

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de riesgos

TESIS

**EFECTO DE LA CAL SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES
DEL AGUA DEL RÍO CHONTA EN LOS BAÑOS DEL INCA,
CAJAMARCA 2022**

Br:

**Elvis Geiner Guevara Hernández
Héctor Clemente Pompa Mosquera**

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca-Perú

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFECTO DE LA CAL SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES
DEL AGUA DEL RÍO CHONTA EN LOS BAÑOS DEL INCA,
CAJAMARCA 2022**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevencionista de Riesgos

Bach.

Elvis Geiner Guevara Hernández

Héctor Clemente Pompa Mosquera

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by

(Nombre del Bachiller)

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**EFFECTO DE LA CAL SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES
DEL AGUA DEL RÍO CHONTA EN LOS BAÑOS DEL INCA,
CAJAMARCA 2022**

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por su calidad de excelencia docente, que desde el inicio de nuestra carrera nos inculcaron mucho amor por nuestra profesión, nos ayudarnos a desarrollar nuestras habilidades poco a poco mediante su continua enseñanza; dedicada a nuestros padres y familiares que nos brindaron su apoyo siempre en cada paso que dimos a lo largo de estos años de vida universitaria, por habernos instruido el interés por un buen futuro y ser mejores personas cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por cada día de nuestras vidas, por darnos la inteligencia y oportunidad de llegar a realizar nuestra tesis. A nuestros padres por el apoyo incondicional en todo el transcurso de nuestra carrera y por haber forjado en nosotras buenos valores para desarrollarnos como excelentes personas. A nuestra familia, que nos han brindado su apoyo económico y moral, lo cual nos ha servido de mucho y siempre hemos valorado.

A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por su excelente calidad en docencia y habernos guiado en cada paso durante el tiempo de estudios en nuestra carrera profesional.

Así mismo; agradecemos a nuestro asesor de tesis Dr. Persi Vera Zelada, por su apoyo y sus sugerencias recibidas durante el transcurso del desarrollo de nuestra tesis.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar los efectos de la cal sobre la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, con la finalidad de analizar si cumple con los requisitos de calidad de agua para riego y bebida de animales, establecidos en los ECAS, aprobados por los D.S. N° D.S. 004-2017-MINAM, categoría 3.

Según la metodología, la presente investigación es cuasiexperimental, con diseño transversal, pues se tendrá el control premeditado de la variable independiente y el estudio se realizará con la muestra obtenida en un momento determinado.

La contratación de la hipótesis mediante la prueba T Student para muestras relacionadas, determinó qué si se logró la reducción de la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022 al ser tratadas con cal ($t > t_{(1-\alpha);(n-1)}$); ($21.82 > 2.01$), lo que nos permite rechazar la H_0 y se confirma esta premisa $p - valor < \alpha$ ($0.000 < 0.05$).

Palabras claves: nutrientes, cal.

ABSTRACT

The present investigation has as main objective to determine the effects of lime on the concentration of nutrients (nitrates and phosphates) in the water of the Chonta river in Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, in order to analyze if it meets the quality requirements. of water for irrigation and drinking of animals, established in the ECAS, approved by the D.S. S.D. No. 004-2017-MINAM, category 3.

According to the methodology, this research is quasi-experimental, with a cross-sectional design, since there will be premeditated control of the independent variable and the study will be carried out with the sample obtained at a certain time.

The contracting of the hypothesis through the T Student test for related samples, determined that the reduction of the concentration of nutrients in the water of the Chonta river in Los Baños del Inca, Cajamarca 2022 was achieved when treated with lime ($t > t_{(1-\alpha);(n-1)}$); ($21.82 > 2.01$), which allows us to reject H_0 and confirms this premise $p - valor < \alpha$ ($0.000 < 0.05$).

Keywords: nutrients, lime

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3. OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. JUSTIFICACIÓN	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	16
2.2. BASES TEÓRICAS	21
2.2.1. <i>Agua</i>	21
2.2.2. <i>Aguas residuales</i>	21
2.2.3. <i>Tratamiento de las aguas residuales</i>	22
2.2.4. <i>Decreto supremo 004-2017-MINAM</i>	23

	10
2.2.5. <i>Estándares de calidad ambiental (ECAS)</i>	23
2.3. DISCUSIÓN TEÓRICA	23
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	24
2.5. HIPÓTESIS	25
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	27
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	27
3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA	27
3.1.1. <i>Unidad de Análisis</i>	27
3.1.2. <i>Universo</i>	27
3.1.3. <i>Muestra</i>	27
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	27
3.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	28
3.4. INSTRUMENTOS.....	29
3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. PARÁMETROS: FÓSFORO Y NITRÓGENO	30
4.2. DISCUSIÓN	37
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
CONCLUSIONES:.....	41
RECOMENDACIONES:.....	42
REFERENCIAS	43
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	26
TABLA 2 CONCENTRACIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	31
TABLA 3 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LOS NUTRIENTES	33
TABLA 4 RESUMEN DE DESCRIPTIVOS DE MUESTRAS ANALIZADAS	33
TABLA 5 PRUEBA DE NORMALIDAD.....	34
TABLA 6 DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 CONCENTRACIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.....	32
--	----

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

El agua como recurso natural renovable y agotable es la de los sistemas biológicos de todos los ecosistemas, sin embargo, por la contaminación de las diferentes fuentes de agua se pone en riesgo la salud ambiental y también la salud pública. La contaminación por nitratos y fosfatos debido al uso de fertilizantes es un problema cada vez más creciente debido a las actividades agrícolas cada vez más dependientes de los fertilizantes.

