00040770	14	10	2019	15:00				
Curso		Tesis	14	10	2019	17:00				
Docente		Luis Alva	14	10	2019	17:30				
Laboratorio		Análisis instrumental								
Parámetro		Alcalinidad								
N° Total de muestras		1								
Caracterización y presentación de las muestras										
Materiales:		Matraz, Soportes, Bureta								
Método:		Volumetría								
N°	Tipo de muestra	Unidad	Normalidad	Gasto (ml)	Constante	Volumen (ml)	Fórmula	Alcalinidad	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 1 - Jarra 1	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.40	(5x(10) ⁴)	50.00	$\text{Alcalinidad} = \frac{N \times G \text{ (ml)} \times 5 \times 10^4}{V \text{ (ml)}}$	68.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
2	Prueba N° 1 - Jarra 2	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.80	(5x(10) ⁴)	50.00		76.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
3	Prueba N° 1 - Jarra 3	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.40	(5x(10) ⁴)	50.00		68.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
4	Prueba N° 1 - Jarra 4	mgCaCO ₃ /L	0.02	1.80	(5x(10) ⁴)	50.00		36.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
5	Prueba N° 1 - Jarra 5	mgCaCO ₃ /L	0.02	2.00	(5x(10) ⁴)	50.00		40.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
6	Prueba N° 1 - Jarra 6	mgCaCO ₃ /L	0.02	1.60	(5x(10) ⁴)	50.00		32.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica
7										
8										
9										
10										
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO								
										

ANEXO N° 19 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TEMPERATURA (°C) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Formato de Análisis de Laboratorio								
Responsable de Análisis	Erick Dominguez Genovez					Dato de control	Dia	Mes	Año	Hora
Número ID card	N00076517					Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00
Curso	Tesis					Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00
Docente	Luis Alva					Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30
Laboratorio	Análisis instrumental									
Parámetro	Temperatura					Nombre de equipo	Termómetro (multiparámetro)			
N° Total de muestras	6					Marca	HACH			
Caracterización y presentación de las muestras						Modelo	HOD FIELD CASE			
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 2 - Jarra 1	°C	22.20	22.00	21.80	22.00	0.04	0.91	D.S. 031-2010-SA	Cumple
2	Prueba N° 2 - Jarra 2	°C	23.00	23.20	23.10	23.10	0.01	0.43	D.S. 031-2010-SA	Cumple
3	Prueba N° 2 - Jarra 3	°C	23.30	23.40	22.90	23.20	0.07	1.14	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 2 - Jarra 4	°C	23.00	23.20	23.40	23.20	0.04	0.86	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 2 - Jarra 5	°C	23.30	23.10	23.20	23.20	0.01	0.43	D.S. 031-2010-SA	Cumple
6	Prueba N° 2 - Jarra 6	°C	23.20	23.20	23.20	23.20	0.00	0.00	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS 						FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO 				

ANEXO N° 20 – FORMATO DE ANÁLISIS DE pH EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2

Responsable de Análisis		Erick Dominguez Genovez			
Número ID card		N00076517			
Curso		Tesis			
Docente		Luis Alva			
Laboratorio		Análisis instrumental			


Dato de control	Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30

Parámetro	pH
N° Total de muestras	6
Caracterización y presentación de las muestras	

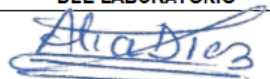
Nombre de equipo	pHmetro (multiparámetro)
Marca	HACH
Modelo	HOD FIELD CASE

N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 2 - Jarra 1	-	7.90	7.50	8.10	7.83	0.31	3.90	D.S. 031-2010-SA	Cumple
2	Prueba N° 2 - Jarra 2	-	7.10	7.02	7.04	7.05	0.04	0.59	D.S. 031-2010-SA	Cumple
3	Prueba N° 2 - Jarra 3	-	6.79	6.87	6.76	6.81	0.06	0.84	D.S. 031-2010-SA	Cumple
4	Prueba N° 2 - Jarra 4	-	6.60	6.52	6.51	6.54	0.05	0.75	D.S. 031-2010-SA	Cumple
5	Prueba N° 2 - Jarra 5	-	6.27	6.30	6.40	6.32	0.07	1.08	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
6	Prueba N° 2 - Jarra 6	-	6.57	6.47	6.51	6.52	0.05	0.77	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										

FIRMA RESPONSABLE
DEL ANÁLISIS





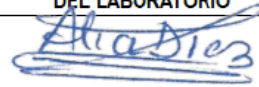
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE
DEL LABORATORIO




Page 1 of 1

MIN-000-FOR-0008

ANEXO N° 21 – FORMATO DE ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Formato de Análisis de Laboratorio																																																																																																																																	
Responsable de Análisis	Erick Dominguez Genovez																																																																																																																																		
Número ID card	N00076517																																																																																																																																		
Curso	Tesis																																																																																																																																		
Docente	Luis Alva																																																																																																																																		
Laboratorio	Análisis instrumental																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Dato de control</th> <th style="width: 10%;">Día</th> <th style="width: 10%;">Mes</th> <th style="width: 10%;">Año</th> <th style="width: 10%;">Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha/hora de muestreo</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>15:00</td> </tr> <tr> <td>Fecha/hora de inicio análisis</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>18:00</td> </tr> <tr> <td>Fecha/hora de fin de análisis</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>2019</td> <td>18:30</td> </tr> </tbody> </table>						Dato de control	Día	Mes	Año	Hora	Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00	Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00	Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30																																																																																																										
Dato de control	Día	Mes	Año	Hora																																																																																																																															
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00																																																																																																																															
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00																																																																																																																															
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 60%;">Parámetro</td> <td colspan="5">Conductividad</td> </tr> <tr> <td>N° Total de muestras</td> <td colspan="5">6</td> </tr> <tr> <td>Caracterización y presentación de las muestras</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>						Parámetro	Conductividad					N° Total de muestras	6					Caracterización y presentación de las muestras																																																																																																																	
Parámetro	Conductividad																																																																																																																																		
N° Total de muestras	6																																																																																																																																		
Caracterización y presentación de las muestras																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 60%;">Nombre de equipo</td> <td colspan="5">Conductímetro (multiparámetro)</td> </tr> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="5">HACH</td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td colspan="5">HOD FIELD CASE</td> </tr> </tbody> </table>						Nombre de equipo	Conductímetro (multiparámetro)					Marca	HACH					Modelo	HOD FIELD CASE																																																																																																																
Nombre de equipo	Conductímetro (multiparámetro)																																																																																																																																		
Marca	HACH																																																																																																																																		
Modelo	HOD FIELD CASE																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">N°</th> <th style="width: 20%;">Tipo de muestra</th> <th style="width: 5%;">Unidad</th> <th style="width: 10%;">Medición 1</th> <th style="width: 10%;">Medición 2</th> <th style="width: 10%;">Medición 3</th> <th style="width: 10%;">Promedio</th> <th style="width: 5%;">Desviación estándar</th> <th style="width: 5%;">Coeficiente de Variación</th> <th style="width: 10%;">Normativa</th> <th style="width: 10%;">Cumple / No Cumple</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 1</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>385.45</td> <td>392.18</td> <td>390.36</td> <td>389.33</td> <td>3.48</td> <td>0.89</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 2</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>311.77</td> <td>317.05</td> <td>304.19</td> <td>311.00</td> <td>6.46</td> <td>2.08</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 3</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>303.59</td> <td>309.20</td> <td>302.21</td> <td>305.00</td> <td>3.70</td> <td>1.21</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 4</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>304.68</td> <td>310.26</td> <td>303.06</td> <td>306.00</td> <td>3.78</td> <td>1.23</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 5</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>310.97</td> <td>315.95</td> <td>303.09</td> <td>310.00</td> <td>6.48</td> <td>2.09</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Prueba N° 2 - Jarra 6</td> <td>$\mu\text{S}/\text{cm}$</td> <td>308.64</td> <td>313.29</td> <td>314.06</td> <td>312.00</td> <td>2.93</td> <td>0.94</td> <td>D.S. 031-2010-SA</td> <td>Cumple</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple	1	Prueba N° 2 - Jarra 1	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.45	392.18	390.36	389.33	3.48	0.89	D.S. 031-2010-SA	Cumple	2	Prueba N° 2 - Jarra 2	$\mu\text{S}/\text{cm}$	311.77	317.05	304.19	311.00	6.46	2.08	D.S. 031-2010-SA	Cumple	3	Prueba N° 2 - Jarra 3	$\mu\text{S}/\text{cm}$	303.59	309.20	302.21	305.00	3.70	1.21	D.S. 031-2010-SA	Cumple	4	Prueba N° 2 - Jarra 4	$\mu\text{S}/\text{cm}$	304.68	310.26	303.06	306.00	3.78	1.23	D.S. 031-2010-SA	Cumple	5	Prueba N° 2 - Jarra 5	$\mu\text{S}/\text{cm}$	310.97	315.95	303.09	310.00	6.48	2.09	D.S. 031-2010-SA	Cumple	6	Prueba N° 2 - Jarra 6	$\mu\text{S}/\text{cm}$	308.64	313.29	314.06	312.00	2.93	0.94	D.S. 031-2010-SA	Cumple	7											8											9											10										
N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple																																																																																																																									
1	Prueba N° 2 - Jarra 1	$\mu\text{S}/\text{cm}$	385.45	392.18	390.36	389.33	3.48	0.89	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
2	Prueba N° 2 - Jarra 2	$\mu\text{S}/\text{cm}$	311.77	317.05	304.19	311.00	6.46	2.08	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
3	Prueba N° 2 - Jarra 3	$\mu\text{S}/\text{cm}$	303.59	309.20	302.21	305.00	3.70	1.21	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
4	Prueba N° 2 - Jarra 4	$\mu\text{S}/\text{cm}$	304.68	310.26	303.06	306.00	3.78	1.23	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
5	Prueba N° 2 - Jarra 5	$\mu\text{S}/\text{cm}$	310.97	315.95	303.09	310.00	6.48	2.09	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
6	Prueba N° 2 - Jarra 6	$\mu\text{S}/\text{cm}$	308.64	313.29	314.06	312.00	2.93	0.94	D.S. 031-2010-SA	Cumple																																																																																																																									
7																																																																																																																																			
8																																																																																																																																			
9																																																																																																																																			
10																																																																																																																																			
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS 						FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO 																																																																																																																													
Page 1 of 1						MIN-000-FOR-0008																																																																																																																													

ANEXO N° 22 – FORMATO DE ANÁLISIS DE TURBIEDAD (NTU) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Formato de Análisis de Laboratorio				
Responsable de Análisis	Erick Dominguez Genovez					
Número ID card	N00076517					
Curso	Tesis					
Docente	Luis Alva					
Laboratorio	Análisis instrumental					

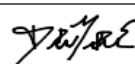
Dato de control	Día	Mes	Año	Hora
Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00
Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00
Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30

Parámetro	Turbiedad
N° Total de muestras	6
Caracterización y presentación de las muestras	

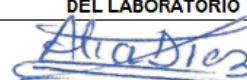
Nombre de equipo	Turbidímetro (multiparámetro)
Marca	HACH
Modelo	2100 Q

N°	Tipo de muestra	Unidad	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación	Normativa	Cumple / No Cumple
1	Prueba N° 2 - Jarra 1	NTU	150.00	157.00	152.00	153.00	3.61	2.36	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
2	Prueba N° 2 - Jarra 2	NTU	32.71	30.03	27.85	30.20	2.43	8.06	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
3	Prueba N° 2 - Jarra 3	NTU	9.38	10.80	8.99	9.72	0.95	9.80	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
4	Prueba N° 2 - Jarra 4	NTU	8.24	6.44	6.55	7.08	1.01	14.26	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
5	Prueba N° 2 - Jarra 5	NTU	6.00	5.99	6.02	6.00	0.02	0.25	D.S. 031-2010-SA	No Cumple
6	Prueba N° 2 - Jarra 6	NTU	4.83	5.18	4.94	4.98	0.18	3.59	D.S. 031-2010-SA	Cumple
7										
8										
9										
10										

FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS




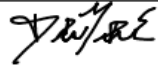
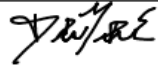
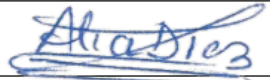
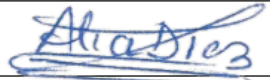
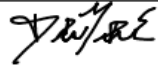
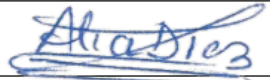
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Page 1 of 1

MIN-000-FOR-0008

ANEXO N° 23 – FORMATO DE ANÁLISIS DE ALCALINIDAD (mgCaCO₃/L) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2

		Formato de Análisis de Laboratorio												
Responsable de Análisis	Erick Dominguez Genovez			Dato de control	Día	Mes	Año	Hora						
Número ID card	N00078517			Fecha/hora de muestreo	14	10	2019	15:00						
Curso	Tesis			Fecha/hora de inicio análisis	14	10	2019	18:00						
Docente	Luis Alva			Fecha/hora de fin de análisis	14	10	2019	18:30						
Laboratorio	Análisis instrumental													
Parámetro	Alcalinidad			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Materiales:</td> <td>Matraz, Soportes, Bureta</td> </tr> <tr> <td>Método:</td> <td>Volumetria</td> </tr> </table>					Materiales:	Matraz, Soportes, Bureta	Método:	Volumetria		
Materiales:	Matraz, Soportes, Bureta													
Método:	Volumetria													
N° Total de muestras	1													
Caracterización y presentación de las muestras														
N°	Tipo de muestra	Unidad	Normalidad	Gasto (ml)	Constante	Volumen (ml)	Fórmula	Alcalinidad	Normativa	Cumple / No Cumple				
1	Prueba N° 2 - Jarra 1	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.40	(5x(10) ⁻⁴)	50.00	$\text{Alcalinidad} = \frac{N \times G \text{ (ml)} \times 5 \times 10^4}{V \text{ (ml)}}$	68.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
2	Prueba N° 2 - Jarra 2	mgCaCO ₃ /L	0.02	4.40	(5x(10) ⁻⁴)	50.00		88.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
3	Prueba N° 2 - Jarra 3	mgCaCO ₃ /L	0.02	3.20	(5x(10) ⁻⁴)	50.00		64.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
4	Prueba N° 2 - Jarra 4	mgCaCO ₃ /L	0.02	2.60	(5x(10) ⁻⁴)	50.00		52.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
5	Prueba N° 2 - Jarra 5	mgCaCO ₃ /L	0.02	2.60	(5x(10) ⁻⁴)	50.00		52.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
6	Prueba N° 2 - Jarra 6	mgCaCO ₃ /L	0.02	2.60	(5x(10) ⁻⁴)	50.00		52.00	D.S. 031-2010-SA	No aplica				
7														
8														
9														
10														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>				FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>							FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO	
FIRMA RESPONSABLE DEL ANÁLISIS														
														
FIRMA Y SELLO DE RESPONSABLE DEL LABORATORIO														
														
Page 1 of 1				MIN-000-FOR-0008										

ANEXO N° 24 – D.S. N° 004-2017-MINAM (CATEGORÍA 1, SUBCATEGORÍA B):

“ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA”.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

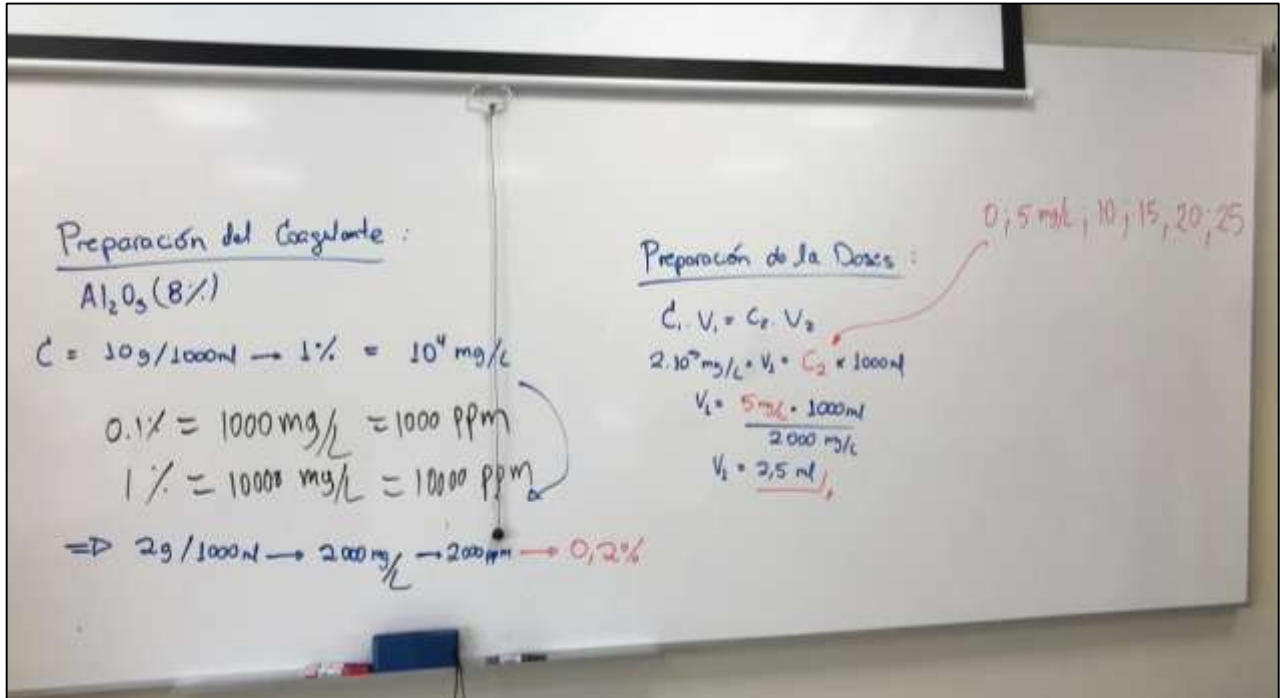
Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

ANEXO N° 25 – ETAPA PRELIMINAR DE LA PREPARACIÓN DE DOSIS



ANEXO N° 26 – PREPARACIÓN DE LA DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$ PARA LA PRUEBA

N° 1

N° PRUEBA DE JARRAS		N° 1				
Concentración	Preparación del $Al_2(SO_4)_3$ al 0.2%					
Concentración Standard (C_2)	$C_2 = 10g/1000ml \rightarrow 1\% = 10^4 \text{ mg/L} = 10\ 000 \text{ ppm}$					
Concentración 1 (C_1)	$C_1 = 2g/1000ml \rightarrow 0.2\% = 2 \times 10^3 \text{ mg/L} = 2\ 000 \text{ ppm}$					
Preparación de la dosis de $Al_2(SO_4)_3$						
$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \dots (2)$ $2 \times 10^3 \frac{mg}{L} \times V_1 = C_2 \times 1000 \text{ ml}$ $V_1 = \frac{5 \frac{mg}{L} \times 1000 \text{ ml}}{2 \times 10^3 \frac{mg}{L}}$ $V_1 = 2.5 \text{ ml}$		N° PRUEBA DE JARRAS		N° 1		
				C_2 (mg/L)	V_1 (ml)	
		N° DE JARRA	JARRA N° 1	0.00	0.00	
			JARRA N° 2	5.00	2.50	
			JARRA N° 3	10.00	5.00	
			JARRA N° 4	15.00	7.50	
			JARRA N° 5	20.00	10.00	
JARRA N° 6	25.00		12.50			

ANEXO N° 27 - PREPARACIÓN DE LA DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$ PARA LA PRUEBA

N° 2

N° PRUEBA DE JARRAS		N° 2																												
Preparación de la dosis de $Al_2(SO_4)_3$																														
$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \dots (2)$ $2 \times 10^3 \frac{mg}{L} \times V_1 = C_2 \times 1000 \text{ ml}$ $V_1 = \frac{3 \frac{mg}{L} \times 1000 \text{ ml}}{2 \times 10^3 \frac{mg}{L}}$ $V_1 = 1.5 \text{ ml}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">N° PRUEBA DE JARRAS</th> <th colspan="2">N° 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>C_2 (mg/L)</th> <th>V_1 (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">N° DE JARRA</td> <td>JARRA N° 1</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>JARRA N° 2</td> <td>3.00</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>JARRA N° 3</td> <td>6.00</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>JARRA N° 4</td> <td>9.00</td> <td>4.50</td> </tr> <tr> <td>JARRA N° 5</td> <td>12.00</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>JARRA N° 6</td> <td>15.00</td> <td>7.50</td> </tr> </tbody> </table>		N° PRUEBA DE JARRAS		N° 2				C_2 (mg/L)	V_1 (ml)	N° DE JARRA	JARRA N° 1	0.00	0.00	JARRA N° 2	3.00	1.50	JARRA N° 3	6.00	3.00	JARRA N° 4	9.00	4.50	JARRA N° 5	12.00	6.00	JARRA N° 6	15.00	7.50
		N° PRUEBA DE JARRAS		N° 2																										
				C_2 (mg/L)	V_1 (ml)																									
		N° DE JARRA	JARRA N° 1	0.00	0.00																									
			JARRA N° 2	3.00	1.50																									
			JARRA N° 3	6.00	3.00																									
			JARRA N° 4	9.00	4.50																									
JARRA N° 5	12.00		6.00																											
JARRA N° 6	15.00		7.50																											

ANEXO N° 28 – PREPARACIÓN DE LA DOSIS DE *PRUNUS PERSICA*

(SEMILLA DE DURAZNO)

Preparación de la dosis de <i>Prunus persica</i>		N° PRUEBA DE JARRAS	
$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \dots (2)$ $2 \times 10^3 \frac{mg}{L} \times V_1 = C_2 \times 1000 \text{ ml}$ $V_1 = \frac{2 \frac{mg}{L} \times 1000 \text{ ml}}{2 \times 10^3 \frac{mg}{L}}$ $V_1 = 1 \text{ ml}$		N° 2	
		C_2 (mg/L)	V_1 (ml)
N° DE JARRA	JARRA N° 1	0.00	0.00
	JARRA N° 2	2.00	1.00
	JARRA N° 3	4.00	2.00
	JARRA N° 4	6.00	3.00
	JARRA N° 5	8.00	4.00
	JARRA N° 6	10.00	5.00

ANEXO N° 29- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MULTIPARÁMETROS PORTÁTIL



OMEGA PERU S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0081-OP.M-2018

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Dirección : Av. El Ejército N° 920 - 976, Trujillo
Expediente : 27717
Referencia : OIC N° PER03-0000045795
Instrumento de Medición : MEDIDOR MULTIPARÁMETRO (EN PARÁMETRO DE PH)
Alcance de Indicación : 0,00 a 14,00 pH (°H⁺)
Resolución : 0,001 / 0,01 / 0,1 pH (°H⁺)
Marca : Hach Co
Modelo : HQ40d
Serie : 130800092366
Código : SIN
Procedencia : U.S.A.
Modelo del Electrodo : PHC30101
Serie del Electrodo : 180782577017

Método de Calibración
 La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-001 para la Calibración de pHmetros Digitales

