



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DEL ALOE VERA (SÁBILA) COMO FLOCULANTE NATURAL PARA LA CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO SAN LUCAS EN EL PROCESO DE FLOCULACIÓN, DISTRITO CAJAMARCA, PROVINCIA CAJAMARCA-2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Aldo Edson Caballero Rodríguez

Asesor:

Mg. Ing. Kely Elizabeth Nuñez Vasquez

<https://orcid.org/0000-0001-7846-2510>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	DAVID ELOY ORDOÑEZ BRINGAS	45207910
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	MARIO RENE CARRANZA LIZA	26602358
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	grufides.org Fuente de Internet	5%
2	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
3	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.doccity.com Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Mi tesis está dirigida con todo el amor y cariño que le tengo a mi querida madre quien con todos los esfuerzos y sacrificios supo darme el apoyo para seguir adelante y nunca dejarme de lado. A mis hermanas, quienes, con sus consejos de apoyo, evitaban que claudicara en mi camino hacia mi meta, ser una persona perseverante y cumplir con mis todos mis ideales propuestos.

A mi esposa Yeny Edid Linarez Vigo por su sacrificio y esfuerzo, quien me ha brindado su apoyo y por creer en mi capacidad para hacer realidad mis sueños, a pesar que los momentos que hemos vivido fueron muy difíciles, ella siempre me brindó su comprensión y amor.

A mis profesores por su gran apoyo y conocimiento ofrecido, por su tiempo compartido y por darme el empuje necesario para desarrollar mi formación

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, que en cada paso que doy, ha sido mi mejor compañía, agradecerle por iluminar mi mente y colocar en todo mi camino a personas que me han brindado el soporte y la compañía en este periodo de estudio. Agradecer, hoy y siempre a mi madre por todo su esfuerzo y sacrificio realizado, que, de no haber sido por ella, no hubiera alcanzado este logro.

A mis hermanas que me brindaron su apoyo incondicional y me dieron esa fortaleza necesaria para seguir adelante. Agradecer a mis docentes y compañeros de estudios que, entre enseñanzas y bromas, me compartieron esos conocimientos que me ayudaron en todos los ciclos de estudios.

A la Universidad Privada del Norte que me abrió las puertas de sus conocimientos, poder ser mejor persona, buen profesional y poder lograr todas mis metas propuestas.

Tabla de contenido

Jurado calificador	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
Resumen	9
Capítulo I: Introducción	10
Capítulo II: Metodología	33
Capítulo III: Resultados	45
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones	57
Referencias	61
Anexos	62

Índice de tablas

Tabla 1: Componentes químicos de la planta de Aloe vera (Barbadensis Miller)	30
Tabla 2: Instrumentos de investigación	36
Tabla 3: Materiales utilizados en la investigación	37
Tabla 4: Peso de gel de Aloe vera (Sábila) para diferentes	39
Tabla 5: Tratamientos con la concentración y velocidades de agitación	40
Tabla 6: Concentración del coagulante con relación al tiempo de floculación	41
Tabla 7: Rangos del diseño experimental	42
Tabla 8: Matriz de Diseño Factorial 2 ²	43
Tabla 9: Resultados del análisis del Agua del Río San Lucas, sector Urubamba	47
Tabla 10: Ensayo para determinar concentración eficiente, agitación y tiempo de floculación	47
Tabla 11: remoción de turbidez por niveles de concentración y tiempo de floculación	48
Tabla 12: Remoción de Turbidez para las distintas concentraciones de Aloe Vera	49
Tabla 13: Remoción de Turbidez para los distintos de floculación	51
Tabla 14: Remoción de Turbidez, SST y DBO ₅ en el diseño factorial 2 ²	53

Índice de figuras

Figura 1: Categorización del Agua	14
Figura 2: Niveles de Turbidez	16
Figura 3: Coagulación	18
Figura 4: Fases de Coagulación	20
Figura 5: Coagulación por Adsorción	21
Figura 6: Coagulación por Barrido	21
Figura 7: Estructura y microestructura de la hoja de Aloe vera	29
Figura 8: Índices de Willcomb para determinar el tamaño del flóculo	44
Figura 9: Flujograma del procedimiento	45
Figura 10: Remoción de Turbidez con distintas concentraciones de Aloe Vera (Sábila)	49
Figura 11: Remoción de Turbidez a una concentración de 3000ppm a diferentes tiempos de floculación	51
Figura 12: Remoción de Turbidez a una concentración de 2000 ppm y 3000ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos	53
Figura 13: Remoción de SST a una concentración de 2000 ppm y 3000 ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos	54
Figura 14: Remoción de DBO ₅ a una concentración de 2000 ppm y 3000 ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis de la eficiencia del *Aloe vera* (Sábila) como floculante natural en la calidad del agua en el Río San Lucas, sector Urubamba, Cajamarca. El proceso inicia con la extracción de la pulpa de *Aloe vera* (Sábila), secada al sol y posteriormente convertida en granos pequeños en un mortero, este polvo de sábila se utilizó como gel floculante en concentraciones de ppm, todos estos procesos de investigación que se describirán, se realizan en laboratorio NKAP, utilizando el “Test de Jarras”, donde se dieron resultados físico-químicos de las muestras antes y después del tratamiento con el floculante natural. Para la elaboración de los cálculos se utilizó MS Excel con gráficos estadísticos para determinar los resultados junto con un diseño factorial 2^k (método screening) teniendo como objetivo de importancia dos (2) factores: concentración de floculante y el tiempo de floculación. Y se medirán las siguientes variables dependientes: Turbidez, SST y DBO₅. Los resultados que se obtuvieron fueron positivos en cuanto a la disminución de turbidez, disminución de SST y disminución de DBO₅, posterior a realizarse el estudio de muestras se determinó que los valores óptimos fueron para una concentración de 3000 ppm de floculante natural y un tiempo de 25 min de tiempo de floculación cuyos valores para la remoción de turbidez fue de 90.94% (de 35,1 NTU a 3,18 NTU), para la mayor eliminación de sólidos suspendidos totales (SST), fue de un 87,39 % (de 29,34 mg/L a 3,70 mg/L), para la remoción de DBO₅ fue de un 75,76% (de 28,56mg/L a 6,96mg/L) y por otra parte tenemos los valores mínimos para una concentración de 3000 ppm y un tiempo de floculación de 20min, estos son los mejores tratamientos para una mejor remoción de DBO₅.

PALABRAS CLAVES: Calidad de agua; Test de Jarras; Floculante; Aloe Vera.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación del agua es una de las causas de muerte de millones de personas cada año, por lo que es necesario realizar a esta, una serie de procedimientos de eliminación total o parcial de impurezas específicas. (OMS, 2011)

El agua, siendo uno de los elementos más importantes para la vida, se viene alterando y contaminando por actividades realizadas por nosotros mismos, afectando la calidad de ésta a tal punto que resulta no apta para consumo humano y que se ha convertido en una de las más grandes preocupaciones a nivel mundial, ya que un vasto número de habitantes no cuenta con un acceso al agua potable y que según Silladona a fin de siglo se estima que un número superior al 80% de personas no dispondrán de este suministro de agua potable por las alteraciones que viene sufriendo esta. Este grado de alteración del agua, ha provocado que los sistemas de potabilización se tornen más complejos y poder llegar a los estándares bacteriológicos y fisicoquímicos para su consumo (Camacho, 2011), pero estos sistemas implican un aumento de costos para poder potabilizar el agua y por ello, se ha centrado la atención en los métodos de tratamiento que usan productos naturales como materia prima.

Larios, Gonzales y Morales (2015). Mencionan que Yee-Batista enfatizó que el 80% de la población de América Latina vive en áreas urbanas y la mayoría vive en asentamientos cercanos a fuentes de contaminación. Los autores añaden que, debido a que

América Latina es una de las regiones con mayor biodiversidad del mundo y alberga un tercio de los recursos hídricos del mundo, la contaminación del agua tiene consecuencias ecológicas perjudiciales, ya que, el agua se extrae, se utiliza y se devuelve al río completamente contaminada.

En los últimos años el problema ambiental ha llamado mucho la atención de todos los países, es por ello que se realizan investigaciones para obtener insumos de la propia naturaleza y que sean más económicos, eficientes y amigables con el medio ambiente. El tratamiento del agua no lo es, sin embargo, esto es irrelevante ya que se buscan alternativas al tratamiento del agua que utilicen coagulantes naturales para reducir o eliminar la turbiedad. (Glico, 2001).

Actualmente en América Latina, alrededor de 40 m³/s de agua residual sin tratamiento, es entregado a fuentes superficiales y cerca de 4 000 hectáreas de tierras agrícolas son regadas con dichas aguas, por lo que las aguas residuales tratadas son un recurso valioso que puede reemplazar grandes volúmenes de agua originalmente utilizada para actividades que no requieren agua de calidad potable.

En el Perú, un gran problema que se muestra es el crecimiento poblacional, lo que complica aún más el abastecimiento de agua a todo el país, la falta de conciencia en el uso de este recurso hídrico, deforestaciones indiscriminadas que se realizan y sumando el calentamiento global, hace que este problema sea aún mayor y por otro lado el agua de ríos y quebradas presentan un alto grado de turbidez y contaminación, agua que podría ser tratada y en el futuro utilizada para diversos fines (Briones, 2018), y una alternativa ecológica para el tratamiento de estas aguas es el uso de métodos naturales, ya que, el Perú, siendo un país megadiverso gracias a la Cordillera de los Andes, las Corrientes de

Humboldt y la Corriente del Niño hacen que se enriquezcan la abundancia de la variedad de especies existentes y por ende, se podría desarrollar estos métodos naturales para el tratamiento de aguas.

En Cajamarca, la demanda de agua, ha crecido rápidamente y en épocas de lluvia se presentan un alto nivel de turbidez y residuos en ríos y quebradas, sobre todo en la zona rural que se utiliza este líquido para el riego de plantas, consumo de animales inclusive en el cauce que llegan a las plantas de tratamiento, este es el caso que se presenta en el río San Lucas que en épocas de lluvia presenta alta turbiedad y contenido de sólidos, este río atraviesa la ciudad de Cajamarca de Oeste a Este y desemboca en el río Mashcón y juntamente con el río Urubamba, se encuentran obstruidos por residuos sólidos en todo su recorrido y que utilizando métodos de tratamientos naturales como el uso de la penca sábila como floculante, se podría recuperar gran porcentaje de estas aguas y de esta forma poder utilizarlas en diferentes áreas o apoyo en el incremento de porcentaje para alimentar las plantas de tratamiento de agua, como es el caso del Rio Ronquillo que abastece a la Planta de Tratamiento “Santa Apolonia” y que abastece de agua potable a la población cajamarquina en un 30%. (INDECI, 2005)

Guo (2008). En su estudio sobre “La floculación macromolecular natural del aloe” demostró que el gel de aloe es aplicable en un amplio rango de pH, la tasa de eliminación de turbiedad alcanza hasta el 92% cuando el pH de la muestra de agua está entre 3 y 11, y que el efecto de floculación del aloe en muestras con alta turbidez es mejor que en muestras con menor turbidez.

Abirami, Devi y Sharmila (2010). En un estudio sobre el “Efecto floculante del Aloe Vera” en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales de la industria

tintorera cruda y tratada, se comprobó los buenos resultados del aloe. Si bien los efluentes de la industria de teñido y colorantes son los más contaminantes de todos los efluentes industriales, el uso de Aloe Vera reduce significativamente el SST en un 87.64%, la turbidez en un 88.49% y la DBO en un 73.43%.