Uno de los problemas ambientales más preocupantes de la actualidad lo constituye sin duda la degradación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Ello deriva fundamentalmente del incremento de la demanda de agua para diversos usos, que en su retorno al medio natural y como consecuencia de la actividad humana se aumenta su carga contaminante.

La UNESCO (2015), expresa que a nivel mundial la contaminación del agua viene siendo un problema principal por la alta concentración de fósforo total y nitrógeno total, generando la eutrofización en lagos y lagunas. Esta problemática se incrementó desde 1990 en adelante debido al crecimiento demográfico en 1% anual aproximadamente.

Los fertilizantes usados en agricultura añaden, entre otros elementos, fósforo y nitrógeno, los cuales favorecen la proliferación de algas en aguas superficiales. Abonos, insecticidas, pesticidas y otros suponen riesgo para las aguas superficiales y subterráneas. La agricultura en sí misma afecta a la calidad de las aguas subterráneas y ríos por simple concentración de sales y por alteración de los procesos en el suelo pudiendo originar un aumento en la concentración de nitratos (Vásquez, 2009).

Uno de los más famosos casos de contaminación del agua involucra un exceso de entrada de ion fosfato, el ion fosfato suele operar como nutriente limitante del crecimiento de algas a mayor entrada de ion ocurre una hiperfertilización. Esta problemática refleja que el fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos (Díaz, 2014).

Se estima que por lo menos el 85 % del fósforo vertido y aportado al medio ambiente procede de la red de colectores de las ARU, suponiendo un nivel de vida adecuado con instalaciones sanitarias completas. Esta fracción proviene de los desechos humanos y de los detergentes. La agricultura es la causante del 15% restante, siendo su influencia relativamente pequeña, debido a que, al contrario que en el caso de los nitratos, el fósforo se absorbe y se almacena bien en el suelo (Ronzano & Dapena, 2023).

El agua del río Chonta en el distrito de Los Baños del Inca no es la excepción de estos procesos de contaminación con nutrientes, razón por la

cual en la presente investigación se busca una alternativa de tratamiento eficiente con solución de cal.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la cal sobre la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de la cal sobre la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022

Objetivos específicos

- Detectar la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, antes del tratamiento con cal.
- Detectar la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, después del tratamiento con cal.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos de la concentración de nutrientes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica por el riesgo que significa el incremento de nutrientes al agua del río Chonta en el distrito de Los Baños del Inca, por las descargas constantes de las aguas residuales domésticas y por las actividades agrícolas desarrolladas en el antes mencionado distrito, los fertilizantes son ricos en compuestos nitrogenados y fosforados, siendo lavados y arrastrados de la superficie por lluvias y escorrentías, que los conducen a cauces de ríos y de ahí a lagos o embalses favoreciendo su eutrofización.

Por otra parte, muchos de los biocidas utilizados en la agricultura presentan una alta toxicidad y persistencia, con alta capacidad de acumulación en los organismos vivos, lo que se traduciría en la pérdida de la calidad como para cumplir con lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3.

En la presente investigación se determinará los efectos que tiene la solución de cal sobre las concentraciones de los nutrientes y que permitan considerarlo como alternativa de tratamiento al proceso de contaminación de las aguas con nutrientes y la posterior eutrofización, lo que demuestra la pertinencia de la investigación realizada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos Teóricos de la Investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Quintero & Rodríguez (2020) Con el fin de encontrar una alternativa de tratamiento primario de las aguas residuales del café para optimizar el funcionamiento de los sistemas biológicos y el acondicionamiento del agua para tratamientos posteriores con productos químicos, se evaluaron procesos de neutralización y precipitación. Al agua residual se adicionaron tres tipos de cal (agrícola, dolomita y apagada), seleccionando aquella con la que se obtuvieran los menores valores de absorbancia y pH en los rangos requeridos para el tratamiento secundario. Para la cal seleccionada se evaluó la eficiencia en la remoción de carga orgánica, en términos de demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). Para las evaluaciones se utilizaron cinco dosis de cal y dos concentraciones de DQO (12500 y 25000 mg L⁻¹) del agua residual. Se encontró que la cal apagada (hidróxido de calcio) fue la más apropiada para realizar el tratamiento primario a las aguas residuales del café, con los menores valores de absorbancia (entre 0.392 y 1.089), así como valores de pH en el agua pretratada entre 5.6 y 12.0. Adicionalmente, con la cal apagada se lograron porcentajes de remoción en la carga orgánica contaminante, expresada como DQO, cercanos al 50% y de SST superiores al 75%. Las mejores dosis para el tratamiento primario con cal apagada, a las condiciones evaluadas, fueron: 2.60 g de cal por litro de agua residual con DQO de 12500 mg L⁻¹ y 4.63 g de cal por litro de agua residual con DQO de 25000 mg L⁻¹.

Mohse & Aboozar (2018) En su investigación sobre tratamiento de aguas residuales aceitosas sintéticas por coagulación - proceso híbrido MF utilización de membranas cerámicas de mullita – alúmina, cuyo objetivo fue investigar los efectos de la coagulación en línea sobre el flujo de permeación en el manejo de aguas servidas aceitosas sintéticas, con un diseño experimental, se prepararon muestras agregando los agentes coagulantes: Cloruro Ferroso, Sulfato Ferroso, Cloruro de Aluminio, Sulfato de aluminio e Hidróxido de Cal, mezclándolos a 100 rpm durante 5 minutos, finalizando con una mezcla de 20 rpm durante 30 minutos. Obteniéndose mejores resultados en la coagulación híbrida de cloruro ferroso con cal apagada, aumentando el FP en 79.64%, por lo que este proceso de coagulación es económico, y recomendable en el tratamiento de aguas.