Fecha de Calibración : 26/04/2018
Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGÍA - OMEGA PERÚ S.A.
Condiciones Ambientales

Temperatura	24 °C
Humedad Relativa	70 %
Presión Atmosférica	1001 mbar

Patrones de Referencia

Temperatura	24 °C	Certificado de Calibración N° de Calibración
Termómetro Digital - Cole Palmer - Model 90250-01	T-2749-2017	
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 4.005 @ 25 °C	1187-D-K-15184-01-00 2017-06 / C02432	
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 7.000 @ 25 °C	1185-D-K-15184-01-00 2017-06 / C02430	
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 10.012 @ 25 °C	1170-D-K-15184-01-00 2017-06 / C02417	

Resultados

Indicación (pH)	Valor de referencia (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4.00	4.004	0.004	0.012
7.01	7.003	-0.007	0.012
10.01	10.025	0.013	0.012

Nota: Los resultados de Calibración del medidor de pH están dados a la temperatura de referencia de 23.9 °C

Incertidumbre
 La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición" GUM, donde el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Observaciones

- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, así como también le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva
- (*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante
- (**) Unidades de pH
- Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones

Sello



HC-OP-M-001

Fecha de Emisión: 26/04/2018

Realizado por:



Erick Manuel Domínguez Genovez
OFICIALE JEFE DE METROLOGÍA

Responsable del Área de Metrología



Gianfranco Jakob Acosta Espino
JEFE DE OPERACIONES METROLOGÍA DEL
C.I.P. S.A. TRUJILLO
P.O. BOX 10000
TRUJILLO, PERU
OMEGA PERU

Pág 1 / 1

Prohibida su reproducción total o parcial de este documento
 web: www.omegaperu.com.pe Telfs.: 336-6523 • 651-8790 Fax: 651-8788

**ANEXO N° 30 - CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA BALANZA
ANALÍTICA**

METROTEC		METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
		<small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Masas</i>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 317 - 2018
		<small>Página 1 de 4</small>
1. Expediente	18529	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
3. Dirección	Mza. G Lote. 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo - Trujillo - LA LIBERTAD	
4. Equipo de medición	BALANZA ANALITICA	
Capacidad Máxima	220 g	
División de escala (d)	0,0001 g	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Div. de verificación (e)	0,001 g	
Clase de exactitud	I	
Marca	OHAUS	
Modelo	PA224C	
Número de Serie	B713883163	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Capacidad mínima	0,01 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2018-07-05	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2018-07-05		
JUAN C. QUISPE MORALES		
Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Nr. F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ Tel: (511) 540-0542 Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282 RPAE: 2 071210777 / 4042655143 / 4071210383 RPC: 940037490		email: metrologia@metrologiatecnicas.com www.metrologiatecnicas.com ISES: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO N° 31 - RELACIÓN DE EQUIPOS CALIBRADOS



Relación de Equipos Calibrados

Para garantizar y asegurar la contabilidad de los resultados se adjunta la relación de equipos calibrados según su código de calibración.

Nombre del equipo	Marca	Fecha de Calibración	Código de Calibración
Balanza Analítica	OHAUS	05/07/2018	MT-LM-318-2018
Colorímetro	HACH	17/04/2018	OT-01800474
Estufa Estabilizador	MEMMERT	13/09/2018	MT-LT-284-2018
Floculador de Jarras JLT6 (6 POSIC.) C/MICROPROC	VELP	17/01/2017	F105A0109
Medidor Multiparámetro (EN PARAMETRO PH)	HACH CD	26/04/2018	0081-OP.M-2018
Termorecator	HACH	13/09/2017	KS17-0524
Turbidímetro Digital	HACH	15/09/2017	IV17-0189



Julia Gutierrez Fernández
Supervisor de Lab. Minas y Ambiental
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Firma del supervisor de Laboratorio de
Ing. Ambiental y Minas

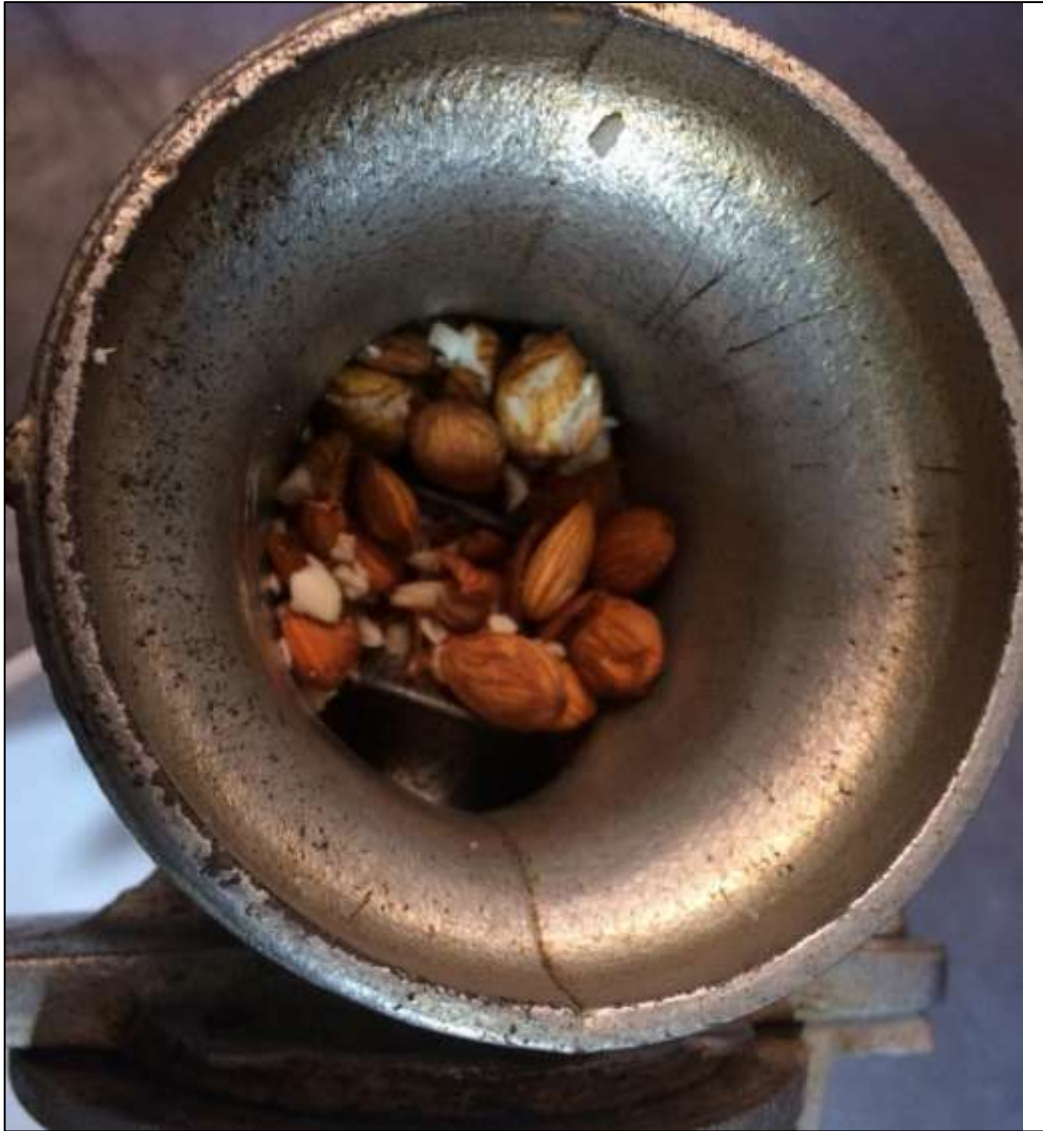
ANEXO N° 32 – RECOLECCIÓN DE PEPAS *PRUNUS PERSICA* (SEMILLA DE DURAZNO)



ANEXO N° 33 – RECOLECCIÓN DE *PRUNUS PERSICA* (SEMILLA DE DURAZNO)



ANEXO N° 34 – MOLIENDA DE *PRUNUS PERSICA* (SEMILLA DE DURAZNO)



**ANEXO N° 35 – *PRUNUS PERSICA* (SEMILLA DE DURAZNO) TAMIZADA
HASTA 200 MICRAS**



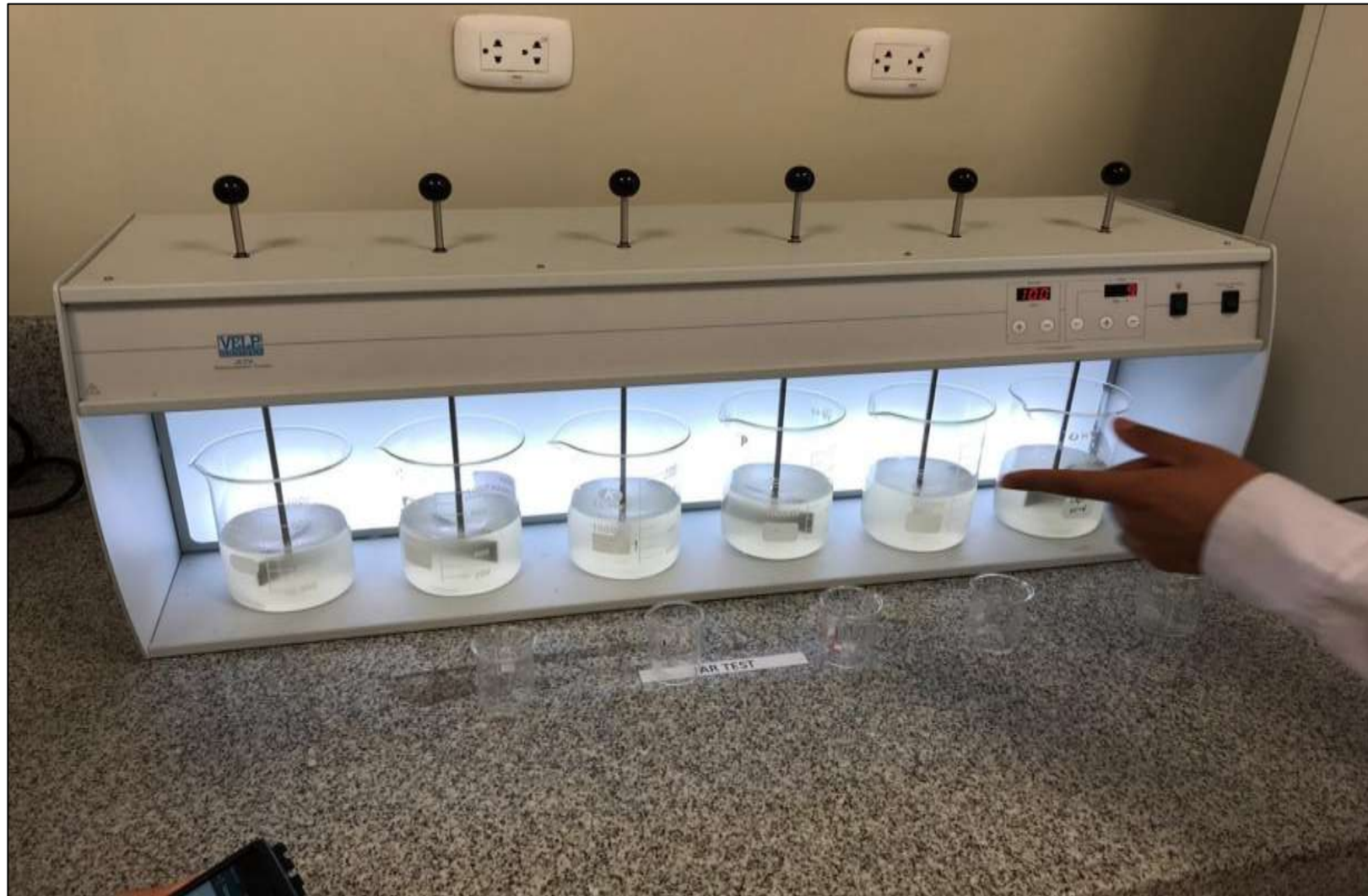
**ANEXO N° 36 – PREPARACIÓN DEL COAGULANTE NATURAL A BASE DE
PRUNUS PERSICA (SEMILLA DE DURAZNO) AL 0.2%**