Tech (2017). En un estudio sobre coagulación-floculación usando gel de Aloe vera en muestras de agua de alta y baja turbidez usando el método de prueba de jarra, la alta velocidad de agitación (300 - 200 rpm) durante 2 minutos y velocidad de agitación lenta (30 – 40 rpm) durante 15 minutos. Encontró que una mezcla de alumbre (10 ml/l) y Aloe Vera (40 ml/l) era muy eficaz para eliminar los sólidos suspendidos tanto en agua de alta turbidez (75–81%) como en agua de baja turbidez (60–65%), que es una alternativa para el tratamiento de aguas turbias.

Kopytko, Rueda y Rincón (2014), afirman que en varios experimentos realizados en Colombia sobre coagulación-floculación utilizando gel de Aloe vera y sulfato de aluminio en aguas con alta turbidez, demostró ser muy eficaz. Kopytko et all. (2014) informaron que en las aguas de Palmichala con altos niveles de turbidez (101 NTU), se requirieron 24 mg/L de alumbre con 14 mg/L de mezcla de Aloe vera como coagulante para lograr más del 90% de eliminación de turbidez.

Nougode (2015). En un estudio de “Coagulación – floculación a prueba de jarras utilizando gel de Aloe vera en agua superficial del lago Nokoué”, demostraron que este gel podía eliminar el 72% de la turbidez y el 91% de la materia en suspensión.

Calidad de Agua

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a algunas características físicas, químicas

y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. Este concepto, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas características de calidad de agua o estándares. La calidad de agua mayoría de casos, ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, sin embargo, dependiendo de otros usos también se puede definir la calidad del agua en función de ello.

Categorización del Agua

En el Perú, desde la Ley de Aguas (Decreto Ley N° 17752 de 1969) y luego con la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338 del año 2009); se señala que los ECA de Agua deben fijarse en función a las categorías determinadas en relación al uso que se le va a dar al cuerpo natural de agua como se detalla a continuación:

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
Categoría 1-A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
Categoría 1-B	Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
		C3	Otras actividades
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costeras	Estuarios
Marinos			

Figura 1: Categorización del Agua

Fuente: MINAM (ECA)

[MINAM aprobó Estándares de Calidad Ambiental para Agua | Ministerio del Ambiente](#)

Turbidez del Agua

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO), define la turbidez como: “La reducción de la transparencia de un líquido causada por la

presencia de partículas no disueltas de material distinto al propio líquido”

(Gonzáles Acebo & Hernández García, 2013)

La turbidez indica la cantidad de materia sólida suspendida en el agua y se mide por la luz reflejada a través de esta materia. Mientras mayor sea la intensidad de luz que se va a dispersar, mayor nivel de turbidez tendrá la muestra de agua. La materia que causa turbidez en el agua incluye:

- Arcilla
- Fango
- Materia orgánica e inorgánica pequeña
- Componentes de color orgánicos solubles
- Plankton
- Organismos microscópicos

La turbidez hace que el agua pierda su transparencia y se vuelva opaca. Durante periodos de flujo Normal, la mayoría de ríos llevan agua de color verde claro por lo que la turbidez es baja (usualmente menos de 10 NTU) como se puede ver en la, por otro lado, si se produjeran lluvias o una tormenta, las partículas del suelo circundante son arrastradas al río, lo que hace que el agua se torne de color café (debido al barro), lo que indica una alta turbidez en el agua. Así mismo, durante estos flujos altos, las velocidades del agua y su volumen se van incrementando. Por lo que la misma velocidad hace que las materias suspendidas en el fondo del río causen una turbidez mayor.



Figura 2: Niveles de Turbidez

Fuente: *La Ciencia del Agua, USGS, artículo científico*

<https://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>

El río San Lucas (Tres Ríos)

El río San Lucas se forma de la confluencia de los ríos Ronquillo y Urubamba. Desde allí recibe esta denominación hasta su desembocadura al Mashcón. En tanto que el Ronquillo se forma de la unión de los ríos Balconcillo y Cushunga, y a unos 1 700 metros recibe el aporte del río Manzano. El río Balconcillo se forma después de recibir los aportes de la quebrada Conga. El río Cushunga se origina de la unión de las quebradas Portachuelo y Poroporo, y corriente abajo recibe los aportes de Garbanzo Pampa y Sacchayoc. Y el río Manzano se forma de la confluencia de las quebradas Choro mayo y Carhuacasha Corral Blanco. Su longitud estimada es de 7 067 metros (7.06 km) y su pendiente promedio de. El área que drena este río es de 67.33 kilómetros cuadrados (km²). (ANA, 2007)

El río Ronquillo se lo aforó en julio de este año y el valor registrado fue de 630 litros por segundo (lps). Este río se lo ubica dentro de la subcuenca del río San Lucas y en el distrito de Cajamarca. La medición se realizó antes del ingreso a la planta de tratamiento de agua potable ‘Santa Polonia’ de la Empresa de Saneamiento de Cajamarca (Sedacaj). Y fue dentro de la jurisdicción del centro poblado menor de Chamis y en el caserío de Cushunga. (ANA, 2007)

Coagulación

Cuando hablamos del proceso de coagulación, nos referimos al tratamiento de aguas aplicado a la desestabilización de impurezas coloidales y disueltas, producto del cual se van generando flóculos grandes que se pueden remover por procesos subsiguientes como filtración o clarificación. (Caldera, Y.; Mendoza, I.; Briceño, L.; Fuentes, L., 2007),

Este proceso, es el tratamiento más eficaz que se puede realizar, pero también es el proceso que conlleva a un elevado gasto siempre y cuando, no se realiza correctamente, también es un método universal, ya que elimina un gran porcentaje de sustancias y materia a un menor costo comparándolo con otros procedimientos. Si la secuencia de coagulación se realiza incorrectamente, puede generar también una rápida degradación en la calidad del agua, por lo que representaría enormes gastos de operación injustificados. Por ende, es imposible realizar una adecuada clarificación, si la cantidad de floculante no es la correcta, ya que esta condiciona el proceso la decantación de materia. (Cárdenas, 2000)

Gómez (2005), afirma que la coagulación es un proceso de desestabilización química de partículas coloidales producido al neutralizar las fuerzas que las separan mediante la adición de un coagulante químico y la aplicación de energía de mezcla.

Cogollo (2010). Afirma que en el proceso de coagulación se forman pequeñas partículas gelatinosas agregando un coagulante al agua y aplicando energía de mezcla, que desestabiliza las partículas suspendidas al neutralizar la carga del coloide cargado negativamente. Comienza al mismo tiempo que se añade el coagulante y dura sólo una fracción de segundo.

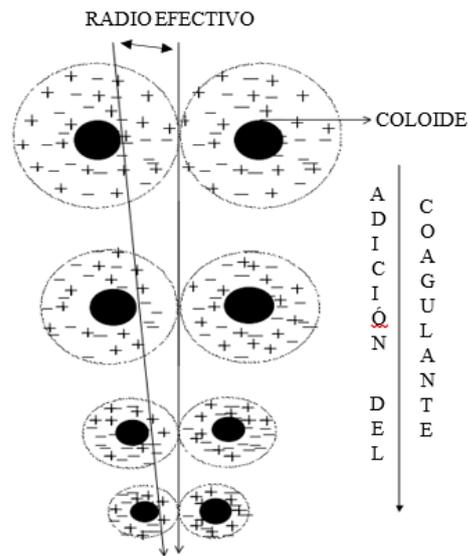


Figura 3: Coagulación

Fuente: *Tratamiento de agua: Coagulación y floculación. Andía, Y (2000), p.10*

Mecanismos de la Coagulación

Andía (2000) señala que la desestabilización se puede lograr a través de mecanismos fisicoquímicos y los clasifica de la siguiente manera:

- Compresión de la doble capa.
- Adsorción y neutralización de cargas.
- Atrapamiento de partículas en un precipitado.
- Adsorción y puente.

Factores que Influyen en la Coagulación

Gómez (2005). Indicó que existen factores que influyen en el proceso de optimización de la coagulación y son las que el describe como importantes:

- pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.

- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de Mezcla.
- Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- Tipos de mezcla y el color.

Las interrelaciones entre cada uno de estos factores permiten predecir cuáles son las cantidades más favorables de coagulantes que se deben adicionar al agua.

Fases o Etapas de la Coagulación

Andía (2000). En su estudio sobre Coagulación y Floculación, menciona que este proceso se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el cual se presentan las siguientes etapas:

- Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Adsorción mutua de coloides.
- Acción de barrido.

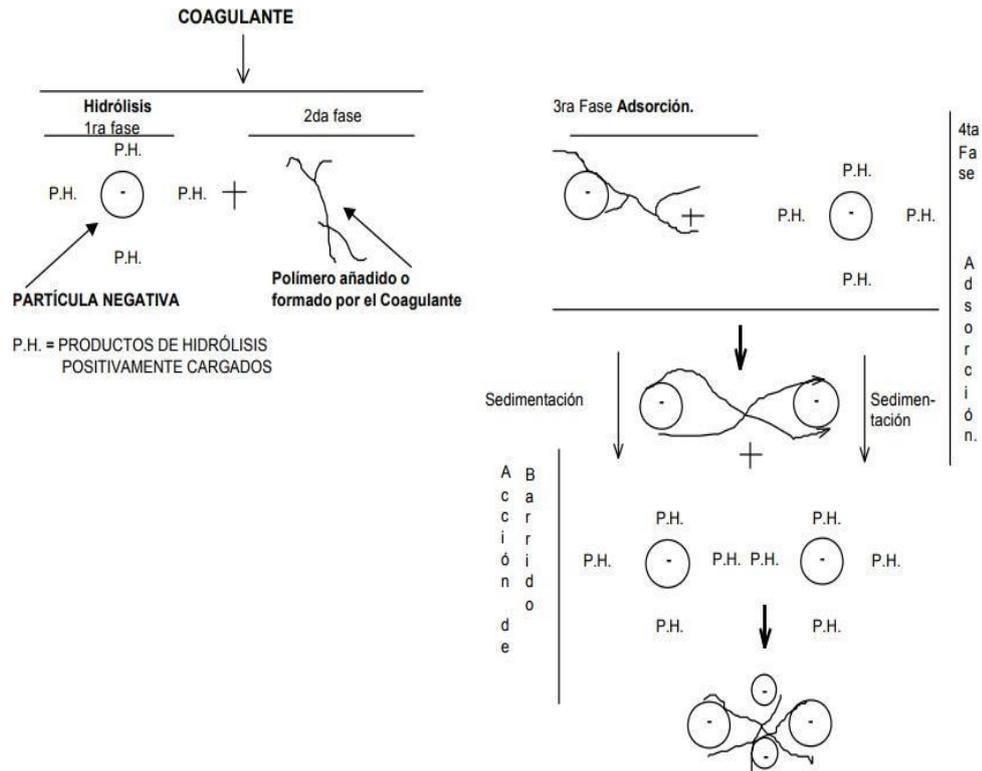


Figura 4: Fases de Coagulación

Fuente: Tratamiento de agua: Coagulación y floculación. Andía, Y (2000), p.26

Tipos de Coagulación

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido.

Coagulación Por Adsorción

Andía (2000). Afirma que este tipo de Coagulación, se presenta cuando el agua contiene una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides y forman los flóculos en forma casi instantánea.