Hernández (2013) En su investigación trata la clarificación de agua del arroyo el Hueleque de la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, mediante la cal, sulfato de aluminio e hidroxiclورو de aluminio; los dos primeros son los más usuales para el tratamiento de aguas residuales y hasta la fecha se siguen utilizando en las plantas de tratamiento y el segundo es una nueva generación de clarificantes poliméricos; se determinaron parámetros como: pH, temperatura, turbidez, salinidad, sólidos disueltos totales, conductividad, además del oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes fecales. Para el CaO como coagulante se pudo observar que la menor turbidez fue a una concentración de 3000 ppm y la clarificación aún no es total, el valor registrado es de 9.31 NTU, con un pH de 9.61, temperatura de 26 °C, conductividad de 562 $\mu\text{S cm}^{-1}$,

salinidad de 0.3%, sólidos disueltos totales de 272 ppm. El $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ la concentración óptima sobre el agua residual es de 400 ppm, con un pH de 6.99, temperatura de 26 °C, conductividad de $874 \mu\text{S cm}^{-1}$, salinidad de 0.4%, sólidos disueltos totales de 456 ppm, OD de 1.82 ppm, DBO_5 de 15 ppm, DQO de 33 ppm, 9000 UFC/100 mL de coliformes totales, lo cual demuestra que es un proceso caro. La concentración de floculación con el $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ es muy pequeña (1 ppm), muy eficaz y eficiente, ya que logró remover toda la materia presente en el agua residual obteniéndose una turbidez de 0 NTU en menor tiempo, con pH de 7.24, temperatura de 26 °C, conductividad de $958 \mu\text{S cm}^{-1}$, salinidad de 0.5%, sólidos disueltos totales de 456 ppm, OD de 2.22 ppm, DBO_5 de 8 ppm, DQO de 18 ppm y 1800 UFC/100 ml de coliformes totales. El CaO presenta muy baja actividad floculante, con una cantidad muy elevada del mismo. En el caso del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, se pudo observar que su actividad floculante es buena, sin embargo, se requieren de cantidades elevadas. Para el $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mostró tener una actividad floculante muy buena debido a que las cantidades óptimas para su tratamiento son muy bajas.

Cajjas, Pérez, & Torres (2005) Determinaron que las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca se caracterizan por ser un residuo acidificado con alta carga contaminante, los resultados obtenidos en la operación de un filtro anaerobio a escala de laboratorio empleando dos productos: Cal Hidratada y Bicarbonato de Sodio. Las máximas eficiencias de remoción de DQO ocurrieron en los periodos en que se empleó Bicarbonato de Sodio, el cual garantizó la capacidad buffer necesaria para neutralizar los AGV. El índice AI/AP se mostró bastante sensible por lo que se recomienda como un excelente indicador para el control del proceso anaerobio.

En las fases de operación del reactor en las que se empleó Cal Hidratada como alcalinizante, se observó que este producto permitió mejorar los niveles de pH en el afluente pero no generó la suficiente alcalinidad bicarbonática que garantizara capacidad buffer en el sistema, a diferencia del Bicarbonato de Sodio el cual, además de corregir el pH aportó la alcalinidad bicarbonática necesaria para garantizar la estabilidad del pH en el reactor.

Huanca, Flores, & Callata (2020) En su investigación sobre la remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del lago Titicaca de Puno, concluyó que la cal artesanal en los seis tratamientos presentó un óptimo y mejor promedio de remoción de fósforo total (mg/L) indicando que la dosis óptima es 20 mg/L con una remoción promedio de 0.822mg/L a una concentración óptima de 1.5% con un valor promedio de remoción de 0.819 mg/L respecto al análisis inicial de 9 mg/L y resaltando que los datos medidos en el laboratorio y el ajuste realizado con los programas del Matlab y Minitab garantizan el buen ajuste realizado para un R2 óptimo al 100%.

Determinando de esta manera en el proceso experimental del tratamiento se llegó al objetivo establecido en base a las investigaciones realizadas y se garantiza la viabilidad de la investigación dado que el uso de cal artesanal favorece en la remoción de fósforo total.

Saavedra (2016) realizó un tratamiento con Cal artesanal y Alumbre andino "Collpa" para determinar la remover los parámetros físico-químicos del agua residual. A través del método de floculación, coagulación y sedimentación, con el floculante (CaO) al 50% de pureza, a dosis de 400(mg/L), para un pH10, en un tiempo de reposo de 24 minutos para su

sedimentación respectiva. La Cal artesanal logró la remoción de (P) el 74.69%, DQO el 91.13%, SST el 84.16%, Turbidez el 83.63%, CE 66.66% y la remoción con el coagulante “Collpa” al 49% de pureza se logró la remoción de (P) el 72.49%, DQO el 91.30%, SST el 82.50%, turbidez el 80%, CE 66.66%. La concentración óptima fue de 400(mg/L), pH 5.3 y tiempo de sedimentación de 24 minutos. Se evidencia una mínima diferencia de mayor remoción de los parámetros físico-químicos utilizando el coagulante Cal.