ANEXO N° 37- PREPARACIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO (H₂SO₄) AL 0.02N



ANEXO N° 38 – PRUEBA DE JARRAS



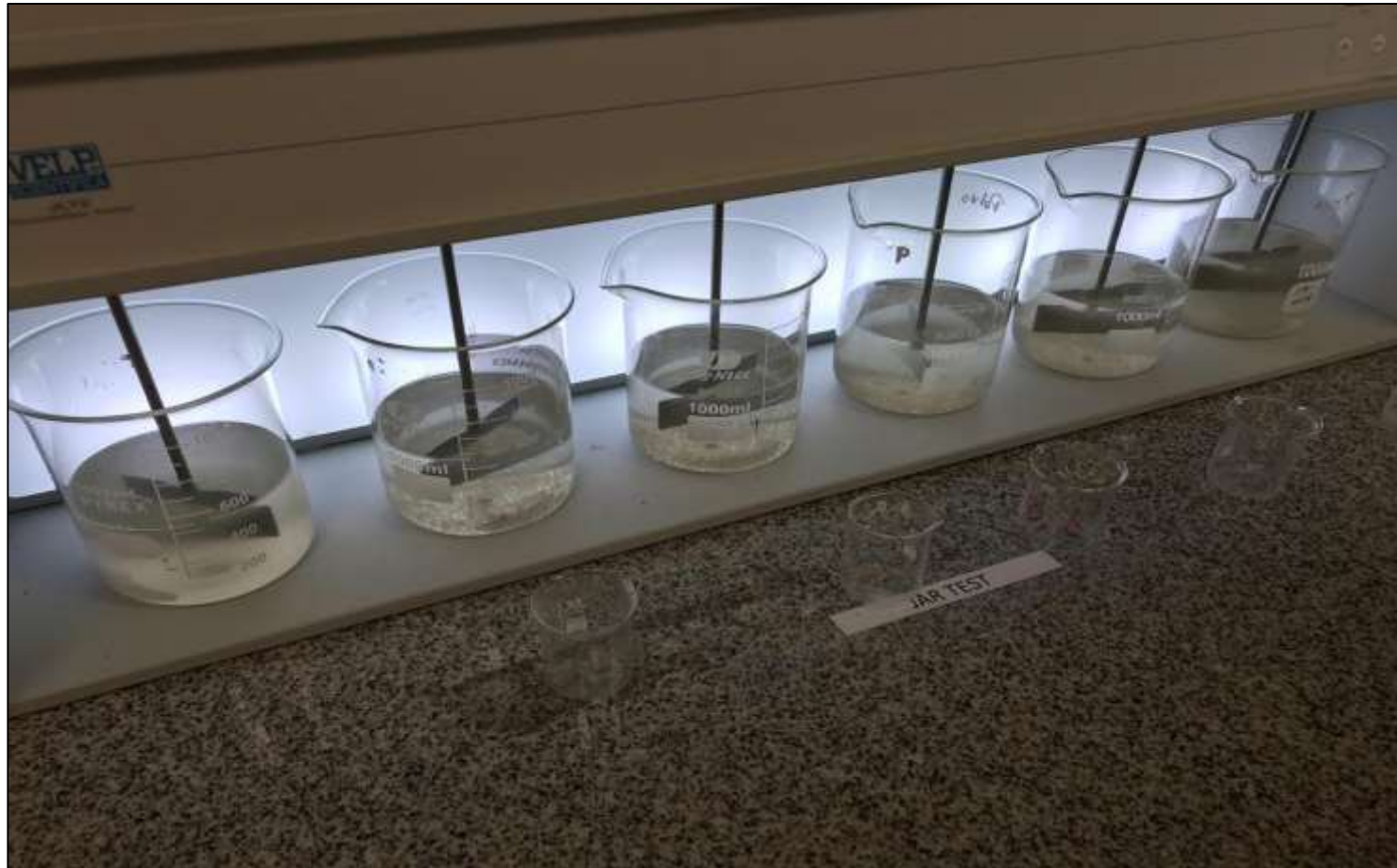
**ANEXO N° 39 – ADICIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) DURANTE
EL PROCESO DE COAGULACIÓN EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



ANEXO N° 40 – PROCESO DE COAGULACIÓN EN LA PRUEBA DE JARRAS N°1



ANEXO N° 41 – PROCESO DE SEDIMENTACIÓN EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1



**ANEXO N° 42 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL DEL
RÍO MOCHE**

<i>Caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche</i>											
PARÁMETROS FÍSICOS	MEDIDAS DE DISPERSIÓN										
	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{X})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
TEMPERATURA (°C)	Valores en (°C)	22.20	21.80							VAX	VMIN
		22.00	22.00							22.20	21.80
		21.80	22.20								
	Σ (sumatoria)	66.00		3	22.00	0.04	0.20	22.00	0.91	0.40	
pH	Valores	7.90	7.50							VAX	VMIN
		7.50	7.90							8.10	7.50
		8.10	8.10								
	Σ (sumatoria)	23.50		3	7.83	0.09	0.31	7.90	3.90	0.60	
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385.45	385.45							VAX	VMIN
		392.18	390.36							392.18	385.45
		390.36	392.18								
	Σ (sumatoria)	1167.99		3	389.33	12.12	3.48	390.36	0.89	6.73	
TURBIEDAD (NTU)	Valores en (NTU)	150.00	150.00							VAX	VMIN
		157.00	152.00							157.00	150.00
		152.00	157.00								
	Σ (sumatoria)	459.00		3	153.00	13.00	3.61	152.00	2.36	7.00	

ANEXO N° 43 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ALCALINIDAD EN LA MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO MOCHE

Caracterización de la muestra de agua superficial del río Moche							
PARÁMETROS FÍSICOS	CÁLCULO DE ALCALINIDAD						
	Valores	Normalidad (N)	Gasto (G)	Constante (K)	Volumen (V)	Fórmula	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	Valores en (mgCaCO ₃ /L)	0.02N	3.4ml	(5x(10) ⁴)	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	68.00

ANEXO N° 44 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA (°C) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

<i>Análisis de prueba de jarras</i>												
PARÁMETROS FÍSICOS	N° PRUEBA DE JARRAS										N° 1	
	MEDIDAS DE DISPERSIÓN											
	TEMPERATURA (°C)	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores en (°C)	22.20	21.80							VAX	VMIN
			22.00	22.00							22.20	21.80
			21.80	22.20								
		Σ (sumatoria)	66.00		3	22.00	0.04	0.20	22.00	0.91	0.40	
	JARRA N° 2	Valores en (°C)	21.60	21.60							VAX	VMIN
			22.30	22.10							22.30	21.60
22.10			22.30									
Σ (sumatoria)		66.00		3	22.00	0.13	0.36	22.10	1.64	0.70		
JARRA N° 3	Valores en (°C)	22.10	21.90							VAX	VMIN	
		21.90	22.00							22.10	21.90	
		22.00	22.10									
	Σ (sumatoria)	66.00		3	22.00	0.01	0.10	22.00	0.45	0.20		
JARRA N° 4	Valores en (°C)	21.90	21.80							VAX	VMIN	
		21.80	21.90							22.00	21.80	
		22.00	22.00									
	Σ (sumatoria)	65.70		3	21.90	0.01	0.10	21.90	0.46	0.20		
JARRA N° 5	Valores en (°C)	22.00	22.00							VAX	VMIN	
		22.30	22.30							22.30	22.00	
		22.00	22.00									
	Σ (sumatoria)	66.30		3	22.10	0.03	0.17	22.00	0.78	0.30		
JARRA N° 6	Valores en (°C)	21.30	21.20							VAX	VMIN	
		21.20	21.30							22.00	21.20	
		22.00	22.00									
	Σ (sumatoria)	64.50		3	21.50	0.19	0.44	21.30	2.03	0.80		

**ANEXO N° 45 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DEL pH EN LA PRUEBA DE
JARRAS N° 1**

		<i>Análisis de prueba de jarras</i>											
PARÁMETROS FÍSICOS		N° PRUEBA DE JARRAS								N° 1			
pH		MEDIDAS DE DISPERSIÓN											
		Valores	X	Xi	n	Media (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{x})	C.V. (%)	Rango (R)		
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores	7.90	7.50							VAX	VMIN	
			7.50	7.90							8.10	7.50	
			8.10	8.10									
		Σ (sumatoria)	23.50		3	7.83	0.0933	0.31	7.90	3.90	0.60		
	JARRA N° 2	Valores	7.55	7.50								VAX	VMIN
			7.60	7.55								7.60	7.50
7.50			7.60										
Σ (sumatoria)		22.65		3	7.55	0.0025	0.05	7.55	0.66	0.10			
JARRA N° 3	Valores	6.83	6.83								VAX	VMIN	
		6.93	6.85								6.93	6.83	
		6.85	6.93										
	Σ (sumatoria)	20.61		3	6.87	0.0028	0.05	6.85	0.77	0.10			
JARRA N° 4	Valores	6.69	6.58								VAX	VMIN	
		6.58	6.59								6.69	6.58	
		6.59	6.69										
	Σ (sumatoria)	19.86		3	6.62	0.0037	0.06	6.59	0.92	0.11			
JARRA N° 5	Valores	6.53	6.46								VAX	VMIN	
		6.46	6.53								6.54	6.46	
		6.54	6.54										
	Σ (sumatoria)	19.53		3	6.51	0.0019	0.04	6.53	0.67	0.08			
JARRA N° 6	Valores	6.49	6.45								VAX	VMIN	
		6.50	6.49								6.50	6.45	
		6.45	6.50										
	Σ (sumatoria)	19.44		3	6.48	0.0007	0.03	6.49	0.41	0.05			

**ANEXO N° 46 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**

		Análisis de prueba de jarras									
PARÁMETROS FÍSICOS		N° PRUEBA DE JARRAS								N° 1	
		MEDIDAS DE DISPERSIÓN									
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{X})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
JARRA N° 1	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385.45	385.45							VAX	VMIN
		392.18	390.36							392.18	385.45
		390.36	392.18								
	Σ (sumatoria)	1167.99		3	389.33	12.12	3.48	390.36	0.89	6.73	
JARRA N° 2	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385.41	385.41							VAX	VMIN
		389.07	386.53							389.07	385.41
		386.53	389.07								
	Σ (sumatoria)	1161.01		3	387.00	3.52	1.88	386.53	0.48	3.66	
JARRA N° 3	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	389.06	387.74							VAX	VMIN
		393.21	389.06							393.21	387.74
		387.74	393.21								
	Σ (sumatoria)	1170.01		3	390.00	8.15	2.85	389.06	0.73	5.47	
JARRA N° 4	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385.54	385.54							VAX	VMIN
		390.12	390.12							394.35	385.54
		394.35	394.35								
	Σ (sumatoria)	1170.01		3	390.00	19.41	4.41	390.12	1.13	8.81	
JARRA N° 5	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	389.36	385.31							VAX	VMIN
		385.31	389.36							392.34	385.31
		392.34	392.34								
	Σ (sumatoria)	1167.01		3	389.00	12.45	3.53	389.36	0.91	7.03	
JARRA N° 6	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	396.75	386.84							VAX	VMIN
		386.84	389.42							396.75	386.84
		389.42	396.75								
	Σ (sumatoria)	1173.01		3	391.00	26.43	5.14	389.42	1.31	9.91	