Aluminio en el agua tratada. (Stauber, Florence, Davies, Adams, & Buchanan, Noviembre, 1999)

Estos coagulantes pueden ser de tipo orgánicos como los polielectrolitos o de tipo inorgánicos como la alúmina, en cuanto a su uso pueden ser solos o combinado con un floculante. Sin embargo, si se realiza una ligera variación de pH, estos, presentan dificultades, ya que se encontrarían fuera del rango permisible. (Serrano, 2013)

Floculación

La floculación es el proceso siguiente de la coagulación, y consiste en agitar las masas coaguladas para que vayan aumentando su tamaño y aglomeración de los flóculos formados y de esta manera obtener los pesos necesarios para que se sedimenten con facilidad. (Puentes, 2005) mismo concepto comparten (Muñoz Camacho & Grau Ríos, 2013)

Inicialmente los flóculos pequeños van uniéndose y creando aglomerados cada vez mayores que por efecto de gravedad van sedimentándose, al llegar a esta etapa se realiza una mezcla lenta o se aplica una agitación adecuada y variando esta velocidad de agitación de agua, suficiente para que estos flóculos entren en contacto sin que se rompan. (Andía, 2000)

El mezclado lento favorece a la floculación ya que permite unir poco a poco los pequeños flóculos, evitando de esta forma que se rompan, ya que una vez rotos, es muy difícil que se vuelven a formar al tamaño y fuerza óptimos necesarios para sedimentarse. El proceso de floculación permite dos características, incrementa el tamaño del flóculo y también incrementa su peso.

Tipos de Floculación

La floculación se clasifica en pericinética y ortocinética (Cueva, 2014, p.39)

Floculación Pericinética: Las moléculas de agua al estar inducidas a una energía térmica, van generando movimientos naturales que son conocidas como movimiento browniano.

Floculación Ortocinética: Las moléculas de agua generan movimientos al estar inducidas a una energía exterior que puede ser mecánica o hidráulica, y que van colisionando unas con otras.

Parámetros de la Floculación

Según Andía Cárdenas, De Vargas, & Barranechea Martel (2000) son:

- Floculación Ortocinética (dado por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica)
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla)
- Cantidad de colisiones (choque entre flóculos que van formándose)
- Tiempo retenido (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación)
- Densidad y tamaño del flóculo.
- Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación)

Floculantes de mayor uso en la industria

Los floculantes más utilizados pueden ser:

- ✓ *Floculantes de naturaleza mineral* como la sílice activada que se prepara antes de ser empleado y de forma delicada para evitar la gelatinización, fue uno de los

primeros floculantes que se utilizó en los años 70 y 80 para realizar la neutralización parcial en la solución de alcalinidad de silicato de sodio.

- ✓ Floculantes de naturaleza orgánico naturales que son polímeros netamente naturales extraídos de sustancias animales o vegetales como los Alginatos y los ácidos glucónicos.
- ✓ Floculantes de naturaleza orgánico de síntesis que son moléculas de mayor tamaño con una gran cadena de enlaces y que son obtenidos por unión de monómeros sintéticos (con una masa molecular de 106 y 107 g/mol) y que se pueden clasificar de acuerdo a su ionicidad de los polímeros en aniónicos, neutros o no iónicos y catiónicos y son los más utilizados dentro de la industria.

Sedimentación por floculación

Este tipo de sedimentación es aquella producida por la aglomeración de partículas coloides desestabilizadas cuando se le aplica un agente químico, a diferencia de la sedimentación discreta, éstas si cambian de tamaño, forma y densidad y este

cambio se va generando durante la caída, este proceso también es conocido como decantación y se presenta en la clarificación de aguas, en el proceso intermedio entre la coagulación-floculación y en la filtración rápida. (La Corte, 2006)

Partículas en suspensión

“En las aguas superficiales se forman muchas partículas que se sedimentan en el fondo de los lechos, por ello el nombre de partículas en suspensión, y provienen por erosión de suelos, disolución de sustancias minerales y en algunos casos de la descomposición de sustancias orgánicas, sumando a esto las actividades humanas como las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas lo que provoca un alto grado de turbiedad del agua incluyendo hidróxidos de metal (hierro, por ejemplo)” (Andía 2000), la existencia de estos sólidos, provoca que la transparencia del agua disminuya, en pocas palabras, genera turbidez y con ello una gran concentración de TSS (Sólidos Totales en Suspensión) que son pequeñas partículas, que se encuentran inmersas dentro del fluido y que actúan sobre la partícula con fuerzas direccionales aleatorias contrarrestando de esta forma la fuerza de la gravedad, impidiendo que la materia se decante en el fondo y los factores que influyen esta decantación son: el tamaño, forma de la partícula, densidad y velocidad de agitación del agua.

Sólidos Disueltos

Para entender el concepto de Sólidos Disueltos, deberemos saber primero que son los sólidos suspendidos, estos sólidos suspendidos vienen a ser el resultado de la suma de sólidos sedimentados y no sedimentables; a su vez, sumándolos a los sólidos disueltos resultan los sólidos totales presentes en el agua.

Según Veintimilla Acosta (2015), nos afirma que “Se llama sólidos disueltos a todas aquellas sustancias que se encuentran disueltas en el agua y que, al no poder

determinarse de manera directa, se calculan restando los sólidos suspendidos a la cantidad de sólidos totales.”

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y DQO

La DBO (demanda biológica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno) se encuentran entre los parámetros más importantes para caracterizar y medir el grado de contaminación de las aguas (mayormente se utilizan para aguas residuales). Es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos, especialmente las bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), los hongos y el plancton, al descomponer la materia orgánica contenida en una muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación, es decir, cuanta más contaminación, más DBO₅. (La Corte, 2006)

Es la demanda química de oxígeno que contiene el agua por. Esta es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica y convertirla en CO₂ y H₂O. La DQO es una prueba que sólo dura unas tres horas, por lo que los resultados se pueden obtener mucho más rápido que la prueba de DBO₅. (La Corte, 2006)

Test de Jarras

Cueva (2014). Afirma que una de las pruebas más representativas para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes a escala pequeña, así como determinar las cantidades de floculantes a utilizar, es el Ensayo de “Prueba de Jarra”. (p. 26).

Definición

Andía (2000). Lo define como un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por sedimentación o decantación; los

valores de turbidez que se obtienen, dependen de los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante a utilizar.

Para analizar el comportamiento de los coagulantes y floculantes, así como sus cantidades, es la “Prueba de Jarra” que es la más representativa a pequeña escala, el cual realiza a nivel de laboratorio, una simulación de los procesos secuenciales de coagulación y floculación, permitiendo de esta forma obtener agua de buena calidad, removiendo coloides suspendidos y materia orgánica. Con este proceso se determina las operaciones y cantidades óptimas para el tratamiento de aguas, ya que permite ajustar el pH, variar dosis de coagulantes y floculantes y variar las velocidades de la agitación. (Cayatopa & Rodríguez, 2011).

Objetivo del Test de Jarras

Determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción.

El objetivo principal de este Ensayo es determinar la eficiencia del Aloe vera (Sábila) utilizada como floculante natural para mejorar la calidad de agua en los procesos de coagulación; floculación y sedimentación.

Investigaciones realizadas por expertos demostraron que los coagulantes naturales también llamados biocoagulantes, así como los floculantes naturales son más efectivos, logrando una reducción en la turbidez entre 67.73% hasta 78.72% (Saritha, Kumar y Kavitha, 2019). Estos resultados demuestran que el uso de

floculantes naturales es un potencial método en la clarificación de aguas superficiales.

Aloe vera (Sábila)

Origen e importancia del Aloe vera

Según Domínguez, en su revista publicada en 2012 sobre “Origen del Aloe Vera”, afirma que las primeras referencias de esta planta, se encuentran en escritos de Papiros de Ebers, su nombre hace referencia de griego “aloe”; y en árabe llamado “alloeh”, cuyo significado es: “la sustancia amarga brillante”; y sobre la palabra “vera” hace referencia al latín que significa: “verdad”. Una de las primeras clasificaciones de estas plantas se hizo en la isla de Barbados y fue realizada por el botánico Miller (Grindlay y Reynolds, 1986), quien aporta una importante información sobre el “Aloe barbadensis Miller” que es originaria de la isla de Barbados y que fue introducido al exterior como producto de comercio marítimo en el Caribe.

Estructura y composición química de la planta Aloe vera

La estructuración de Aloe vera viene siendo raíz, tallo, hojas y flores en épocas de floración. Las hojas que se presentan en esta época, crecen alrededor del tallo en forma de roseta desde el nivel del suelo, es desde el centro de esta roseta donde crece el tallo que, al florecer, forma racimos de flores tubulares que varían entre los colores amarillas o rojas (Reynolds y Dweck, 1999). Las hojas tienen forma de lanzas dentadas que sirven como protección de la planta. Se presenta una estructuración de sus hojas, formada por exocarpio, también llamada corteza, la cual está cubierta de una delgada cutícula, esta corteza representa aproximadamente

el 20% al 30% del peso de la planta y es de color verde o verde azulado, todos estos colores dependen de diversos factores tales como: clima, el lugar o nutrición de la planta. La otra parte de la estructura de la planta viene siendo el parénquima, conocido como gel o la pulpa interna de la planta y que se localiza en la parte central de la hoja representando del 65% al 80% del peso de la planta.

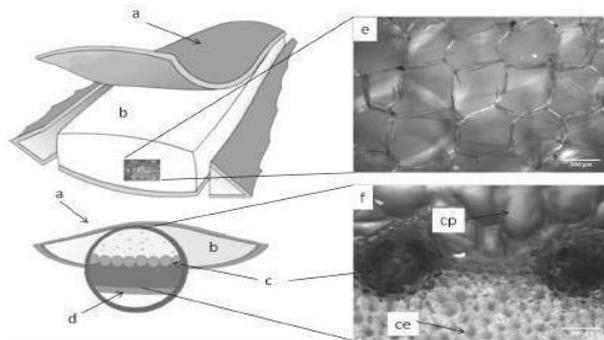


Figura 7: Estructura y microestructura de la hoja de Aloe vera

Exocarpio (a), pulpa o tejido parenquimático (b), conductos de aloína (c) y cutícula (d).

Nota: *Se puede apreciar algunas imágenes realizadas con microscopio de luz a una magnitud de 5X de una célula de parénquima (e) al que se realiza un corte seccional de la su hoja (f) y donde se puede observar las células internas del exocarpio (ce), células parénquima (cp) y los conductos de aloína (c).*

Fuente: *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 11(1), 1-2*

En cuanto a su composición química, se ha encontrado que el Aloe vera está constituida por una serie y combinación de compuestos que se describen en la Tabla 1, y que la mayoría de estas sustancias poseen actividades benéficas para la salud (Reynolds y Dweck, 1999; Pritam y col., 2007; Jia y col., 2008).

Tabla 1: Componentes químicos de la planta de Aloe vera (Barbadensis Miller)

Componentes químicos de la planta de Aloe vera (Barbadensis Miller)

Composición	Compuesto
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloina, ácido crisofanico, emodina, aloe-emodin, ester de ácido cinámico, alína, isobarbalina, antraceno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B ₂ , vitamina C, vitamina B ₃ , vitamina E, vitamina B ₆ , betacaroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzima	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidas, lipasa, bradikinasas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteriodes (campesterol, colesterol, B-sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina. Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina.

Fuente: *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 11 (1), 25*

La investigación se justifica ya que, en gran parte de zonas rurales aledañas a Cajamarca, por la falta de abastecimiento de agua, usan estos procesos rudimentarios y naturales como es la limpieza del agua usando la pulpa de penca de sábila como filtro blanqueador (como estas localidades lo llaman) y que se puede utilizar no solo para categoría 3, sino que mediante unos procesos de filtrado y sedimentación se podría dar uso también como doméstico y forestal, por lo que

ayudaría a prevenir el problema actual de escasez de agua por lo que se realiza este estudio para dar un alcance de investigación de apoyo para futuras generaciones y de este modo reducir el uso de productos químicos y dar paso al uso de productos naturales, conservando la calidad de agua y su uso general.

1.2. Formulación del problema

Problema Principal

¿Cuál es la influencia del *Aloe Vera* (sábila) como floculante natural en la calidad del agua del Río San Lucas, Cajamarca 2023?