Sánchez (2016) en su investigación cuyo objetivo general fue evaluar la capacidad de los floculantes Cal artesanal y Alumbre andino “kollpa” para la remoción del nutriente fósforo total en aguas residuales homogenizadas, por el método de la floculación y sedimentación de flujo ascendente Batch y establecer el isoterma de mejor ajuste para el proceso de tratamiento físico-químico propuesto. El método de floculación y sedimentación de flujo ascendente se desarrolló utilizando el floculante cal artesanal (CaO) del 50% de pureza como óxido de calcio en una concentración de 400(mg/L) a un pH de 10, para un tiempo de residencia de 24 minutos para su floculación y sedimentación respectiva; de igual manera se utilizó el floculante Alumbre andino “kollpa” $Al_2(SO_4).3H_2O$ del 49% de pureza como sulfato de aluminio, con una concentración de 400 (mg/L) a un pH de 7.3, para un tiempo de residencia de 11 minutos. Se obtuvo un porcentaje 74.69% de remoción de fósforo total con cal artesanal.

Coronel (2014) Producto de su investigación plantea que, en el tratamiento de aguas residuales y superficiales, la cal viva o hidratada es considerada como el químico natural más efectivo, ya que por su alta

alcalinidad ajusta el pH y neutraliza los ácidos presentes. Además, facilita la remoción y estabilización de los metales pesados gracias a la coagulación y floculación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agua

La vida de nuestro planeta tierra depende del agua que es uno de los recursos más preciados. Es un recurso primordial, restringida y con riesgos de agotarse, cuya disponibilidad se está convirtiendo en un número cada vez mayor de conflictos cruciales que conducen a modificaciones geopolíticas o modificaciones en la producción interna y las regulaciones de cambio en muchas naciones, ya que representa la cuantificación de sus reservas y el uso, abuso y contaminantes de ellos como resultado de actividades humanas.

2.2.2. Aguas residuales

La población de América Latina se encuentra concentrada en ciudades en más de un 80%. Sin embargo, la provisión de agua es insuficiente. Más aun, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reúso del agua debido a su contaminación. En Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En

todos los casos, la contaminación del agua pone a la Salud Pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Una preocupación es la contaminación del agua, que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por las consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares (Lirios, González, & Morales, 2015)

2.2.3. Tratamiento de las aguas residuales

Muchas industrias y negocios están sujetas a regulaciones y deben dar un pre-tratamiento a sus descargas para cumplir con las reglas federales o nacionales, estatales y locales, antes de disponer de ellas en las tuberías de drenaje municipales. Las plantas incorporadas que llevan a cabo el pre-tratamiento son también plantas de tratamiento de aguas residuales, pero el nivel de tratamiento que llevan a cabo varía enormemente dependiendo de la naturaleza de los contaminantes y de si la planta está soltando las aguas directamente hacia el medioambiente o no. Muchas de estas instalaciones industriales envían su flujo de descarga hacia una planta municipal para recibir un tratamiento final. (BELZONA, 2010, pág. 5)

Según Reynolds (2002) citado por (Larios, González, & Morales, 2015, pág. 13) refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son:

- Pre tratamiento - remoción física de objetos grandes.

- Deposición primaria - sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
- Tratamiento secundario - digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
- Tratamiento terciario - tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.

2.2.4. Decreto supremo 004-2017-MINAM

Establece los niveles de concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, los cuales no causan peligro significativo para la salud humana y el medio ambiente (MINAM, 2014)

2.2.5. Estándares de calidad ambiental (ECAS)

Los ECAS son el nivel de concentración de elementos o sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el aire, agua o suelo, los cuales no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente (MINAM, 2014).

2.3. Discusión teórica

En la presente investigación se determinará los efectos que tiene la cal sobre la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos); del agua del río Chonta en Los Baños del Inca – Cajamarca, 2022. Sin embargo, es pertinente que mencionar que de tener un efecto reductor de las concentraciones de los

nutrientes sería una alternativa para los problemas generados a causa de los nitratos y fosfatos.

El origen de los nutrientes en agua, son múltiples desde los detergentes de uso doméstico e industrial hasta los fertilizantes y algunos pesticidas usados en las actividades agrícolas, y que lamentablemente, son descargados en el río Chonta en la gran parte de su trayecto.

2.4. Definición de términos básicos

- **Agua servida o residual:** Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole. (OEFA, 2014, pág. 25)

- **Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas:** Aguas servidas o residuales procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria, en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas o a sus posibilidades de uso. (OEFA, 2014, p. 25)

- **Coagulación:** La coagulación puede entenderse como la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancias químicas que son los coagulantes. Esta operación se efectúa en unidades y tanques de mezcla rápida, en los cuales el agua se somete a agitación muy intensa

para formar una solución homogénea de los coagulantes con el agua en el menor tiempo posible.

- **Coagulante:** Compuesto que provoca o acelera la coagulación de un líquido.

- **Floculación:** La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes o coagulantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

- **Sedimentación:** Es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalses, canal artificial u otros tipos de caudal. (Pérez, 2005 citado por (Vera & Zambrano, 2019)

- **Turbidez:** Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en un líquido. Se mide a través de absorbancia mediante un equipo conocido como turbidímetro, y sus unidades se expresan en NTU (unidades nefelométricas de turbidez).

2.5. Hipótesis

Hi: La cal reduce la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022

Ho: La cal no reduce la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

2.6. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
Dependiente			
Concentración de nutrientes	Valores de los parámetros nitrógeno y fósforo en agua	Concentración de nitratos y fosfatos en mg/L	Guía de ensayo de laboratorio
Dependiente			
Solución de cal	Cal disuelta en agua	Concentración de cal en mg/L	Guía de ensayo de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Estrategias Metodológicas

3.1. Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1. Unidad de Análisis

Efecto de la cal sobre la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

3.1.2. Universo

La cal y su efecto sobre los nutrientes en agua.