ANEXO N° 47 - MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA TURBIEDAD (NTU) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1

Análisis de prueba de jarras											
PARÁMETROS FÍSICOS	N° PRUEBA DE JARRAS									N° 1	
	MEDIDAS DE DISPERSIÓN										
TURBIEDAD (NTU)	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\hat{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
JARRA 1	Valores en (NTU)	150.00	150.00							VAX	VMIN
		157.00	152.00							157.00	150.00
		152.00	157.00								
	Σ (sumatoria)	459.00		3	153.00	13.0000	3.61	152.00	2.36	7.00	
JARRA 2	Valores en (NTU)	8.14	8.09							VAX	VMIN
		8.09	8.13							8.14	8.09
		8.13	8.14								
	Σ (sumatoria)	24.36		3	8.12	0.0007	0.03	8.13	0.33	0.05	
JARRA 3	Valores en (NTU)	3.26	3.26							VAX	VMIN
		3.77	3.44							3.77	3.26
		3.44	3.77								
	Σ (sumatoria)	10.47		3	3.49	0.0669	0.26	3.44	7.41	0.51	
JARRA 4	Valores en (NTU)	2.01	2.01							VAX	VMIN
		2.10	2.10							2.16	2.01
		2.16	2.16								
	Σ (sumatoria)	6.27		3	2.09	0.0057	0.08	2.10	3.61	0.15	
JARRA 5	Valores en (NTU)	1.56	1.56							VAX	VMIN
		1.59	1.56							1.59	1.56
		1.56	1.59								
	Σ (sumatoria)	4.71		3	1.57	0.0003	0.02	1.56	1.10	0.03	
JARRA 6	Valores en (NTU)	0.56	0.56							VAX	VMIN
		1.04	0.79							1.04	0.56
		0.79	1.04								
	Σ (sumatoria)	2.39		3	0.80	0.0576	0.24	0.79	30.13	0.48	

**ANEXO N° 48 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA ALCALINIDAD
(mgCaCO₃/L) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**

Análisis de prueba de jarras								
PARÁMETROS FÍSICOS	N° PRUEBA DE JARRAS						N° 1	
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	CÁLCULO DE ALCALINIDAD							
	Valores	Normalidad (N)	Gasto (G)	Constante (K)	Volumen (V)	Fórmula	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores	0.02N	3.4ml	(5x(10) ⁴)	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	68.00
	JARRA N° 2	Valores	0.02N	3.8ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	76.00
	JARRA N° 3	Valores	0.02N	3.4ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	68.00
	JARRA N° 4	Valores	0.02N	1.8ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	36.00
	JARRA N° 5	Valores	0.02N	2ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	40.00
	JARRA N° 6	Valores	0.02N	1.6ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	32.00

**ANEXO N° 49 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA (°C) EN LA
PRUEBA DE JARRAS N° 2**

Análisis de prueba de jarras													
N° PRUEBA DE JARRAS										N° 2			
PARÁMETROS FÍSICOS		MEDIDAS DE DISPERSIÓN											
TEMPERATURA (°C)		Valores	X	Xi	n	Media (\bar{X})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)		
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores en (°C)	22.20	21.80							VAX	VMIN	
			22.00	22.00							22.20	21.80	
			21.80	22.20									
		Σ (sumatoria)	66.00		3	22.00	0.04	0.20	22.00	0.91	0.40		
	JARRA N° 2	Valores en (°C)	23.00	23.00								VAX	VMIN
			23.20	23.10								23.20	23.00
23.10			23.20										
Σ (sumatoria)		69.30		3	23.10	0.01	0.10	23.10	0.43	0.20			
JARRA N° 3	Valores en (°C)	23.30	22.90								VAX	VMIN	
		23.40	23.30								23.40	22.90	
		22.90	23.40										
	Σ (sumatoria)	69.60		3	23.20	0.07	0.26	23.30	1.14	0.50			
JARRA N° 4	Valores en (°C)	23.00	23.00								VAX	VMIN	
		23.20	23.20								23.40	23.00	
		23.40	23.40										
	Σ (sumatoria)	69.60		3	23.20	0.04	0.20	23.20	0.86	0.40			
JARRA N° 5	Valores en (°C)	23.30	23.10								VAX	VMIN	
		23.10	23.20								23.30	23.10	
		23.20	23.30										
	Σ (sumatoria)	69.60		3	23.20	0.01	0.10	23.20	0.43	0.20			
JARRA N° 6	Valores en (°C)	23.20	23.20								VAX	VMIN	
		23.20	23.20								23.20	23.20	
		23.20	23.20										
	Σ (sumatoria)	69.60		3	23.20	0.00	0.00	23.20	0.00	0.00			

**ANEXO N° 50 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DEL pH EN LA PRUEBA DE
JARRAS N° 2**

		Análisis de prueba de jarras											
PARÁMETROS FÍSICOS		N° PRUEBA DE JARRAS								N° 2			
		MEDIDAS DE DISPERSIÓN											
pH		Valores	X	Xi	n	Media (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar	Mediana (\hat{X})	C.V. (%)	Rango (R)		
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores	7.90	7.50							VAX	VMIN	
			7.50	7.90							8.10	7.50	
			8.10	8.10									
		Σ (sumatoria)	23.50		3	7.83	0.0933	0.31	7.90	3.90	0.60		
	JARRA N° 2	Valores	7.10	7.02								VAX	VMIN
			7.02	7.04								7.10	7.02
7.04			7.10										
Σ (sumatoria)		21.16		3	7.05	0.0017	0.04	7.04	0.59	0.08			
JARRA N° 3	Valores	6.79	6.76								VAX	VMIN	
		6.87	6.79								6.87	6.76	
		6.76	6.87										
	Σ (sumatoria)	20.42		3	6.81	0.0032	0.06	6.79	0.84	0.11			
JARRA N° 4	Valores	6.60	6.51								VAX	VMIN	
		6.52	6.52								6.60	6.51	
		6.51	6.60										
	Σ (sumatoria)	19.63		3	6.54	0.0024	0.05	6.52	0.75	0.09			
JARRA N° 5	Valores	6.27	6.27								VAX	VMIN	
		6.30	6.30								6.40	6.27	
		6.40	6.40										
	Σ (sumatoria)	18.97		3	6.32	0.0046	0.07	6.30	1.08	0.13			
JARRA N° 6	Valores	6.57	6.47								VAX	VMIN	
		6.47	6.51								6.57	6.47	
		6.51	6.57										
	Σ (sumatoria)	19.55		3	6.52	0.0025	0.05	6.51	0.77	0.10			

**ANEXO N° 51 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**

		Análisis de prueba de jarras											
PARÁMETROS FÍSICOS		N° PRUEBA DE JARRAS								N° 2			
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		MEDIDAS DE DISPERSIÓN											
		Valores	X	X_i	n	Media (\bar{X})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)		
N° DE JARRA	JARRA N° 1	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	385.45	385.45							VAX	VMIN	
			392.18	390.36							392.18	385.45	
			390.36	392.18									
		Σ (sumatoria)	1167.99		3	389.33	12.12	3.48	390.36	0.89	6.73		
	JARRA N° 2	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	311.77	304.19								VAX	VMIN
			317.05	311.77								317.05	304.19
304.19			317.05										
Σ (sumatoria)		933.01		3	311.00	41.79	6.46	311.77	2.08	12.86			
JARRA N° 3	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	303.59	302.21								VAX	VMIN	
		309.20	303.59								309.20	302.21	
		302.21	309.20										
	Σ (sumatoria)	915.00		3	305.00	13.71	3.70	303.59	1.21	6.99			
JARRA N° 4	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	304.68	303.06								VAX	VMIN	
		310.26	304.68								310.26	303.06	
		303.06	310.26										
	Σ (sumatoria)	918.00		3	306.00	14.27	3.78	304.68	1.23	7.20			
JARRA N° 5	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	310.97	303.09								VAX	VMIN	
		315.95	310.97								315.95	303.09	
		303.09	315.95										
	Σ (sumatoria)	930.01		3	310.00	42.05	6.48	310.97	2.09	12.86			
JARRA N° 6	Valores en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	308.64	308.64								VAX	VMIN	
		313.29	313.29								314.06	308.64	
		314.06	314.06										
	Σ (sumatoria)	935.99		3	312.00	8.60	2.93	313.29	0.94	5.42			

**ANEXO N° 52 - MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA TURBIEDAD (NTU) EN LA
PRUEBA DE JARRAS N° 2**

		Análisis de prueba de jarras									
PARÁMETROS FÍSICOS		N° PRUEBA DE JARRAS								N° 2	
		MEDIDAS DE DISPERSIÓN									
TURBIEDAD (NTU)	Valores	X	Xi	n	Media (\bar{X})	Varianza (S^2)	Desviación Estándar (S)	Mediana (\check{X})	C.V. (%)	Rango (R)	
JARRA 1	Valores en (NTU)	150.00	150.00	3	153.00	13.0000	3.61	152.00	2.36	VAX	VMIN
		157.00	152.00							157.00	150.00
		152.00	157.00								
	Σ (sumatoria)	459.00								7.00	
JARRA 2	Valores en (NTU)	32.71	27.85	3	30.20	5.9257	2.43	30.03	8.06	VAX	VMIN
		30.03	30.03							32.71	27.85
		27.85	32.71								
	Σ (sumatoria)	90.59								4.86	
JARRA 3	Valores en (NTU)	9.38	8.99	3	9.72	0.9074	0.95	9.38	9.80	VAX	VMIN
		10.80	9.38							10.80	8.99
		8.99	10.80								
	Σ (sumatoria)	29.17								1.81	
JARRA 4	Valores en (NTU)	8.24	6.44	3	7.08	1.0180	1.01	6.55	14.26	VAX	VMIN
		6.44	6.55							8.24	6.44
		6.55	8.24								
	Σ (sumatoria)	21.23								1.80	
JARRA 5	Valores en (NTU)	6.00	5.99	3	6.00	0.0002	0.02	6.00	0.25	VAX	VMIN
		5.99	6.00							6.02	5.99
		6.02	6.02								
	Σ (sumatoria)	18.01								0.03	
JARRA 6	Valores en (NTU)	4.83	4.83	3	4.98	0.0320	0.18	4.94	3.59	VAX	VMIN
		5.18	4.94							5.18	4.83
		4.94	5.18								
	Σ (sumatoria)	14.95								0.35	