Problemas Específicos

- ¿Cuál es la calidad del agua en la fuente superficial del Río San Lucas?
- ¿Cuál es el proceso de extracción del floculante de Aloe vera (sábila) para la calidad del agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023?
- ¿Cuál es la dosis optima del floculante natural Aloe vera (sábila) para la calidad de agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023?
- ¿Cuál es el tiempo de floculación y velocidad de agitación eficiente para la calidad de agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023?
- ¿Cuál es la calidad de agua luego del proceso de floculación en el agua superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023?

1.3. Objetivos

Objetivo Principal

Determinar la influencia del Aloe vera (sábila) como floculante natural en la calidad del agua del río San Lucas, Cajamarca 2023.

Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua del río San Lucas sector Urubamba.
- Realizar el proceso de extracción de gel Aloe Vera para determinar las concentraciones requeridas.
- Calcular la concentración del floculante Aloe Vera (Sábila) para un volumen establecido, mediante el método de Muyibi y Evison.
- Determinar el tiempo de floculación y velocidad de agitación eficientes de las muestras para mejorar la calidad de agua
- Determinar la calidad del agua del río San Lucas después del proceso de floculación con floculante natural *Aloe Vera*.

1.4. Hipótesis

Hipótesis Principal

El uso del Aloe vera (sábila) como floculante natural mejorará los parámetros de calidad de agua en un 80% del Río San Lucas.

Hipótesis específicas

- El método de extracción de Aloe Vera determinado, tiene una gran influencia sobre la mejora en la calidad de agua en el Río San Lucas.
- Una mayor concentración de floculante natural, se tendrá una mejora en la calidad de agua en el Río San Lucas.
- A mayor tiempo de floculación y mayor velocidad de agitación, se tendrá una mejor calidad de agua en el Río San Lucas.
- El proceso de floculación analizado, es eficiente para mejorar la calidad de agua en el Río San Lucas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El tipo de investigación, es Aplicada ya que se pretende buscar un conocimiento mismo más allá de sus posibles aplicaciones prácticas. El objetivo principal a abordar consiste en ampliar y profundizar el saber de la realidad, con el propósito de obtener generalizaciones cada vez mayores (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

En cuanto al nivel de investigación es Explicativo, ya que va más allá de la descripción conceptual, es decir, van dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos y sociales (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017) y cuyo interés va enfocado en explicar por qué ocurre un fenómeno y la relación entre dos o más variables.

El diseño de la investigación es una etapa fundamental de la experimentación que permite el uso correcto de datos a posteriori, los que a su vez llevarán a un análisis objetivo y con deducciones válidas del problema (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017). Por lo tanto, el diseño de la investigación es Experimental, debido a que permite la manipulación de la variable independiente (Agudelo & Aigner, 2008).

Para la unidad de Estudio que es la Calidad de agua, se consideran varios parámetros, dentro de ellos se va a analizar los criterios de Turbidez, SST y DBO, en cuanto a la población es el Agua precedente del Río San Lucas (Sector Urubamba) de la ciudad de Cajamarca, para las muestras se hace un estudio preliminar del tipo de muestreo, teniendo como la no probabilística, por lo que se toma una cantidad de 26 muestras de Agua del Río San Lucas del Sector Urubamba, debido a que es un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

	Tratamientos	Criterios	Total
Prueba Madre	T1	Análisis base	4
	T2		
	T3		
	T4		
Concentraciones	T1	1000 ppm	6
	T2	2000 ppm	
	T3	3000 ppm	
	T4	4000 ppm	
	T5	5000 ppm	
	T6	6000 ppm	
Agitación efectiva	T1	200rpm/30rpm	6
	T2	200rpm/30rpm	
	T3	200rpm/30rpm	
	T4	200rpm/30rpm	
	T5	200rpm/30rpm	
	T6	200rpm/30rpm	
Tiempo de floculación	T1	10 min	6
	T2	15 min	
	T3	20 min	
	T4	25 min	
	T5	30 min	
	T6	35 min	
Diseño Factorial	T1	2000ppm/20min	4
	T2	3000ppm/20min	
	T3	2000ppm/25min	
	T4	3000ppm/25min	
Total de muestras			26

Para las técnicas de recolección de datos se hace uso de la Observación directa, este método consiste esencialmente en observar el objeto en estudio en una situación determinada y se utiliza en los casos en que otros sistemas como encuestas, cuestionarios, etc. no son tan efectivos. En la observación directa podemos proceder de dos maneras: de manera encubierta, cuando el objeto no sabe que está siendo observado, o de manera

manifiesta, cuando el objeto sabe que está siendo observado. (Rivas, Rodríguez y Loredo, 2018)

Este es un método de recopilación de datos que implica observar al sujeto de investigación en una situación específica. De lo contrario, los datos recibidos no serán válidos. Es recomendable recurrir a la observación directa cuando sea necesario evaluar la conducta durante un período de tiempo continuo. (Rivas, Rodríguez y Loredo, 2018)

Las características de una Observación directa es No Intrusiva, esto significa que el objeto observado se desarrolla sin ser distraído por el observador. Por esta razón, el observador adopta un papel discreto; no debe hacer sugerencias o comentarios a los participantes. Permite estudiar la interacción de grandes grupos sin necesidad de aumentar el número de observadores. (Rivas, Rodríguez y Loredo, 2018)

La observación directa ofrece ventajas que otros métodos de recopilación de datos no ofrecen. El más importante es el que permite estudiar la interacción de grandes grupos sin tener que aumentar el número de observadores. (Rivas, Rodríguez y Loredo, 2018)

Para determinar la calidad de agua en el proceso de floculación utilizando floculante de *Aloe vera* (sábila), se realizarán los siguientes ensayos.

El método se realizará mediante el Ensayo de Laboratorio “Test de Jarras”, el cual nos brindará los resultados y determinación de la hipótesis tomada, como nos describe la tabla 2:

Tabla 2: Instrumentos de investigación

Ensayos e Instrumentos utilizados

Ensayo	Descripción	INSTRUMENTO
Test de Jarras	Es un simulador de Laboratorio que determina las cantidades de insumos químicos que se deben aplicarse en una Planta de Tratamiento a fin de lograr cambios favorables en la Calidad del Agua.	Datos obtenidos del informe del laboratorio NKAP
Turbidez DBO SST	Son los parámetros que se van a evaluar para analizar la calidad de agua	Parámetros de control de calidad
Medición de pesos	La unidad métrica para el peso es el "kilogramo", miligramo (mg), gramo (g), kilogramo (kg) o tonelada (t). se hará uso de una balanza.	Apuntes
Medición de dosificación de floculante	Se utilizará la balanza analítica para determinar el peso de la solución obtenida.	Apuntes

Para el procesamiento de análisis de datos, se aplicará la prueba de intervalos de confianza con 95% de certeza y se trabajará con los parámetros de Turbidez, SST y DBO₅, ya que el propósito es la mejora de la calidad de agua y se utilizará como instrumentos de procesamiento el Microsoft Excel en donde una vez ingresados los datos se procesa por medio de gráficas para analizar y comparar las diferencias que obtenemos en los resultados de parámetros finales al aplicar un floculante natural (Sábila).

Para los materiales a utilizar en un principio para la recolección de muestras

se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Materiales utilizados en la investigación

<i>Materiales utilizados en la investigación</i>	
Parámetro	Unidad
Muestra	(Variable) agua del río San Lucas
Recipiente	1 depósito de 18L para contener muestras
Cooler	1
Balanza	01
<i>Aloe vera</i> (sábila)	Variable
Horno/Estufa	01

Procedimiento para recolección de datos

Para la toma de muestras de aguas de río, según ALCORA (2022), nos dice que estas muestras se realizan lo más lejos posible de la orilla, para evitar los remansos o zonas de estancamiento. El agua tiene que extraerse de zonas donde fluya el agua desde una profundidad deseada, pero siempre evitando remover el fondo y para ello existen tres técnicas diferentes de tomar muestras de agua para un estudio:

Muestreo simple: se recoge en un momento y lugar determinados y se analiza de manera individual.

Muestreo compuesto: se obtiene a partir de la combinación de varias muestras simples recogidas en un mismo punto de muestreo, pero en momentos diferentes.

La muestra compuesta es un término genérico que se le otorga a la mezcla de un número de muestras simples, tomadas durante un cierto periodo de tiempo.

Se la usa para conocer las condiciones promedio del agua. En general, las muestras compuestas son aptas para indicar el promedio de las variaciones de la contaminación en el agua. (SENASBA, 2015)

Muestreo integrado: se obtiene por la combinación de muestras simples recogidas en diferentes puntos de muestreo, pero paralelamente en el tiempo.

Para mi investigación se realiza la ubicación del punto más desfavorable que es la toma de muestras en el Sector Urubamba del Río San Lucas con coordenadas 772820.65E 9207976,14S, luego se procede con la ayuda de un recipiente (jarra pequeña graduada) extraer estas muestras, estas muestras serán recogidas de un mismo punto con un rango de recolección de 30 segundos como lo estipula la Pontificia Universidad Católica Argentina en un estudio denominado “ *Dispersión de contaminantes en cursos de Agua, Estudios en el río Chumbao, Perú*” donde nos explica que la frecuencia de toma de muestras entre cada una de ellas será de 30 segundos, tomando como tipo de muestreo el compuesto. (ALCORA, 2022)

Las muestras serán llevadas al laboratorio NKAP de la ciudad de Trujillo para los ensayos respectivos.

Extracción del Floculante Aloe vera (Sábila)

Se inicia separando el gel de la corteza, para posteriormente ser cortado en trozos pequeños, secados al horno (es recomendable colocarlos a secar 3 días al sol, ya que el secado al horno produciría un secado excesivo y por ende la pérdida de propiedades del gel), una vez terminado el secado del gel, se procede a ser triturados dentro de un mortero hasta ser convertido en granos muy finos, para ser

tamizado, lo cual daría fin a este proceso de extracción y listo para la preparación de las concentraciones que se van a utilizar por muestra. (ver ANEXO 2)

Preparación de la Concentración de gel Aloe vera (Sábila)

Se extrae las cantidades de 0,05g y 0,1g (pesadas necesariamente en una balanza analítica) de gel de Aloe vera, que servirá para la preparación de las concentraciones de 1000 ppm y 2000 ppm, se deben realizar la medición de las cantidades con una razón diferencial de 0,05g hasta obtener seis concentraciones como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4: Peso de gel de Aloe vera (Sábila) para diferentes

Peso en (g)	Concentración en ppm
0,05	1000
0,10	2000
0,15	3000
0,20	4000
0,25	5000
0,30	6000

Fuente: *Muyibi y Evison (1995)*

Se coloca cada peso medido de gel Aloe vera (Sábila) en polvo, en un vaso de precipitados de 50 ml conteniendo agua destilada (teniendo 6 muestras), luego se procede a disolver lentamente hasta obtener un gel (este proceso se realiza con el uso de una bagueta), teniendo de esta forma las concentraciones del floculante. (Muyibi y Evison, 1995)

Análisis de rangos para variables independientes elegidas

Análisis de rangos para la variable concentración de gel de Aloe vera (Sábila)

Se realizan seis (6) tratamientos a base del Ensayo de Test de jarras a las concentraciones obtenidas de floculante natural con una Velocidad de Agitación Rápida de 200 rpm (V.A.R.) y a Velocidad de Agitación Lenta de 30 rpm (V.A.L.) determinando de esta manera un nivel alto y bajo de remoción de SS (Sólidos Suspendidos) y materia orgánica con el fin de determinar el nivel alto y bajo de la concentración del gel de Aloe Vera.