3.1.3. Muestra

Volumen necesario de agua del río Chonta, para evaluar el efecto de la cal sobre la concentración de nutrientes en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

3.2. Métodos de investigación

Según la metodología, la presente investigación es cuasiexperimental (pues no se tiene el control sobre todas las variables), con diseño transversal, pues se tendrá el control premeditado de la variable independiente y el estudio se realizará con la muestra obtenida en un momento determinado.

El esquema propuesto es el siguiente:

M - O1 - X - O2

Donde:

M = Representaría el objeto de estudio, es decir, el agua del río Chonta con concentración de nutrientes en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

O1 = Se refiere a la medición de los parámetros nitratos y fosfatos, antes del proceso de tratamiento.

X = Tratamiento (solución de cal).

O2 = Se refiere a la medición de los parámetros nitratos y fosfatos, después del proceso de tratamiento.

3.3. Técnicas de investigación

- Reconocimiento del lugar de muestreo.
- Toma de muestras y rotulado.
- Almacenamiento, conservación y transporte de muestras.
- Comparación entre los resultados de cada ensayo, con los ECA – Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 1.

Lo que se puede expresar en el siguiente procedimiento:

- Se recolectó 20 L de agua del río Chonta, y previo enjuague (3 veces).
- Se extrajo 4 L de la muestra recolectada (3 enjuagues) en un balde de 4 L.
- Se extrajo 180 mL de muestra para el análisis en laboratorio: Fosfatos y Nitratos; antes de agregar la cal.
- Se agregó 3g de Cal Viva, y se agitó por 5 minutos a una revolución de 100 RPM, para la disolución de la Cal.

- Luego, se dejó reposar por 30 minutos, y se procedió a tomar la muestra (180 mL) y trasladado al laboratorio para su análisis: Fosfatos y Nitratos.
- Las 2 réplicas siguieron el mismo procedimiento antes mencionado.

3.4. Instrumentos

- Depósitos de 4L y 20L
- Libreta
- Plumón indeleble
- GPS
- Cadena de custodia
- Cámara fotográfica
- Guantes

3.5. Técnicas de análisis de datos

En el estudio de datos se utilizará un enfoque cuantitativo para poder realizar el análisis de datos, y a su vez se usarán los datos brindados por los LMP establecidos en el D.S N° 004-2017-MINAM, ECAS-categoría 3, para poder realizar una comparación de resultados.

Por otro lado, el análisis estadístico para la contrastación de la hipótesis en la presente investigación se realizó mediante la prueba T Student para muestras relacionadas (pareadas), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de Resultados

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó las mediciones de las concentraciones de nutrientes (nitratos y fosfatos), en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2023. La misma que fue tratada con solución de cal (se agregó 3g de Cal Viva en 180 mL de muestra, y se agitó por 5 minutos a una revolución de 100 RPM); luego, se dejó reposar por 30 minutos, y se procedió a tomar la muestra (180 mL) y trasladado al laboratorio para su análisis: Fosfatos y Nitratos, para determinar el efecto de la solución de la cal sobre la concentración de los nutrientes (nitratos y fosfatos).

Posteriormente, con los datos obtenidos se realizó la comparación con lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3, es decir, para bebida de animales y riego de vegetales.

La contrastación de hipótesis se realizó mediante la prueba T Student para muestras relacionadas (pareadas), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

4.1. Parámetros: fósforo y nitrógeno

Los valores y resultados de las concentraciones de nitratos y fosfatos, tanto antes y después del tratamiento con la solución de cal, son los siguientes:

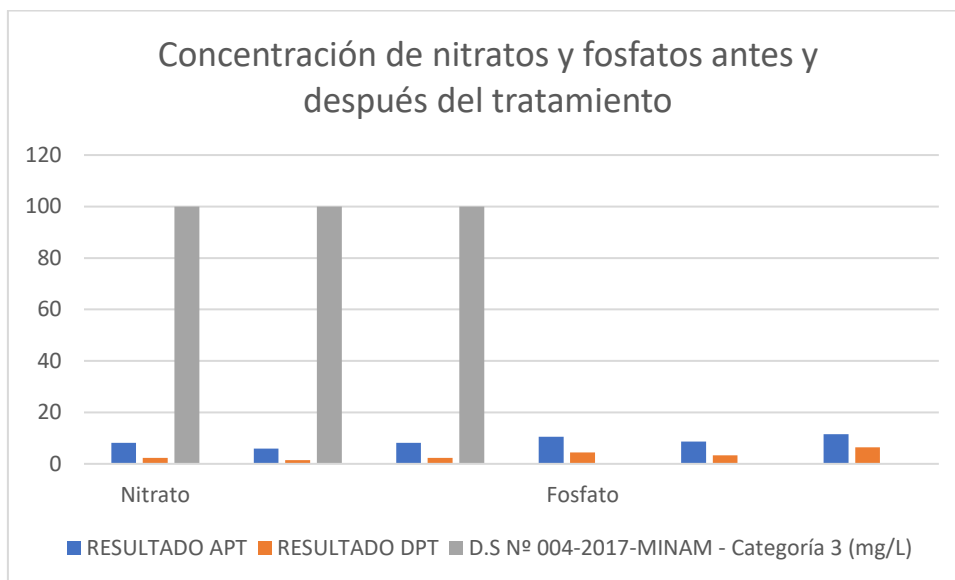
Tabla 2*Concentración de nitratos y fosfatos antes y después del tratamiento*