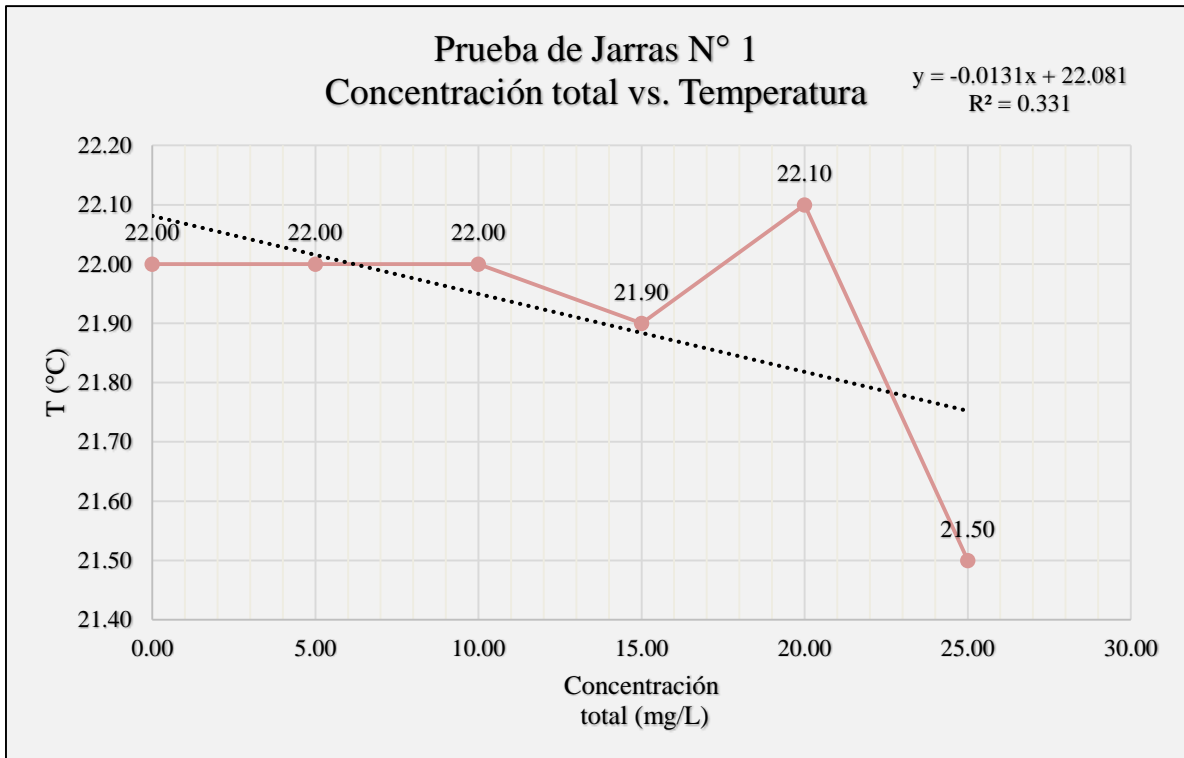
**ANEXO N° 53 – MEDIDAS DE DISPERSIÓN DE LA ALCALINIDAD
(mgCaCO₃/L) EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**

Análisis de prueba de jarras							
PARÁMETROS FÍSICOS	N° PRUEBA DE JARRAS						N° 2
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	CÁLCULO DE ALCALINIDAD						
	Valores	Normalidad (N)	Gasto (G)	Constante (K)	Volumen (V)	Fórmula	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)
JARRA N° 1	Valores	0.02N	3.4ml	(5x(10) ⁴)	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	68.00
JARRA N° 2	Valores	0.02N	4.4ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	88.00
JARRA N° 3	Valores	0.02N	3.2ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	64.00
JARRA N° 4	Valores	0.02N	2.6ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	52.00
JARRA N° 5	Valores	0.02N	2.6ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	52.00
JARRA N° 6	Valores	0.02N	2.6ml	5x(10) ⁴	50ml	$Alcalinidad = \frac{N \times G (ml) \times 5 \times 10^4}{V (ml)}$	52.00

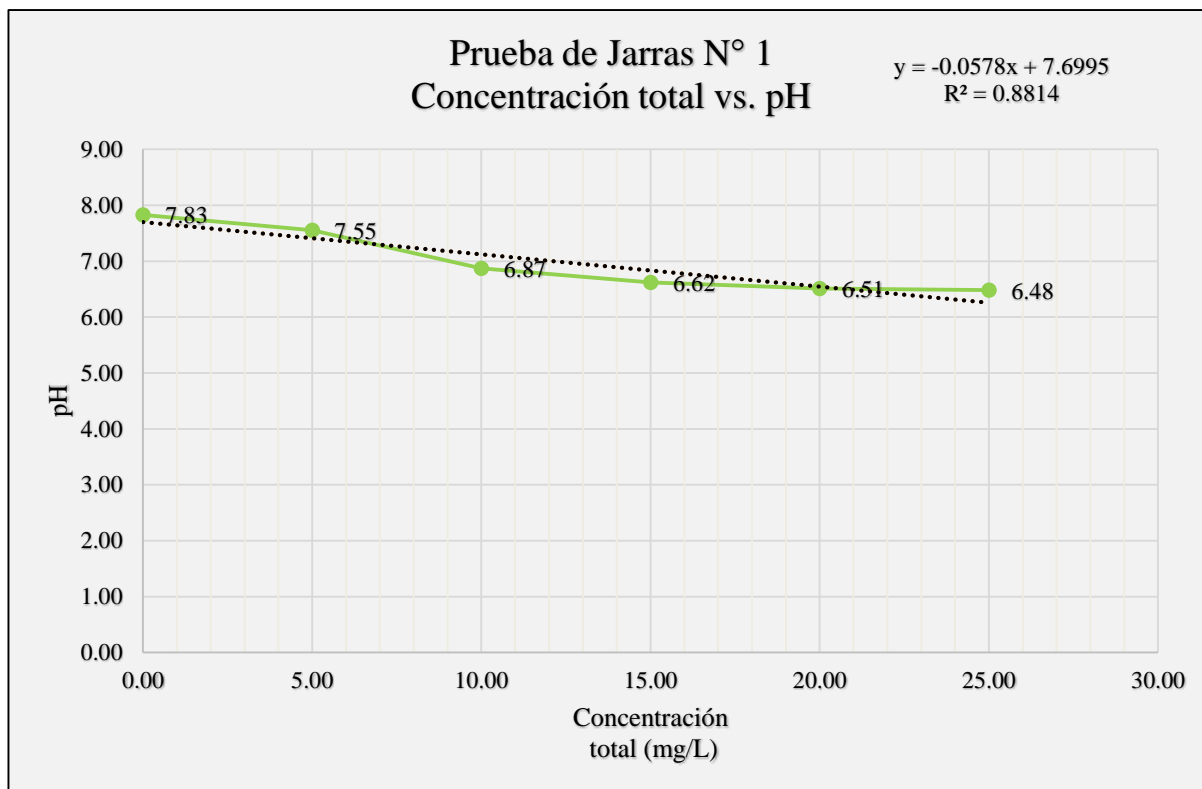
ANEXO N° 54 – INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON (r)

PARÁMETROS FÍSICOS	N° PRUEBA DE JARRAS	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON (r)	TIPO DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
TEMPERATURA (°C)	N° 1	-0.5753	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 1, existe un grado de correlación medio entre la concentración total de coagulante y la temperatura.</i>
	N° 2	0.6966	<i>Correlación lineal positiva</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 2, existe un grado de correlación medio-alto entre la concentración total de coagulante y la temperatura.</i>
pH	N° 1	-0.9388	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 1, existe un grado de correlación alto entre la concentración total de coagulante y el pH.</i>
	N° 2	-0.8829	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 2, existe un grado de correlación alto entre la concentración total de coagulante y el pH.</i>
CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	N° 1	0.5653	<i>Correlación lineal positiva</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 1, existe un grado de correlación medio entre la concentración total de coagulante y la conductividad.</i>
	N° 2	-0.6227	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 2, existe un grado de correlación medio-alto entre la concentración total de coagulante y la conductividad.</i>
TURBIEDAD (NTU)	N° 1	-0.6830	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 1, existe un grado de correlación medio-alto entre la concentración total de coagulante y la turbiedad.</i>
	N° 2	-0.7451	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 2, existe un grado de correlación medio-alto entre la concentración total de coagulante y la turbiedad.</i>
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	N° 1	-0.8827	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 1, existe un grado de correlación alto entre la concentración total de coagulante y la alcalinidad.</i>
	N° 2	-0.7509	<i>Correlación lineal negativa</i>	<i>En la Prueba de Jarras N° 2, existe un grado de correlación alto entre la concentración total de coagulante y la alcalinidad.</i>

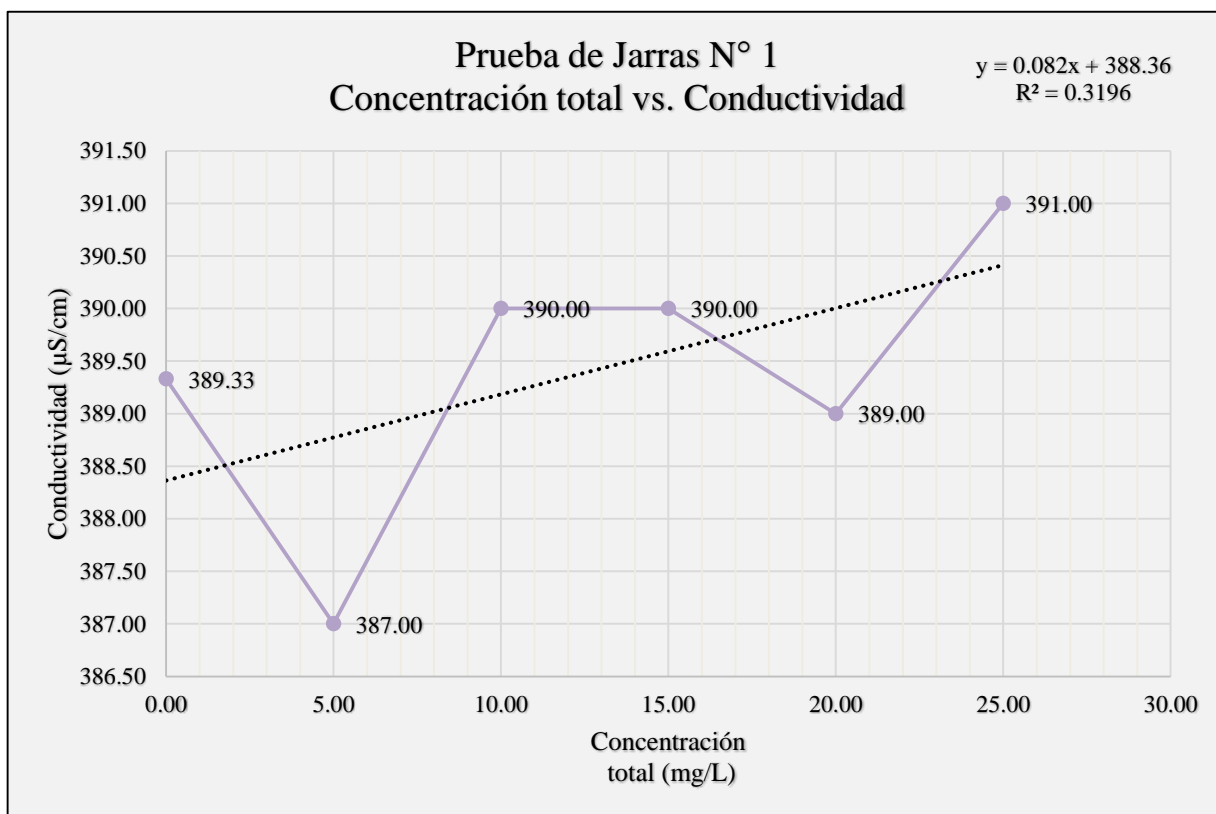
**ANEXO N° 55 –REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. TEMPERATURA EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