Tabla 5: Tratamientos con la concentración y velocidades de agitación

Tratamiento	Concentración (X₁) (mg/L)	V.A.R. (rpm)	V.A.L. (rpm)
T ₁	1000	200	30
T ₂	2000	200	30
T ₃	3000	200	30
T ₄	4000	200	30
T ₅	5000	200	30
T ₆	6000	200	30

Los tiempos de la velocidad de agitación se realizaron de la siguiente manera para los 200 rpm se realizan con un periodo de tiempo de 90 segundos, y para los 30 rpm con un lapso de 25 minutos, terminado estos tiempos se deja reposar por un periodo de 1 hora para una mejor sedimentación y recolección de lecturas de resultados. (Bravo & Gutiérrez, 2016)

Análisis de rangos para la variable de tiempo de floculación

Se realizan seis (6) tratamientos en el Ensayo de Test de jarra en 10 minutos y 15 minutos (tiempos de floculación sucesivas), en el que se emplea la concentración de nivel más alto determinado de los resultados de la Tabla anterior.

Tabla 6: Concentración del coagulante con relación al tiempo de floculación

Tratamiento	Concentración (mg/L)	Tiempo de Floculación (min)
T ₁	X ₁	10
T ₂	X ₁	15
T ₃	X ₁	20
T ₄	X ₁	25
T ₅	X ₁	30
T ₆	X ₁	35

Se adicionó 2000 mL de agua de muestra en los depósitos del ensayo y se aplicará una velocidad de agitación rápida de 200 rpm en un tiempo de 90 segundos y otra con una velocidad de agitación lenta de 30 rpm por un lapso de 10 minutos, 15 minutos sucesivamente.

Seguidamente luego de su funcionamiento del ensayo, se añaden 3000 ppm de gel de floculante natural.

Finalizando el tiempo del Ensayo, se deja en reposo durante 1 hora como estipula la norma ASTM D2035-08.

Diseño Experimental

Se realiza un diseño factorial 2k (método screening) teniendo como objetivo de importancia dos (2) factores: la concentración de floculante y el tiempo de

floculación. Y se medirán las siguientes variables dependientes: Turbidez, SST y DBO5.

Para poder calcular el porcentaje de remoción de turbidez se emplea la siguiente ecuación:

$$Eficiencia (\%) = \frac{Turbidez\ inicial - Turbidez\ final}{Turbidez\ inicial} * 100$$

Para determinar el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) y la materia orgánica biodegradable en las aguas del Río San Lucas en Cajamarca, se emplea la siguiente ecuación:

$$E (\%) = \frac{S_0 - S_{f-1h}}{S_0} * 100$$

Donde:

- E : Eficiencia de remoción de carga contaminante (%)
 S_0 : Carga contaminante inicial sin tratamiento en mg/l (DBO y SST)
 S_{f-1h} : Carga contaminante después del tratamiento en mg/l (DBO y SST)

Tabla 7: Rangos del diseño experimental

Variable	Niveles	
	Bajo	Alto
Concentración de Floculante (mg/l)	-	+
Tiempo de floculación (min)	-	+

Diseño Factorial 2²

Se considera un diseño factorial 2², dicho simplemente por dos (2) factores, cada uno de ellos analizados a dos (2) rangos (bajo y alto) por lo que se realizaría un total de 4 tratamientos.

En el primer tratamiento (T_1), se trabaja con una concentración de nivel bajo (-) y un tiempo de floculación de nivel bajo (-) y vamos alternado los tratamientos entre bajo y alto como muestra la Tabla 8:

Tabla 8: Matriz de Diseño Factorial 2^2

Tratamiento	Concentración	Tiempo de Floculación
T ₁	-	-
T ₂	+	-
T ₃	-	+
T ₄	+	+

Proceso de Ensayo de Test de Jarras

Se adiciona 2000 mL de muestra en las jarras del ensayo.

Se colocan estas jarras en el equipo y se va configurando para que trabaje a una velocidad de agitación rápida (V.A.R.) de 200 rpm en un lapso de 90 segundos y una velocidad de agitación lenta (V.A.L.) de 30 rpm en un periodo 25 minutos.

Una vez iniciado el funcionamiento del equipo, inmediatamente se añade 50 ml de floculante natural en concentraciones.

Una vez iniciado el proceso de floculación se va anotando el tiempo desde la formación del primer flóculo y se va registra el tamaño del desarrollo de estos flóculos antes de concluir el proceso para de esta manera poder determinar el tamaño del flóculo utilizando el índice de Willcomb.

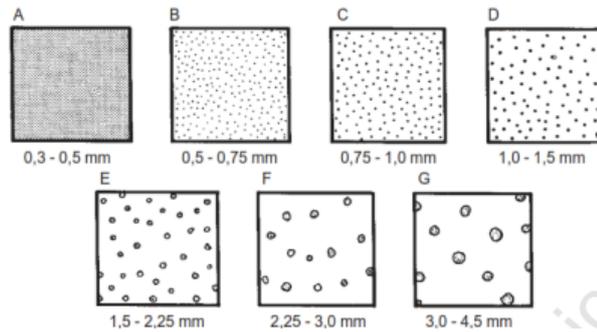


Figura 8: Índices de Willcomb para determinar el tamaño del flóculo

Fuente: Ortiz Vanessa, *Evaluación y Análisis del Sistema de Dosificación de Policloruro de Aluminio en la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga, Carabobo, Venezuela, 2011.*

Una vez finalizado el proceso del ensayo, se deja durante una hora en reposo para su sedimentación y poder hacer la recolección de resultados.

Medición de la Turbidez

Los datos serán recogidos por los análisis realizados por el laboratorio NKAP S.R.L con una medición de rango de 0 NTU a 1000 NTU, se midió la turbidez inicial (T_0) y la turbidez final de la muestra ($T_m - 1h$) después de 1 hora de sedimentación en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

Determinación de los parámetros fisicoquímicos: DBO₅ y SST

Los parámetros fisicoquímicos evaluados (DBO₅ y SST) se obtuvieron por duplicado de las aguas del Río San Lucas, sector Urubamba, y la segunda muestra se obtuvo de 4 tratamientos con gel de Aloe vera en la Prueba de Jarras.

Cabe señalar que las muestras fueron transportadas al laboratorio NKAP S.R.L de la ciudad de Trujillo para la adecuada caracterización de sus parámetros fisicoquímicos.

DIAGRAMA O FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO

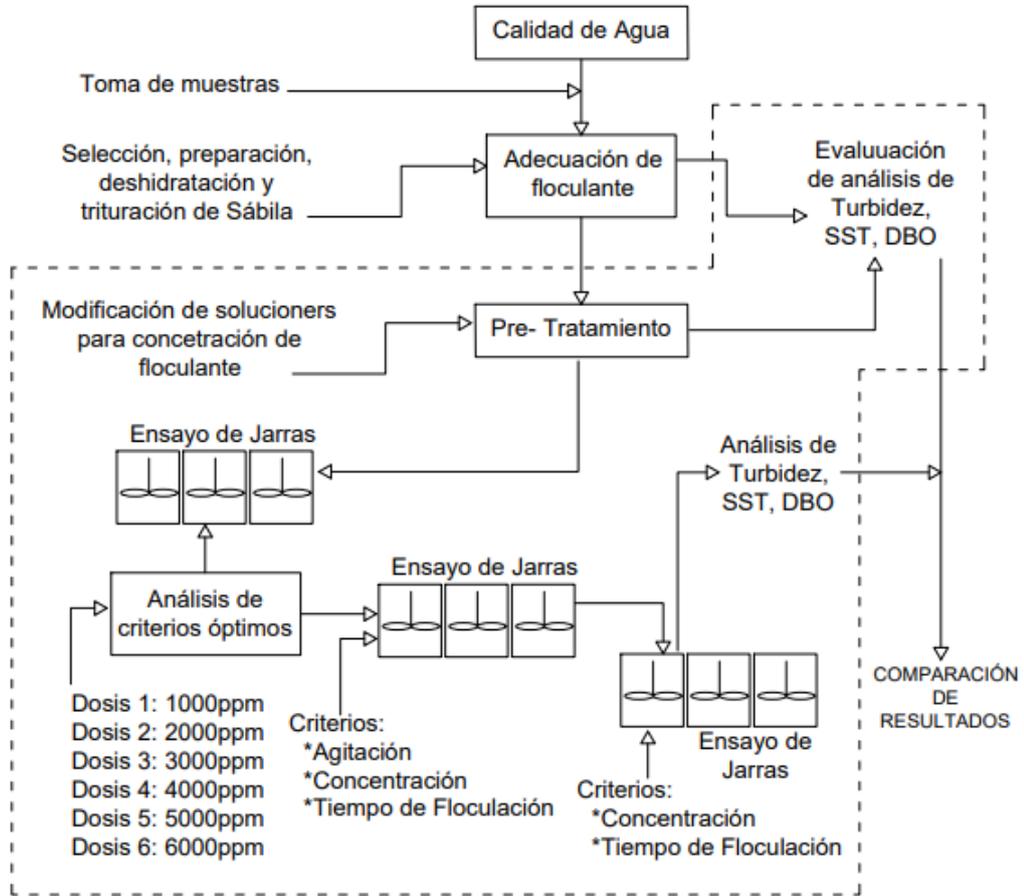


Figura 9: Flujoograma del procedimiento

Aspecto Ético

En cuanto al aspecto ético, la información que se presenta en la investigación, contiene datos veraces, se respeta la propiedad intelectual de información requeridas para antecedentes y marco teórico ya elaboradas y que se registran en las referencias bibliográficas, así como también los derechos de autor.

La información será manejada con carácter confidencial y basada en los principales principios éticos que la investigación lo requiera, en los cuales se fundamentan la confianza y la buena fe de la Universidad Privada del Norte

Principio de autonomía. La UPN fue informada sobre el proyecto, enviándose una solicitud para el uso de su laboratorio indicando que son invitados a participar la cual fue suficientemente completa y accesible para su decisión, de si participar o denegarse a ello.

Principio de justicia. El estudio está elaborado para brindar conocimientos que aporten información de manera distributiva a los que muestren interés en el estudio.

Principio de beneficencia. Mediante esta investigación, se busca un beneficio para las personas y empresa quienes se verían informadas en la disminución de turbidez del agua utilizando como floculante materia natural.

Principio de no maleficencia. La información que se está presentando, será utilizada con fines académicos, denegando cualquier fin que sobrevenga en un daño al elaborador de este proyecto; por otro lado, se busca maximizar todos los beneficios posibles de manera proporcional.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados de turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) para diferentes tratamientos, así como para aguas del Río San Lucas, sector Urubamba sin tratamiento.

Caracterización de Agua del Río San Lucas sector Urubamba

Tabla 9: Resultados del análisis del Agua del Río San Lucas, sector Urubamba

Parámetro	Unidad	RESULTADOS
Turbidez	NTU	35,1
SST	mg/L	29,34
DBO ₅	mg/L	28,56

Determinación de Niveles para las Variables Independientes

Para determinar los niveles de las variables independientes de concentración de gel de Aloe Vera y tiempo de floculación, se realizaron seis tratamientos con diferentes concentraciones y tiempos de floculación según lo establecido en la metodología.

Tabla 10: Ensayo para determinar concentración eficiente, agitación y tiempo de floculación

Tratamiento	Concentración (mg/L)	V.A.R. (rpm)	V.A.L. (rpm)	Tiempo de Floculación (min)
T ₁	1000	200	30	10
T ₂	2000	200	30	15
T ₃	3000	200	30	20
T ₄	4000	200	30	25
T ₅	5000	200	30	30
T ₆	6000	200	30	35

En un estudio realizado por Guo, H. (2008) afirmó que a los pH 3 y 11 el Aloe Vera tiene un amplio poder de aplicación, es decir la remoción de turbidez alcanza el 92%, por lo que no es necesario modificar el pH, ya que el pH hallado en el análisis de agua es de un valor de 6,8. (Babora, Freire y Oloveira, 2014, p. 7-8). En estudios sobre la eliminación de turbidez utilizando diferentes dosis de Aloe Vera a diferentes pH, los resultados fueron que a un pH más alto la eliminación de turbidez fue mucho mejor, eliminando hasta el 79,2% de la turbidez.