MUESTRA	MSP-001	RESULTADO		D.S N° 004- 2017-MINAM – Categoría 3 (mg/L)
HORA DE MUESTREO	09h a 11h			
PARÁMETRO	UNIDAD	APT	DPT	
Nitrato	mg/L	8.167	2.266	100
	mg/L	5.952	1.505	100
	mg/L	8.145	2.346	100
Fosfato	mg/L	10.539	4.489	0
	mg/L	8.616	3.357	0
	mg/L	11.561	6.470	0

En la tabla 2, se muestra los resultados de laboratorio obtenidos antes y después del tratamiento con la solución de cal, donde se evidencian los efectos de la cal sobre la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022. Además, de manera comparativa también se presentan los valores establecidos de las concentraciones máximas en el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3: bebida de animales y riegos de vegetales. Donde, claramente se puede apreciar que los valores de las concentraciones obtenidas en los ensayos realizados tanto antes y después del tratamiento con solución de cal, son menores que los valores establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3: bebida de animales y riegos de vegetales.

Figura 2

Concentración de nitratos y fosfatos antes y después del tratamiento



Con el propósito de presentar la información con mayor claridad, en la figura 1 se muestran los resultados presentados en la tabla 2, donde se nota con claridad que ninguna de las concentraciones de los nutrientes, antes y después del tratamiento con la solución de cal superan lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM categoría 3: bebida de animales y riegos de vegetales. También, se evidencian los efectos de la cal sobre la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

Análisis estadístico:

Tabla 3

Resultados de los análisis de los nutrientes

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DPT	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

La tabla 4 nos indica que los casos válidos son el 100% en el análisis de la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, indicando que no hubo datos perdidos.

Tabla 4

Resumen de descriptivos de muestras analizadas

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
	Media		3,4055	,74387
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1,4933	
		Límite superior	5,3177	
	Media recortada al 5%		3,3408	
	Mediana		2,8515	
DPT	Varianza		3,320	
	Desv. típ.		1,82211	
	Mínimo		1,51	
	Máximo		6,47	
	Rango		4,97	
	Amplitud intercuartil		2,91	

	Asimetría	1,017	,845
	Curtosis	,454	1,741
	Media	8,8288	,80814
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	6,7514 10,9062
	Media recortada al 5%	8,8369	
	Mediana	8,3915	
	Varianza	3,919	
APT	Desv. típ.	1,97953	
	Mínimo	5,95	
	Máximo	11,56	
	Rango	5,61	
	Amplitud intercuartil	3,19	
	Asimetría	,035	,845
	Curtosis	-,185	1,741

La tabla 4 presenta los datos del análisis estadístico descriptivo, de las concentraciones de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, antes y después del tratamiento con solución de cal; datos como la media, mediana, intervalo de confianza, varianza, desviación típica, etc.

Tabla 5

Prueba de normalidad.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
APT	,209	6	,200*	,951	6	,747
DPT	,220	6	,200	,919	6	,497

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 5 muestra que el grado de significancia (Sig.), es decir, el p valor es mayor que 0,05 ($p > 0,05$); lo que indica que siguen una distribución

normal (datos paramétricos), por lo tanto, se tiene que usar pruebas paramétricas para el correspondiente análisis estadístico, y por el número de muestras (< de 50) se considera la prueba de Shapiro - Wilk.

Contrastación de hipótesis:

De acuerdo al propósito de la presente investigación, a los resultados de la prueba de normalidad, número de muestras y de acuerdo a la naturaleza experimental de la investigación, la contrastación de hipótesis se realizó mediante la prueba T Student para muestras relacionadas (pareadas), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

Prueba de hipótesis:

$$H_0: \mu_d \leq 0$$

$$H_1: \mu_d > 0$$

H_0 = El promedio de las diferencias de concentraciones de nutrientes ≤ 0 .

H_1 = El promedio de las diferencias de concentraciones de nutrientes > 0 .

Estadístico de prueba:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

Donde:

t = estadístico t calculado.

\bar{d} = promedio de diferencias.

S_d = Desviación estándar de las diferencias.

$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$$

$t_{(1-\alpha),(n-1)}$ = valor crítico.

Tabla 6

Diferencias de concentraciones de nutrientes

APT	DPT	d
8.167	2.266	5.9
5.952	1.505	4.4
8.145	2.346	5.8
10.539	4.489	6.1
8.616	3.357	5.3
11.561	6.47	5.1

$$\bar{d} = 5.4245$$

$$n = 6$$

$$S_d = 0.6087$$

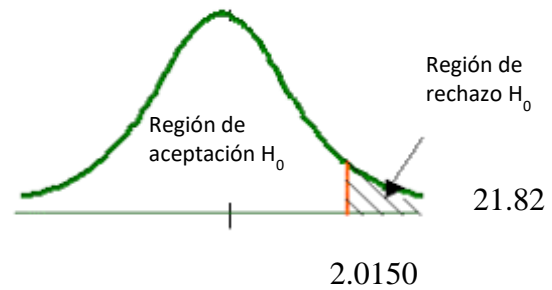
$$t = 21.8283$$

$$gl = (n - 1) = 5$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\text{valor crítico } t_{(1-\alpha),(n-1)} = 2.0150$$

$$p\text{-valor} = 0.000$$



Por teoría debemos rechazar la H_0 si: $t > t_{(1-\alpha),(n-1)}$

Entonces: $21.82 > 2.01$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

Y para confirmar el rechazo de la H_0 se realiza el cálculo del p-valor (significancia bilateral).