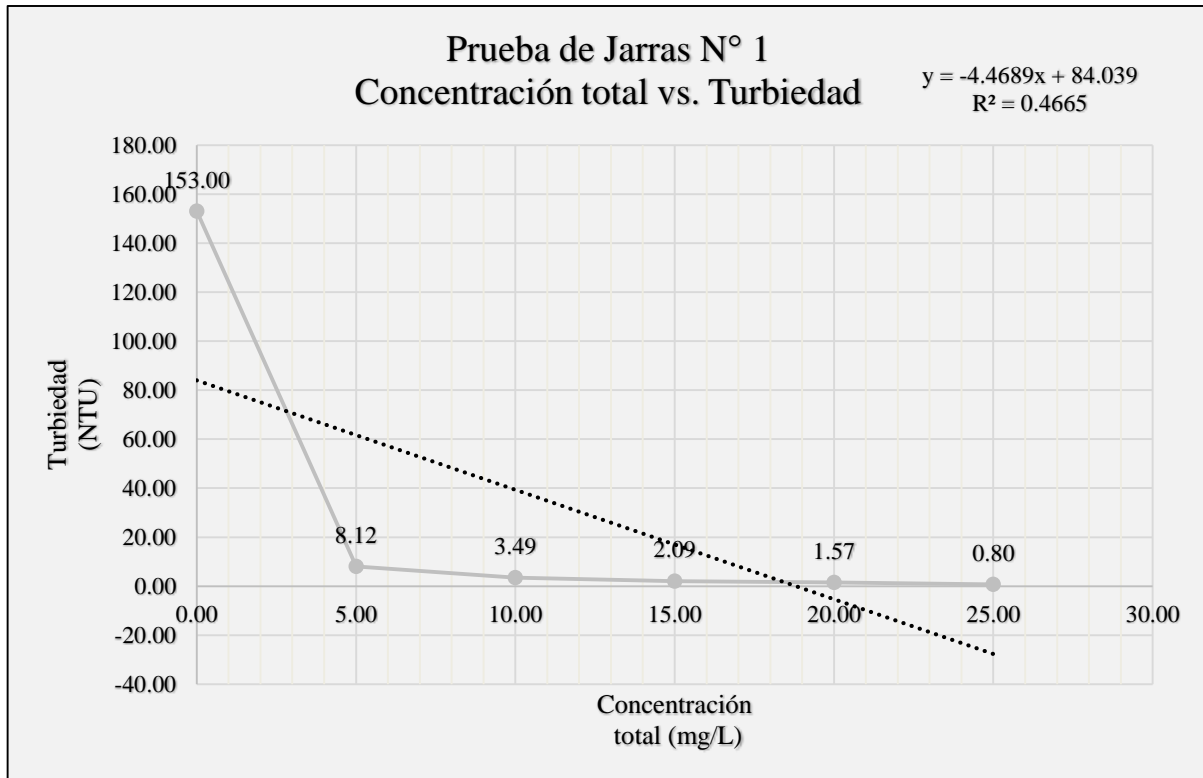
**ANEXO N° 56 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. pH EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



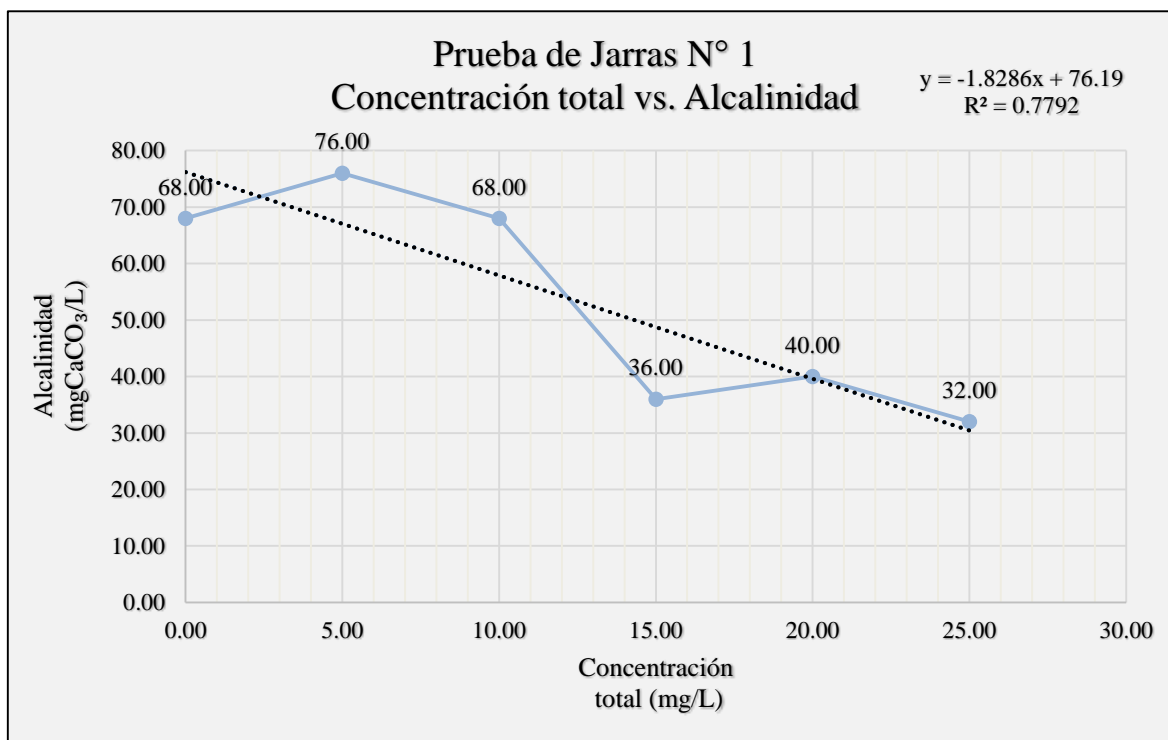
**ANEXO N° 57 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. CONDUCTIVIDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



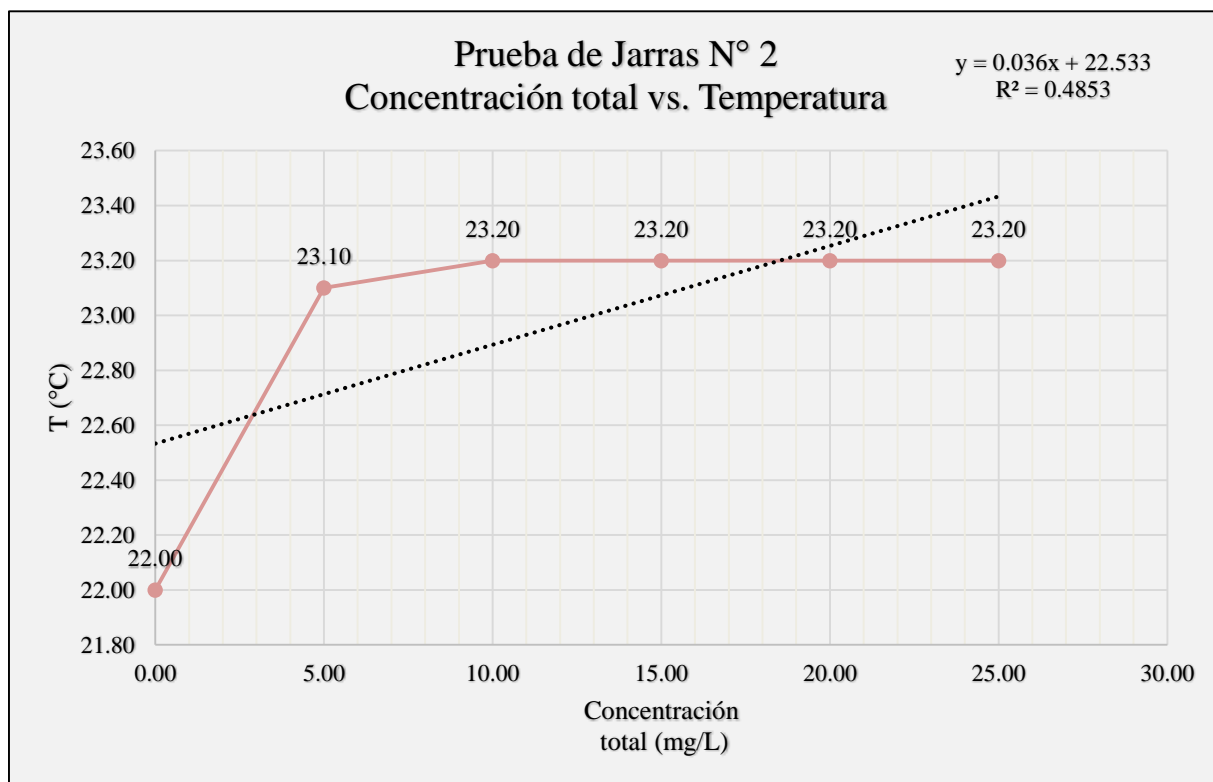
**ANEXO N° 58 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. TURBIEDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



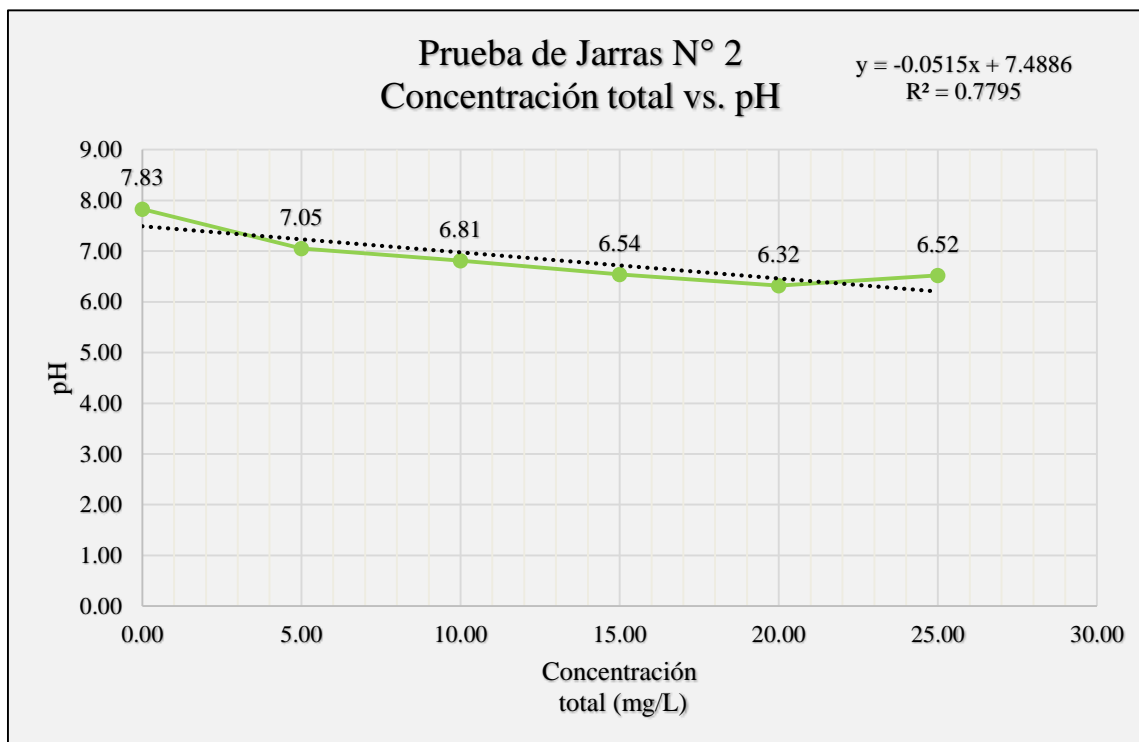
**ANEXO N° 59 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. ALCALINIDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 1**