Determinación de Niveles para las Variables Independientes de concentración de Aloe Vera

Se realizaron diversas pruebas preliminares a base del Test de Jarras con diferentes concentraciones de Aloe Vera para eliminar la turbidez de diferentes muestras de agua del Río San Lucas, sector Urubamba, logrando una mayor remoción de turbidez en concentraciones de 2000 ppm y 3000 ppm, por lo que se decidió utilizar cantidades cada vez mayores de estas concentraciones para probar si eliminan un mayor porcentaje de turbidez.

Tabla 11: remoción de turbidez por niveles de concentración y tiempo de floculación

Trat .	Concentración (mg/L)	V.A.R. (rpm)	V.A.L. (rpm)	Tiempo de Floculación (min)	Remoción de Turbidez (%)
T ₁	1000	200	30	10	85,41
T ₂	2000	200	30	15	87,58
T ₃	3000	200	30	20	90,83
T ₄	4000	200	30	25	85,93
T ₅	5000	200	30	30	84,84
T ₆	6000	200	30	35	83,14

Como se describe en la metodología, para determinar los niveles bajos (-) y altos (+) de las variables independientes de concentración de Aloe Vera (sábila), se realizaron seis tratamientos con concentraciones que oscilaron entre 1000 ppm y dosis de 6000 ppm utilizando muestras de 50 ml de solución. Los resultados que obtuvieron se muestran en la Tabla 11 y Figura 10.

Tabla 12: Remoción de Turbidez para las distintas concentraciones de Aloe Vera

Tratamiento	Concentración (mg/L)	Turbidez Inicial (T_0)	Turbidez Final (T_{f-1h})	Remoción de Turbidez (%)
T ₁	1000	35,1	5,12	85,41
T ₂	2000		4,36	87,58
T ₃	3000		3,22	90,83
T ₄	4000		4,94	85,93
T ₅	5000		5,32	84,84
T ₆	6000		5,92	83,14

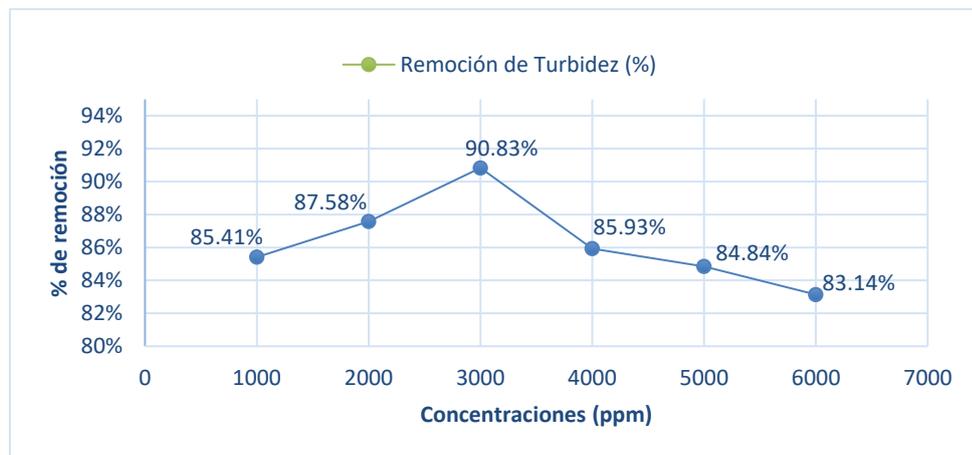


Figura 10: Remoción de Turbidez con distintas concentraciones de Aloe Vera (Sábila)

Como se puede observar en la **Figura 10**, la mayor reducción porcentual de turbidez se produjo en las concentraciones de 2000 ppm y 3000 ppm, por lo que se eligieron como el nivel bajo (-) y alto (+) respectivamente para la variable independiente de concentración de gel de Aloe Vera para la remoción de sólidos en

suspensión y materia orgánica biodegradable. Por otra parte, en la Figura 10 se puede observar que, a concentraciones mayores a 3000 ppm, la remoción de turbiedad comienza a disminuir, esto se debe a que la aglomeración del coagulante-floculante es mucho mayor y más difícil que se formen los flóculos y estos se puedan sedimentar.

Según Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 47-48) En sus estudios de Prueba de Jarras, al utilizar caesalpinia spinosa (tara) como floculante en diferentes concentraciones para eliminar la turbidez, encontraron que a medida que aumentaba la concentración de goma de tara, la eliminación de turbidez comenzaba a disminuir, esto comprueba los resultados obtenidos del Test de Jarras.

Por otra parte, según Martínez y Gonzales, 2012, p. 74-75, En su estudio “Evaluando el poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para eliminar la turbidez y el color en agua cruda”, señalaron que, al aumentar las concentraciones de tuna, las superficies coloidales se saturan sin dejar espacio para la formación de puentes entre partículas. y por lo tanto a una reducción en la eliminación de turbidez.

Determinación de Niveles para las Variables Independientes de tiempo de Floculación

Se realizaron diversas pruebas preliminares a diferentes tiempos de floculación utilizando una concentración de 3000 ppm de concentración de Aloe Vera, cantidad que eliminó el mayor porcentaje de turbidez al momento de determinar los valores de la variable independiente.

En la Tabla 13, se puede apreciar que la mejor remoción de turbidez se presentó en el valor de tiempo de floculación de 25 minutos, por lo que se decidió realizar seis tratamientos con tiempos similares que van desde un valor inicial de 10 minutos hasta 35 minutos y de esta forma determinar los tiempos de floculación bajo (-) y máximo (+) en los que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de turbidez utilizando solo una concentración en diferentes tiempos de floculación.

Tabla 13: Remoción de Turbidez para los distintos de floculación

Tratamiento	Concentración (mg/L)	Tiempo de Floculación (min)	Turbidez Inicial (T ₀)	Turbidez Final (T _{f-1h})	Remoción de Turbidez (%)
T ₁	3000	10	35,7	5,63	84,23
T ₂	3000	15		5,26	85,27
T ₃	3000	20		4,93	86,19
T ₄	3000	25		4,42	87,62
T ₅	3000	30		4,95	86,13
T ₆	3000	35		5,72	83,98

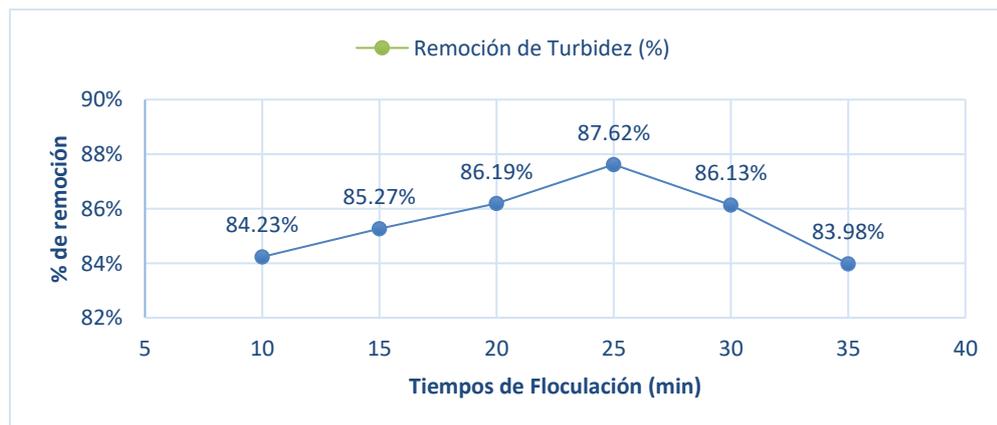


Figura 11: Remoción de Turbidez a una concentración de 3000ppm a diferentes tiempos de floculación

La Figura 11 muestra que a medida que aumenta el tiempo de floculación, el porcentaje de remoción de turbidez aumenta hasta 25 minutos, al mismo tiempo,

también se observa que cuando el tiempo de floculación aumenta más allá de los 25 minutos, la remoción de turbidez comienza a disminuir, esto se debe a que termina la formación de flóculos y estos comienzan a desestabilizarse, lo que conduce a un aumento de turbidez.

Por otra parte, se puede apreciar que en la Figura 11, en el tratamiento T4 con un tiempo de Floculación de 25 minutos, se da el mejor porcentaje de remoción de turbidez, seguido del tratamiento T3 con un tiempo de floculación de 20 minutos, estos valores fueron elegidos como el nivel bajo (-) y alto (+) de tiempo de floculación para emplearse en el diseño experimental.

RESULTADOS DEL PROCESO COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Luego de determinar los valores bajos y altos de las variables independientes concentración de Aloe Vera y tiempo de floculación para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas del Río San Lucas, sector Urubamba distrito de Cajamarca, se realizaron cuatro tratamientos según el diseño factorial, el cual se propuso en la metodología.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de los cuatro tratamientos realizados. Primer tratamiento con una concentración de 2000 ppm y tiempo de floculación 20 minutos, el segundo tratamiento a una concentración de 3000 ppm con un tiempo de floculación de 20 minutos, el tercer tratamiento a 2000 ppm. con un tiempo de floculación de 25 minutos, y el cuarto tratamiento se realizó a 3000 ppm. y tiempo de floculación 25 minutos; Para ambos tratamientos se utilizó una velocidad de agitación alta (V.A.R) de 200 rpm durante 90 segundos y una velocidad de agitación lenta de 35 rpm, cabe recalcar que se empleó 1 hora de sedimentación.

Tabla 14: Remoción de Turbidez, SST y DBO₅ en el diseño factorial 2²

Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	T1	T2	T3	T4
Turbidez	NTU	35,1	5,37	5,08	4,63	3,18
	% Remoción		84,70	85,53	86,81	90,94
SST	mg/L	29,34	4,82	4,70	4,10	3,70
	% Remoción		83,57	83,98	86,03	87,39
DBO ₅	mg/L	28,56	15,30	7,11	12,83	6,96
	% Remoción		46,43	75,11	55,08	75,63

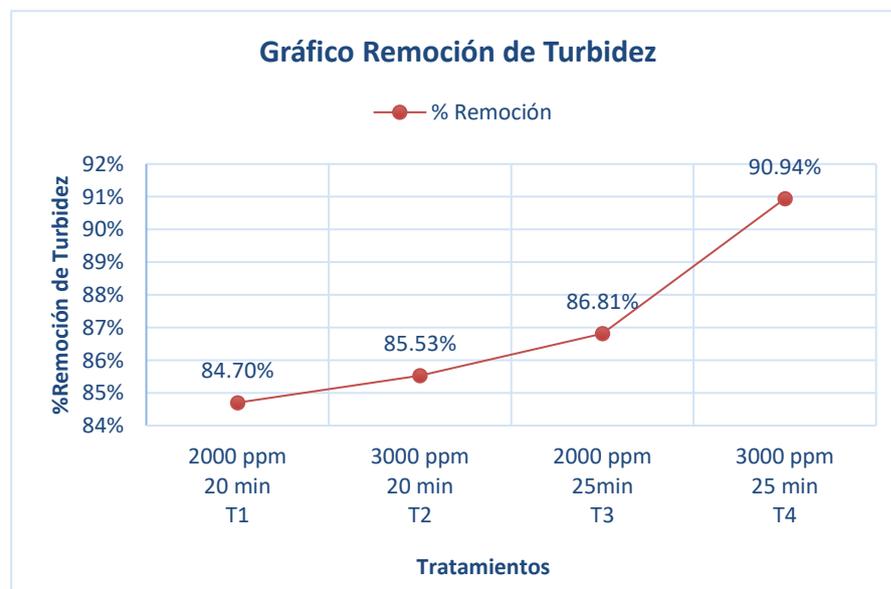


Figura 12: Remoción de Turbidez a una concentración de 2000 ppm y 3000ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos

En la Figura 12 se muestra que la turbidez ha disminuido en un 84.70% para el T1 (de 35,1 NTU a 5.37 NTU), un 85.53% para el T2 (de 35,1 NTU a 5.08 NTU), un 86.81% para el T3 (35,1NTU a 4,63 NTU) y un 90.94% para el T4 (35,1NTU a 3, 18 NTU), esto se debe al aumento en la concentración de gel de Aloe Vera, y también al tiempo de floculación.