Que por teoría se recomienda rechazar la H_0 , siempre que el valor de la $p - valor < \alpha$

$$p - valor = 0,000$$

$$\alpha = 0,05$$

Entonces: $0,000 < 0,05$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

Interpretación:

Se puede evidenciar que el t calculado es mayor que el valor crítico:

$t > t_{(1-\alpha);(n-1)}$ es decir, que se encuentra en la zona de rechazo de la H_0 y se confirma esta premisa $p - valor < \alpha$.

Esto significa que para los propósitos de la presente investigación se rechaza la H_0 : La cal no reduce la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022; condición que nos permite considerar la H_i : *La cal reduce la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.*

4.2. Discusión

En la presente investigación se logró reducir las concentraciones de los nutrientes presentes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, situación que se condice con lo planteado por Quintero & Rodríguez (2020), al buscar una alternativa de tratamiento primario de las aguas

residuales del café para optimizar el funcionamiento de los sistemas biológicos y el acondicionamiento del agua para tratamientos posteriores con productos químicos, logró reducir las concentraciones de carga orgánica expresada como DQO, cercanos al 50% además, indica que la mejor concentración es 4.63 g de cal por litro de agua residual.

En la presente investigación solamente utilizamos cal, sin embargo, Mohse & Aboozar (2018), en su investigación sobre tratamiento de aguas residuales aceitosas sintéticas por coagulación - proceso híbrido MF utilización de membranas cerámicas de mullita – alúmina, obteniéndose mejores resultados en la coagulación híbrida de cloruro ferroso con cal apagada, aumentando el FP en 79.64%, por lo que este proceso de coagulación es económico, y recomendable en el tratamiento de aguas. También Hernández (2013) en su investigación trata la clarificación de agua del arroyo el Hueleque de la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, mediante la cal, sulfato de aluminio e hidroxiclorigenato de aluminio; los dos primeros son los más usuales para el tratamiento de aguas residuales y hasta la fecha se siguen utilizando en las plantas de tratamiento y el segundo es una nueva generación de clarificantes poliméricos, determinando que el CaO presenta muy baja actividad floculante, con una cantidad muy elevada del mismo. En el caso del $Al_2(SO_4)_3$, se pudo observar que su actividad floculante es buena en cantidades elevadas. Caijas, Pérez, & Torres (2005) Determinaron que las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca se caracterizan por ser un residuo acidificado con alta carga contaminante, los resultados obtenidos en la operación de un filtro anaerobio a escala de laboratorio empleando dos productos: Cal Hidratada y Bicarbonato de Sodio. Las máximas eficiencias de remoción de DQO ocurrieron

en los periodos en que se empleó Bicarbonato de Sodio, el cual garantizó la capacidad buffer necesaria para neutralizar los AGV. El índice AI/AP se mostró bastante sensible por lo que se recomienda como un excelente indicador para el control del proceso anaerobio.

En el caso de reducción de las concentraciones de fósforo, en la presente investigación si logramos reducirlas, lo que se condice con Huanca, Flores, & Callata (2020) En su investigación sobre la remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del lago Titicaca de Puno, concluyó que la cal artesanal en los seis tratamientos presentó un óptimo y mejor promedio de remoción de fósforo total (mg/L) indicando que la dosis óptima es 20 mg/L con una remoción promedio de 0.822mg/L a una concentración óptima de 1.5% con un valor promedio de remoción de 0.819 mg/L respecto al análisis inicial de 9 mg/L. Determinando de esta manera en el proceso experimental del tratamiento se llegó al objetivo establecido en base a las investigaciones realizadas y se garantiza la viabilidad de la investigación dado que el uso de cal artesanal favorece en la remoción de fósforo total. Saavedra (2016) realizó un tratamiento con Cal artesanal y Alumbre andino “Collpa” para determinar la remover los parámetros físico-químicos del agua residual, quien logró determinar que la Cal artesanal logró la remoción de (P) el 74.69%.

Sánchez (2016) en su investigación cuyo objetivo general fue evaluar la capacidad de los floculantes Cal artesanal y Alumbre andino “kollpa” para la remoción del nutriente fósforo total en aguas residuales homogenizadas, por el método de la floculación y sedimentación de flujo ascendente Batch y establecer el isoterma de mejor ajuste para el proceso de tratamiento físico-

químico propuesto. El método de floculación y sedimentación de flujo ascendente se desarrolló utilizando el floculante cal artesanal (CaO) del 50% de pureza como óxido de calcio en una concentración de 400(mg/L) a un pH de 10, para un tiempo de residencia de 24 minutos, obtuvo un porcentaje 74.69% de remoción de fósforo total con cal artesanal. Situación que reafirma nuestros hallazgos en la presente investigación.

Finalmente, los resultados obtenidos en la presente investigación se ve reafirmada por Coronel (2014), quien producto de su investigación plantea que, en el tratamiento de aguas residuales y superficiales, la cal viva o hidratada es considerada como el químico natural más efectivo, ya que por su alta alcalinidad ajusta el pH y neutraliza los ácidos presentes. Además, facilita la remoción y estabilización de los metales pesados gracias a la coagulación y floculación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se logró determinar el efecto de la cal sobre la concentración de nutrientes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022, reduciendo las concentraciones de nitratos y fosfatos.
- Se detectó la concentración de nitratos: 8.167 mg/L; 5.952 mg/L; 8.145 mg/L y fosfatos: 10.539 mg/L; 8.616 mg/L; 11.561 mg/L antes del tratamiento del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.
- Se detectó la concentración de nitratos: 2.266 mg/L; 1.505 mg/L; 2.346 mg/L y fosfatos: 4.489 mg/L; 3.357 mg/L; 6.470 mg/L después del tratamiento del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022. Y al realizar el análisis estadístico mediante la prueba T Student para muestras relacionadas se determinó que si se logró la reducción de la concentración de nutrientes ($t > t_{(1-\alpha);(n-1)}$); ($21.82 > 2.01$), lo que nos permite rechazar la H_0 y se confirma esta premisa $p - valor < \alpha$ ($0.000 < 0.05$).
- Al comparar las concentraciones de nutrientes obtenidos con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3; donde para nitratos considera 100 mg/L claramente superiores a lo encontrado en la presente investigación y para el caso de fosfatos no lo considera.