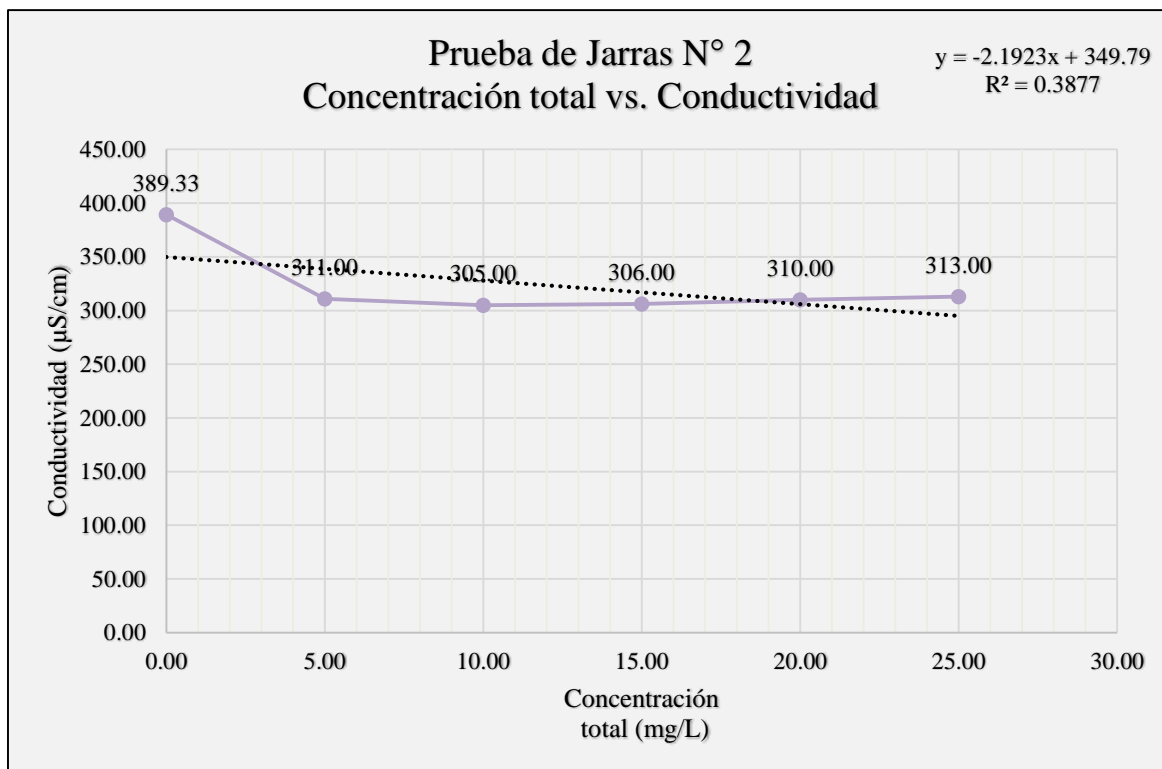
**ANEXO N° 60 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. TEMPERATURA EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**



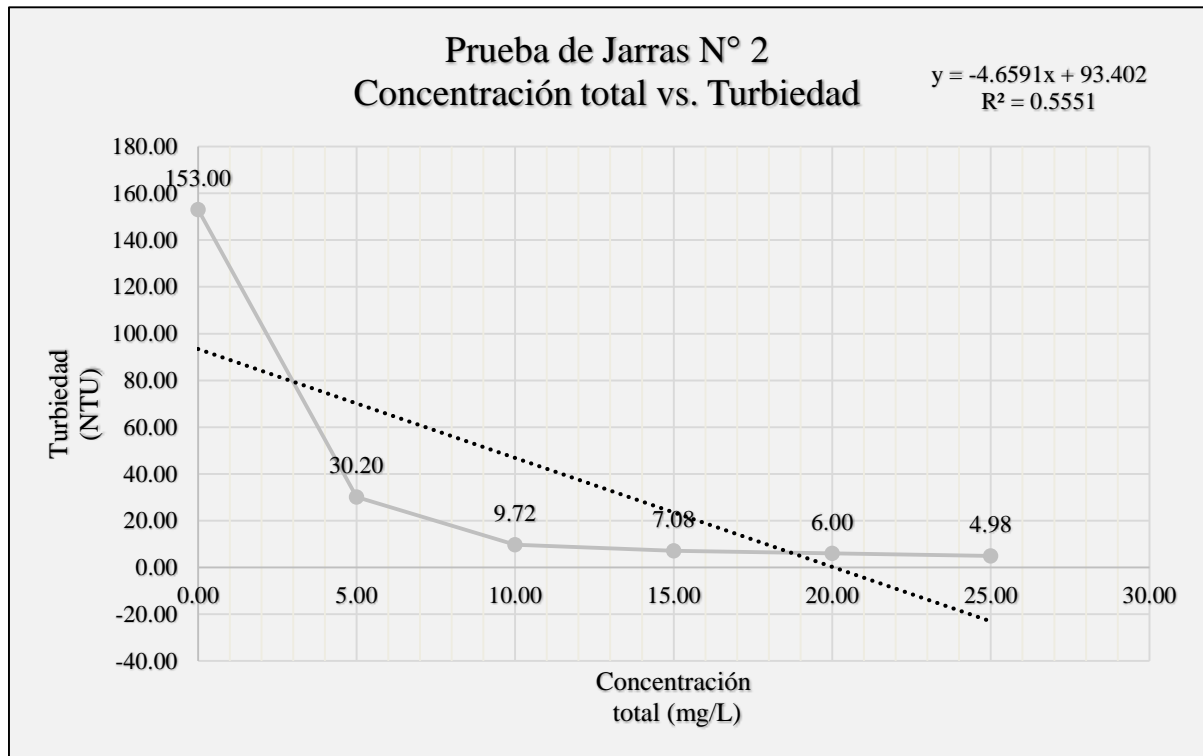
**ANEXO N° 61 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. pH EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**



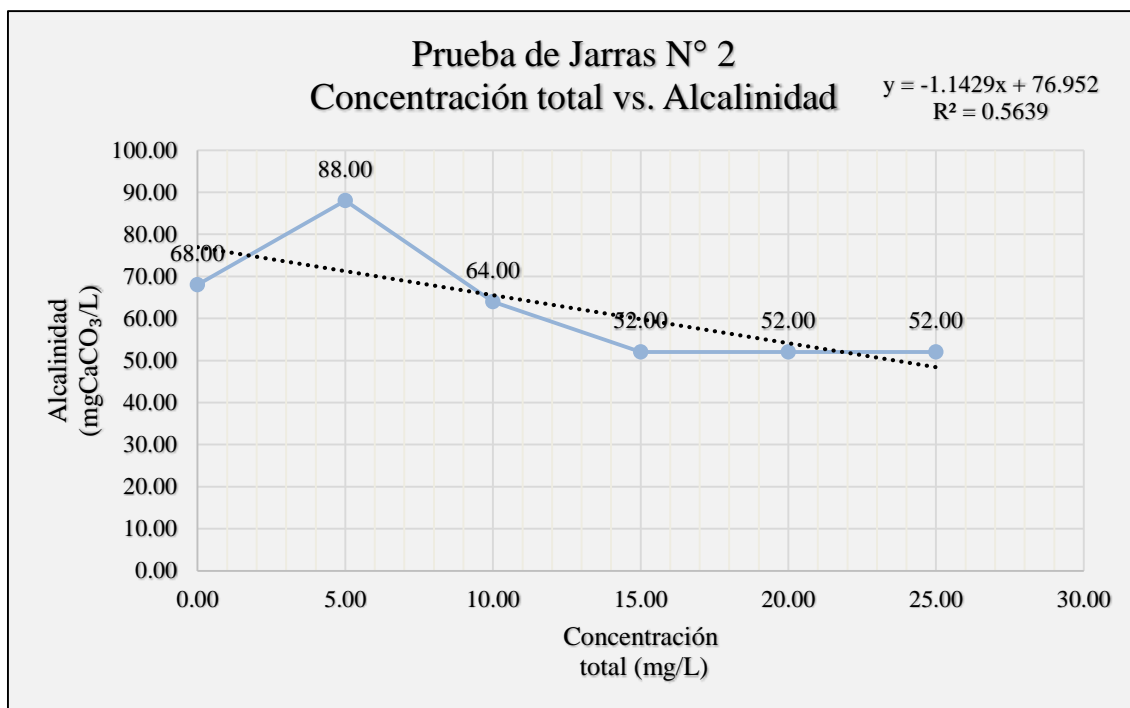
**ANEXO N° 62 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. CONDUCTIVIDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**



**ANEXO N° 63 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. TURBIEDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**



**ANEXO N° 64 – REGRESIÓN LINEAL SIMPLE. CONCENTRACIÓN DEL
COAGULANTE VS. ALCALINIDAD EN LA PRUEBA DE JARRAS N° 2**



ANEXO N° 65 - INTERPRETACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA RECTA EN LA REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

PARÁMETROS FÍSICOS	N° DE PRUEBA DE JARRAS	INTERPRETACIÓN
TEMPERATURA (°C)	N° 1	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la temperatura disminuye en 0.0131 °C.
	N° 2	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la temperatura aumenta en 0.0360 °C.
pH	N° 1	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor del pH disminuye en 0.0578 unidades.
	N° 2	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor del pH disminuye en 0.0515 unidades.
CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	N° 1	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la conductividad aumenta en 0.0820 μS/cm.
	N° 2	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la conductividad disminuye en 2.1923 μS/cm.
TURBIEDAD (NTU)	N° 1	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la turbiedad disminuye en 4.4689 NTU.
	N° 2	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la turbiedad disminuye en 4.6591 NTU.
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	N° 1	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la alcalinidad disminuye en 1.8286 mgCaCO ₃ /L.
	N° 2	Por cada mg/L de coagulante que se adiciona, el valor de la alcalinidad disminuye en 1.1429 mgCaCO ₃ /L.

ANEXO N° 66 – INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²)

PARÁMETROS FÍSICOS	N° DE PRUEBA DE JARRAS	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R ²)	INTERPRETACIÓN
TEMPERATURA (°C)	N° 1	0.3310	<i>El 33.10% de la variabilidad de la Temperatura (°C) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 1.</i>
	N° 2	0.4853	<i>El 48.53% de la variabilidad de la Temperatura (°C) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 2.</i>
pH	N° 1	0.8814	<i>El 88.14% de la variabilidad del pH es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 1.</i>
	N° 2	0.7795	<i>El 77.95% de la variabilidad del pH es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 2.</i>
CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	N° 1	0.3196	<i>El 31.96% de la variabilidad de la Conductividad (μS/cm) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 1.</i>
	N° 2	0.3877	<i>El 38.77% de la variabilidad de la Conductividad (μS/cm) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 2.</i>
TURBIEDAD (NTU)	N° 1	0.4665	<i>El 46.65% de la variabilidad de la Turbiedad (NTU) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 1.</i>
	N° 2	0.5551	<i>El 55.51% de la variabilidad de la Turbiedad (NTU) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 2.</i>
ALCALINIDAD (mgCaCO ₃ /L)	N° 1	0.7792	<i>El 77.92% de la variabilidad de la Alcalinidad (mgCaCO₃/L) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 1.</i>
	N° 2	0.5639	<i>El 56.39% de la variabilidad de la Alcalinidad (mgCaCO₃/L) es explicado por la dosificación de coagulantes en la Prueba de Jarras N° 2.</i>

ANEXO N° 67 – PRUEBA T-STUDENT PARA DOS MUESTRAS SUPONIENDO

VARIANZAS IGUALES

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>N° 1</i>	<i>N° 2</i>
Media	28.18	35.16
Varianza	3746.10	3421.54
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	3583.82	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-0.2021	
P(T<=t) una cola	0.4219	
Valor crítico de t (una cola)	1.8125	
P(T<=t) dos colas	0.8439	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2281	