Además, se puede observar en la Figura 12 que la menor eliminación de turbidez se produce en el primer tratamiento con un 84,70 % de remoción, ya que estábamos trabajando con niveles bajos (2000 ppm en 20 minutos). De igual forma, el cuarto tratamiento a 3000 ppm y 25 min de floculación produce la mejor remoción de turbidez, logrando un 90.94% de remoción (de 35,1 NTU a 3,18 NTU), valor superior al logrado por Arias (2017), don utilizó semillas de *M. oleífera* como coagulante natural y donde pudo disminuir el 86,7 % de la turbidez.



Figura 13: Remoción de SST a una concentración de 2000 ppm y 3000 ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos

La Figura 13 muestra que la mayor eliminación de sólidos suspendidos totales (SST) se produjo en el cuarto tratamiento, que eliminó el 87,39 % de SST (de 29,34 mg/L a 3,7 mg/L) a 3000 ppm de Aloe vera con un tiempo de floculación de 25 minutos.

Adicionalmente, se puede observar en la Figura 13 que el primer y segundo tratamiento eliminaron el 83.57% y el 83.98% (29,34 mg/L a 4,82 mg/L y 4,70 mg/L) del total de sustancias sólidas suspendidas, observándose que la diferencia es muy pequeña; de igual forma, el primer tratamiento presentó la menor remoción de sólidos suspendidos totales, logrando una remoción del 83.57% (29,34 mg/L a 4,82 mg/L).



Figura 14: Remoción de DBO₅ a una concentración de 2000 ppm y 3000 ppm para un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos

En la Figura 14 se puede observar que el T1 a una concentración de 2000 ppm de Gel de Aloe Vera y un tiempo de floculación de 20 minutos eliminó el 46,43% de DBO₅ (de 28,56 mg/L a 15,3 mg/L) y también en T3, que se realizó con la misma concentración y un tiempo de floculación de 25 minutos, se elimina el 55,08% (de 28,56 mg/L a 12,83 mg/L); Estos son los valores más bajos de los cuatro tratamientos.

En la Figura 14 también se puede observar que a una concentración de 3000 ppm de gel de Aloe Vera en un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos se elimina el 75,11% y el 75,63% de DBO₅ respectivamente (de 28,56 mg/L a 7,11 mg/L y 6,96 mg/L), que son los mejores tratamientos para una mejor remoción de DBO₅.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el transcurso de la elaboración de tesis, se presentaron algunas **limitaciones** que no se pudieron evitar como el acceso a la información ya que no se cuenta con muchos estudios relacionados con el Aloe vera como floculante natural, acceso al proceso del test de jarras ya que la UPN cuenta con este ensayo pero solo determina la turbidez y para realizar un adecuado estudio sobre la calidad de agua, se requieren más criterios a determinar cómo SST y DBO y eventos climatológicos que interrumpieron el muestreo.

Por otro lado, al realizar algunas investigaciones, se encontró que Arias (2014) en un estudio realizado sobre “Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros”, llegó a reducir un 91,84 % de SST al emplear 300 mg/L de quitosán con 20 mg/L de alginato de sodio, estudio bastante efectivo tratándose de un tratamiento de aguas residuales en comparación con los resultados de esta investigación siendo el tratamiento de aguas superficiales y valores cercanos a los resultados de Arias (2014).

Según el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM-Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua nos hace referencia a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) que, para aguas de categoría III no debe ser mayor a 15 mg/L y comparando los resultados obtenidos, tenemos 6,96 mg/L que estaría en rango permisible, por lo que luego del proceso de floculación se podría realizar una potabilización por desinfección para poder ser usada para agua potable.

Este DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, también nos describe las aguas de Categoría I en cuanto a valores de Turbidez con valor máximo de 5NTU para Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, en mi investigación

obtenemos un valor de 3.18 NTU por lo que luego del proceso de floculación se podría realizar una potabilización por desinfección para para poder ser usada para agua potable.

Se demuestra la hipótesis que el uso del Aloe vera (sábila) como floculante natural mejorará los parámetros de calidad de agua en un 80% del Río San Lucas, ya que los resultados obtenidos están sobre este porcentaje en cuanto a la reducción de turbidez (90,94%) y SST (97,39%) y en cuanto a la reducción de DBO (75,63%) es un valor alto en cuanto a la remoción de este parámetro.

Junto a las limitaciones que se encontraron en la elaboración de la tesis, también se ubicaron **implicancias** que se han tomado en cuenta y estas se las puede agrupar en:

- a) Informativas, se puede decir que hay mucha información concerniente al tema de floculación y calidad de agua, pero no existe muchas investigaciones sobre el tema de floculante natural para el *Aloe vera*, esta investigación nos permite conocer de manera real los efectos a nivel de laboratorio y se puede utilizar de información como base para futuras investigaciones.
- b) Académicas, ya que permite realizar la recolección y procesamiento de información sobre la mejora de calidad de agua con el uso de floculantes naturales; estableciendo una referencia a tener en cuenta para futuras investigaciones.
- c) Implicancias prácticas para las diferentes entidades, los resultados de la investigación permiten tener un porcentaje estimado en cuanto a la implementación del proceso para pequeños o grandes procesos de mejoras de calidad de agua.

Por todo lo descrito en los anteriores párrafos, se determinaron las siguientes conclusiones:

- La mejor eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) al igual que la turbidez se logró en el tratamiento cuatro de acuerdo a la Tabla 12, con una

remoción de SST de 87,39 % (desde 29,34 mg/L hasta 3,70 mg/L) y de una remoción de Turbidez de 90,94% (desde 35,1 NTU hasta 3,18 NTU) a una concentración de 3000 ppm y con un tiempo de tiempo 25 min de floculación.

- La mejor eficiencia de remoción de materia orgánica biodegradable mediante el análisis de DBO₅ se logró en el tratamiento dos y cuatro de acuerdo a la Tabla 12, en el que se empleó 3000 ppm de gel de Aloe vera para ambos tratamientos en un tiempo de floculación de 20 minutos y 25 minutos, con una remoción de 75,11% y 75,73% (desde 28,56 mg/L a 7,11 mg/L y 6,96 mg/L) y comparando los valores realizados por Pedro Palomino Avellaneda en su estudio Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón (2016) para categoría 3, los datos realizados en esta tesis, están por debajo del rango máximo permisible que es de 15 mg/L, por lo que el tratamiento es óptimo.
- La mejor eficiencia de remoción de turbidez se logró en el tratamiento cuatro a una concentración de 3000 ppm de gel de Aloe vera (Sábila) a un tiempo de floculación de 25 minutos, lográndose una remoción de 88,49% (desde 293 UTN hasta 33,71 UTN).
- Al comparar los resultados de las aguas del río San Lucas sector Urubamba obtenidos después del tratamiento con gel de Aloe vera (Sábila), con los valores establecidos para los parámetros de SST y DBO₅ según el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM (LMP para sólidos SST es 150 mg/L y de DBO₅ es 100 mg/L), se determinó que se encuentran por debajo de los LMP correspondientes.
- Los valores obtenidos en la remoción de turbidez superan el 80% previsto en la hipótesis planteada, por lo que el gel Aloe vera (Sábila) representa una alternativa

para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable en aguas
de río San Lucas.

Referencias

- Abirami, P., Devi, N., y Sharmila, S. (2010). Flocculant effect of *Aloe vera* L. in removing pollutants from raw and treated dye industry effluent. *Asian Journal of Environmental Science*, 5(1), 5-7
- Aldana, E. (2012). Uso del extracto de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural primario y ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. (tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
- Andía Cárdenas, Y., De Vargas, L., & Barrenechea Martel, A. (6 Abril 2000). Tratamiento de agua: coagulación-floculación. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. En SEDAPAL. Lima.
- Arias, A., Hernández, J., Castro, A., y Sánchez, N. (2017). Tratamiento de aguas residuales de un central de sacrificio: Uso del polvo de la semilla de *M. oleífera* como coagulante natural. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 1, 29-39
- Babora, R., Freire, R. y Oliveira, W. (2014). Remoción de turbidez de agua usando aloe vera como coagulante natural. *Forum Ambiental*, 10(12), 1-11
- Bravo, M, y Gutiérrez, J. (2016). Remoción de solidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del rio Pollo en Otuzco empleando semillas de *Caesalpinia spinosa* (Tara). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Briones, V. M. (2018). Análisis comparativo de la disminución de la turbidez en el proceso de la floculación utilizando un floculante comercial y la paleta de tuna. Cajamarca.

- Caldera, Y.; Mendoza, I.; Briceño, L.; Fuentes, L. (2007). "Eficiencia de las semillas de Moringa oleifera como coagulante alternativo en la potabilización del agua". Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 41(2).
- Camacho, N. C. (16 de Junio de 2011). Revistas. Obtenido de Ulima: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208
- Cárdenas, I. Y. (2000). Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico. TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN. Lima: SEDAPAL.
- Cogollo, J. (2010). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del Hidroxicloruro de aluminio. DYNA, 78(165), 18-27.
- Cayatopa, L., & Rodríguez, K. (2011). Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y semillas de Moringa Oleífera como coagulante para el tratamiento de aguas del Río Santa. Trujillo: Tesis.
- Domínguez, R., Arzate, I., Chanoma, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderón, G., . . . Gutierrez, G. (11 de 2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Revista mexicana de Ingeniería química, 1-4. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003
- Fabián, D. (2010). Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa. (Tesis doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Palmas de Gran Canaria.
- Gómez, N. (2005). Remoción de materia orgánica por coagulación- floculación. (tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Colombia.

- Gon, H. (2008). Study on the Natural Macromolecular Flocculant of Aloe. (Tesis de maestría). Universidad de Nanjing.
- González Acebo, D., & Hernández García, A. (2013). Los métodos Turbidimétricos y sus aplicaciones en las ciencias de la vida. En Ciencias Biológicas (pág. 44 (1)). CINEC.
- INDECI, I. N. (2005). PROYECTO INDECI – PNUD PER/02/051 . Cajamarca.
- La Corte, V. (2006). Modelado y Simulación del Proceso de Potabilización del Agua.
- Kopitko, M., Rueda., y Rincón, Y. (2014). Application of Natural Product (Aloe Vera) in Coagulation-Flocculation Procedures, for Water Treatability Study. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), 3(3),444-456
- Martinez, J, & Gonzales, L. (2012). Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias D. T. y C.
- Muñoz Camacho, E., & Grau Ríos, M. (2013). Ingeniería Química-Universidad Nacional de Educación a distancia. Madrid: UNED.
- Nougbo, A., Sessou, P., Alassane, A., Youssao, K., Agbangnan, P., Mama, D., y Sohounhloue, C. (2015). Evaluation of Aloe vera leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity removal Trials of water by Coagulation flocculation. Research Journal of Recent Sciences, 5(1). 9-15
- Puentes, N. (2005). Remoción de Materia orgánica por Coagulación-Floculación.