Recomendaciones:

- Se recomienda a los investigadores en esta línea de investigación realizar investigaciones en el siguiente nivel investigativo.

REFERENCIAS

- BELZONA. (8 de julio de 2010). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de [Entrada de blog]:
https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Caijas, A., Pérez, A., & Torres, P. (27 de Abril de 2005). Importancia del pH y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Scientia Et Technica*, 243-248. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911698045>
- Coronel, N. (2014). *Aplicación de un diseño factorial en la remoción de turbiedad del Rio Rímac mediante Coagulación y Floculación usando goma de tara*. Lima: Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo.
doi:<http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i1.895>
- Díaz, H. (2014). Determinación del coagulante que permita la máxima remoción de fosfatos en agua cruda del río Otún. *Scientia et Technica*.
- Hernández, I. (2013). Clarificación de agua del arroyo el Hueleque de Poza Rica, Ver., utilizando cal, sulfato de aluminio e hidroxiclorigenato de aluminio. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 9, 1-10. Obtenido de <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/205>
- Huanca, Y. (s.f.).
- Huanca, Y., Flores, F., & Callata, R. (2020). *Remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del lago Titicaca de Puno*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la*

- USIL*, 2(2). Obtenido de <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Lirios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Aguas residuales y sus consecuencias. *Revista de la Facultad de Ingeniería - USIL*. Obtenido de <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- MINAM. (2014). *Estándares de calidad ambiental para agua*. Lima - Perú: El Peruano.
- Mohse, A., & Aboozar, T. (March de 2018). TREATMENT OF SYNTHETIC OILY WASTEWATERS BY COAGULATION - MF HYBRID PROCESS USING MULLITE - ALUMINA CERAMIC MEMBRANES. *Environmental Engineering and Management Journal*, 17(No. 3, 551-559). Obtenido de <http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/>; <http://www.eemj.eu>
- OEFA. (03 de junio de 2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Quintero, L., & Rodríguez, N. (2020). *Evaluación de tres tipos de cal para el tratamiento primario de las aguas residuales del café*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. doi:<https://doi.org/10.38141/10778/71208>
- Saavedra, L. (2016). *Remoción de fósforo en aguas residuales por el método de floculación y sedimentación utilizando cal artesanal y alumbre*. Puno: Universidad Privada San Carlos. Obtenido de <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4336>.
- Sánchez, L. (2016). *Remoción de Fósforo en aguas residuales por el método floculación y sedimentación utilizando Cal artesanal y Alumbre- Kollpa*. Puno: UPSC.

UNESCO. (2015). *Crecimiento insostenible y la creciente demanda mundial del agua*.

Obtenido de

<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2>

015Facts_Figures_SPA_web

Vásquez, I. (2009). *Estudio geoquímico de suelos y aguas como base para evaluar la contaminación: relación roca - suelo - agua*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Vera, K., & Zambrano, M. (Abril de 2019). *EVALUACIÓN DEL POLVO DE*

MORINGA (M. oleífera) PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

TOTALES EN AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DE CALCETA.

Obtenido de Repositorio Digital Escuela Superior Politecnica Agropecuaria del

Manabí Manuel Félix López:

<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/996/1/TTMA42.pdf>

ANEXOS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2302062 Rev. 0**

INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-351934-002

PROCEDENCIA : FISCAL

Fecha de Recepción SGS : 21-01-2023

Fecha de Ejecución : Del 21-01-2023 al 28-01-2023

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
01-R
02-R
03-R
CAL-01
CAL-02
CAL-03

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 02/03/2023

Jade C. Huarcaya Soto

C.B.P. 8471

Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/ mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2302062 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					01-R	02-R
FECHA DE MUESTREO					20/01/2023	20/01/2023
HORA DE MUESTREO					09:00:00	10:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Aniones						
Fosfato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.019	0.038	10.539 ± 2.63	8.616 ± 2.15
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.018	0.062	8.167 ± 1.63	5.952 ± 1.19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					03-R	CAL-01
FECHA DE MUESTREO					20/01/2023	20/01/2023
HORA DE MUESTREO					11:00:00	09:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Aniones						
Fosfato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.019	0.038	11.561 ± 2.89	4.489 ± 1.12
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.018	0.062	8.145 ± 1.63	2.266 ± 0.45

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					CAL-02	CAL-03
FECHA DE MUESTREO					20/01/2023	20/01/2023
HORA DE MUESTREO					10:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Aniones						
Fosfato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.019	0.038	3.357 ± 0.84	6.470 ± 1.62
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.018	0.062	1.505 ± 0.30	2.346 ± 0.47



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2302062 Rev. 0

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fosfato	mg/L	0.038	<0.038	31 - 37%	100%	0%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062	94 - 99%	99%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2302062 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA300_0_CX	Cajamarca	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography.
EW_EPA300_0_CX	Cajamarca	Fosfato	EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2302062 Rev. 0

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022