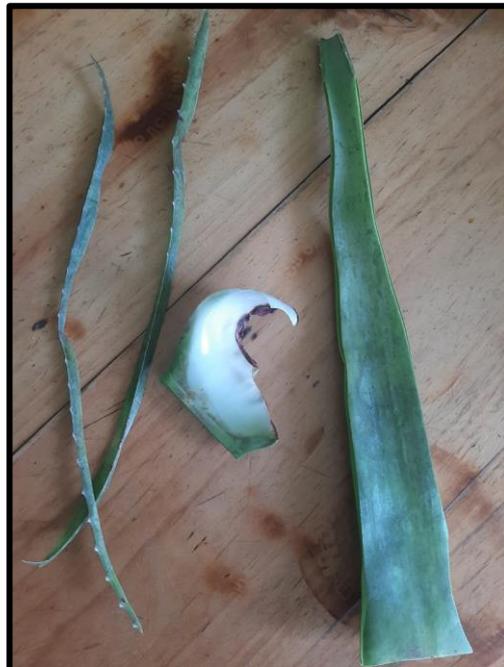
- Stauber, J. L., Florence, T. M., Davies, C. M., Adams, M. S., & Buchanan, S. J. (Noviembre, 1999). En Bioavailability of Al in Alum-Treated Drinking Water (págs. 91(11), 84-93). Journal-American Water Works Association.
- Tech, M. (2017). Use of Aloe Vera as Coagulant aid in Turbidity Removal. International Journal of Engineering Research and Technology, 10(1), 314-317.
- Vargas, M y Romero, L. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. Tecnología en Marcha, 19(4), 37-41
- Veintimilla Acosta, M. V. (2015). Caracterización de aguas residuales domésticas generadas en la parroquia Tachina del cantón Esmeraldas. (Doctoral dissertation).
- Zamudio, J., Reinel, J., Ibarra, D., Solaque, O., Cafiero, A., y Garzón, E. (2015). Desarrollo de un floculante natural para el tratamiento de aguas superficiales en hogares del sector rural del municipio de Fusagasugá. Tecnología y productividad, 1(1), 71-83.

Anexos

ANEXO 1: MATERIA PRIMA ALOE VERA (SÁBILA)



ANEXO 2: CORTADO DEL EXOCARPIO O PROTECCIÓN DE PULPA



ANEXO 3: RETIRO DE LA PULPA



ANEXO 4: PREPARACIÓN DE GEL FLOCULANTE



ANEXO 5: SECADO DE GEL FLOCULANTE



ANEXO 6: SECADO DE FLOCULANTE



ANEXO 7: RECOJO DE GEL FLOCULANTE SECO



ANEXO 8: MOLIENDA DE GEL FLOCULANTE SECO



ANEXO 9: RECOJO DE GEL FLOCULANTE PARA TAMIZADO



ANEXO 10: MUESTREO EN EL RÍO SAN LUCAS



ANEXO 11: UBICACIÓN

ANEXO 12: Operacionalidad de Variables

Operacionalidad de Variables

Variable	Variable/ criterios	Unidades	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Dependiente Calidad de Agua	Turbidez	mg/L	Es la medida del grado de transparencia aparente del agua	La calidad de agua se determinará mediante los ensayos físico, químicos y microbiológicos que se realizará en el laboratorio NKAP.	0 NTU – 1500 NTU
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	Es la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio		0 – 150 mg/L Ramírez y Viña (1998)
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	%	Mide la cantidad de oxígeno consumido por organismos unicelulares como bacterias		Pura: 2- 20mg/L Poco Cont: 20 – 100mg/L Mediana Cont: 100 – 500mg/L Muy Cont: 500-3000mg/L
Independiente	Concentración de floculante	mg/L	Relación de la masa del agente activo por volumen de solución	El floculante natural se medirá de acuerdo a la concentración de ppm por volumen de agua	Variable, según Muyibi y Evison (1995)
	Tiempo de Floculación	min	Tiempo en que demora la suspensión de sólidos		

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V. Independiente
¿Cuál es la influencia del <i>Aloe Vera</i> (sábila) como floculante natural en la calidad del agua del Río San Lucas, Cajamarca 2023?	Determinar la influencia del Aloe vera (sábila) como floculante natural en la calidad del agua del río San Lucas, Cajamarca 2023	El uso del Aloe vera (sábila) como floculante natural mejorará los parámetros de calidad de agua en un 80% del Río San Lucas.	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de Floculante • Tiempo de Floculación
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V. Dependiente
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la calidad del agua en la fuente superficial del Río San Lucas? • ¿Cuál es el proceso de extracción del floculante de Aloe vera (sábila) para la calidad del agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023? • ¿Cuál es la dosis optima del floculante natural Aloe vera (sábila) para la calidad de agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023? • ¿Cuál es el tiempo de floculación y velocidad de agitación eficiente para la calidad de agua en la fuente superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la calidad del agua del río San Lucas sector Urubamba. • Realizar el proceso de extracción de gel Aloe Vera para determinar las concentraciones requeridas. • Calcular la concentración del floculante Aloe Vera (Sábila) para un volumen establecido, mediante el método de Muyibi y Evison. • Determinar el tiempo de floculación y velocidad de agitación eficientes de las muestras para mejorar la calidad de agua • Determinar la calidad del agua del río San Lucas después del proceso de floculación con floculante natural Aloe Vera. 	<p>El método de extracción de gel no afecta los resultados de floculación.</p> <p>El aumento de velocidad de agitación favorece la calidad de agua superficial del Río San Lucas</p> <p>El incremento del tiempo de floculación favorece la calidad de agua superficial del Río San Lucas</p> <p>El método realizado es favorable en un 80% sobre la calidad de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de Agua SST DBO5 Turbidez

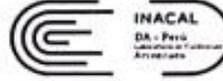
-
- ¿Cuál es es la calidad de agua luego del proceso de floculación en el agua superficial del Río San Lucas, Cajamarca 2023?
-

ANEXO 13: Matriz de Consistencia

ANEXO 14: ENSAYO DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE
 ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO
 N° LEY 026



INFORME DE ENSAYO
 T-786-I245-ECAY

Pág. 01 de 04

CLIENTE : Influencia del Aloe Vera (sábila) como floculante natural para la calidad de agua en el río San Lucas en el proceso de floculación, distrito Cajamarca, Provincia Cajamarca-

MÉTODO DE ENSAYO : Físico-Químico, Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua de Río

PRESENTACIÓN DE LOS ITEMS DE ENSAYO : Cooler con Envases de plástico y Vidrio

MUESTREO : Muestras tomadas por el solicitante/cliente

LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN : Trujillo, 13 de Setiembre de 2023
 Hora: 14:30

LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 13 de Setiembre de 2023

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A. D. 23rd Ed. 2017	<1.57 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 A. J. D. 23rd Ed. 2017 (M. 2018)	<2.0 mg/L

Fecha de Emisión

Jefe Administrativo

Jefe de Laboratorio de Química

28/09/2023

Christian Moran Rodriguez

Edsly Neira Jaco

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDIENTE A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA UN ÍTEM DE ENSAYO RECIBIDOS PROPORCIONA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN EL PERMISO DE NKAP S.R.L.

- > Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- > Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del ensayo analizado por un tiempo de 5 días después de emitido el informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo requerimiento expreso del cliente solicitante
- > Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

T-786-I245-ECAY



ANEXO 15: CONCENTRACIONES



INFORME DE ENSAYO
T-786-1237-ECAY



Pág. 02 de 04

Código de Laboratorio			T-786-01	T-786-02
Código de Cliente			T1-01	T1-02
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	1000	2000
Turbidez	Turbidez	NTU	5.12	4.36

Código de Laboratorio			T-786-03	T-786-04
Código de Cliente			T1-03	T1-04
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	3000	4000
Turbidez	Turbidez	NTU	3.22	4.94

Código de Laboratorio			T-786-05	T-786-06
Código de Cliente			T1-05	T1-06
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	09:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	5000	6000
Turbidez	Turbidez	NTU	5.32	5.92

T-786-1245-ECAY

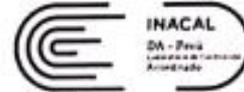




ANEXO 16: MUESTRAS CON 3000PPM DE CONCENTRACIÓN



INFORME DE ENSAYO
T-786-I245-ECAY



Pág. 03 de 04

Código de Laboratorio			T-786-0A	T-786-0B
Código de Cliente			T2-07	T2-08
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	3000	3000
Turbidez	Turbidez	NTU	5.63	5.26

Código de Laboratorio			T-786-0C	T-786-0D
Código de Cliente			T2-09	T2-10
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	3000	3000
Turbidez	Turbidez	NTU	4.95	4.42

Código de Laboratorio			T-786-0E	T-786-0F
Código de Cliente			T3-11	T2-12
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de río
Fecha de Muestreo			14/09/2023	14/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	09:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Concentración	Conc.	ppm	3000	3000
Turbidez	Turbidez	NTU	4.95	5.72

T-786-I245-ECAY



ANEXO 17: RESULTADO MATRIZ



INFORME DE ENSAYO
T-786-1245-ECAY



Pág. 04 de 04

Código de Laboratorio			T-786-00	T-786-07
Código de Cliente			M3-VIDRIO	T3-13
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			19/09/2023	19/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	29.34	4.82
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/L	28.56	15.3
Turbidez	Turbidez	NTU	35.1	5.37

Código de Laboratorio			T-786-08	T-786-09
Código de Cliente			T3-14	T3-15
Item de Ensayo			Agua de río	Agua de Río
Fecha de Muestreo			19/09/2023	19/09/2023
Hora de Muestreo			09:00	12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	4.7	4.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/L	7.11	12.83
Turbidez	Turbidez	NTU	5.08	4.63

Código de Laboratorio			T-786-10
Código de Cliente			T3-16
Item de Ensayo			Agua de río
Fecha de Muestreo			19/09/2023
Hora de Muestreo			09:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	3.7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/L	6.96
Turbidez	Turbidez	NTU	3.18

T-786-1245-ECAY



ANEXO 18: DS-004-2017-MINAM

10	NORMAS LEGALES Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
<p>Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias</p> <p>DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM</p> <p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p>CONSIDERANDO:</p> <p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p> <p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;</p> <p>Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p> <p>Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los cuales serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, en virtud de lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p> <p>Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;</p> <p>Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;</p> <p>Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normalidad vigente que regula los ECA para agua;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,</p>	<p>publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p> <p>DECRETA:</p> <p>Artículo 1.- Objeto de la norma</p> <p>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.</p> <p>Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</p> <p>Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.</p> <p>Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</p> <p>Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:</p> <p>3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional</p> <p>a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</p> <p>Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente. - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente. - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente. <p>b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación</p> <p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la sierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.</p>

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (u)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

14		NORMAS LEGALES			Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
Níquel	mg/L	0,07	**	**	
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	
Zinc	mg/L	3	5	5	
ORGÁNICOS					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₇ - C ₂₆)	mg/L	0,01	0,2	1,0	
Trihalometanos (a)		1,0	1,0	1,0	
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**	
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**	
Dibromodimetano	mg/L	0,1	**	**	
Bromodimetano	mg/L	0,05	**	**	
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES					
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**	
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**	
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**	
1,2-Diclorobenceno	mg/L	1	**	**	
Hexafluorobutadieno	mg/L	0,0005	0,0005	**	
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**	
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**	
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**	
BTEX					
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**	
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**	
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**	
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**	
Hidrocarburos Aromáticos					
Benzopireno	mg/L	0,0007	0,0007	**	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	
Organoclorados					
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**	
Organoclorados					
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**	
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**	
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**	
Endrin	mg/L	0,0005	0,0005	**	
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**	
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**	
Cabamato					
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**	
II. CIANOTOXINAS					
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**	
III. BIFENILOS POLICLORADOS					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000	
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**	
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**	
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁴	<5x10 ⁴	

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{ECA_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{ECA_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{ECA_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{ECA_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- 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.

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 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	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	**
Niquel	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
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	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.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ -) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0006
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃-).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- 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.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,745	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(**)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Asésico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGÁNICOS

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

PLAGUICIDAS

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

Organoclorados

Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,005	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

Carbamato

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- 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.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Ársénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobalto	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformos Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- 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.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	2,50	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH_3 -N), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.