

Fecha: 2023-10-10 03:46 UTC

* Todas las fuentes 23 | Fuentes de internet 23

<input checked="" type="checkbox"/>	[0]	alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_c13ab6771e3c556cc4a0b7bccbaadbe8/Details	4.7%	21 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[1]	repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12672	3.7%	21 resultados 1 documento con coincidencias exactas
<input checked="" type="checkbox"/>	[3]	repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31598/Ponte Huaman Rosa Angelica - Prado Salazar Aurora Stefany.pdf?sequence=1	2.2%	13 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[4]	repositorio.udec.cl/bitstream/11594/10085/1/Tesis Valentina Carrillo.Image.Marked - 1.pdf	1.8%	14 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[5]	www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827	1.7%	9 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[6]	usil.edu.pe/sites/default/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf	1.6%	14 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[7]	www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a9.pdf	1.7%	9 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[8]	www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8	0.9%	5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[9]	ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/767/1/Brunet Merary Arrazate Zazueta.pdf	0.8%	5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[10]	www.iagua.es/noticias/blue-gold/tratamiento-aguas-residuales-industriales	0.6%	7 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[11]	www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332019000100023	0.5%	7 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[12]	dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356607&fecha=15/08/2014	0.4%	5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[13]	renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2697839?mode=full	0.6%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[14]	es.scribd.com/document/343014746/Resumen-Ejecutivo-de-Aguas-Residuales	0.5%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[15]	www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000200223	0.4%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[16]	repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/868/1/AL424 Ref. 3270.pdf	0.4%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[17]	repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/17/BC-tes-3622.pdf?sequence=1&isAllowed=y	0.2%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[18]	context.reverso.net/traduccion/espanol-ingles/estructura similar a una jaula	0.2%	1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[19]	www.linguee.fr/espanol-francais/traduction/representan un riesgo significativo.html	0.2%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[20]	repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30885	0.2%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[21]	es.wikipedia.org/wiki/Coliforme	0.2%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[22]	repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/666	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[23]	sigmadafclarifiers.com/tratamiento-y-reutilizacion-de-aguas-residuales-provenientes-de-la-industria-textil-tecnologia-daf-caso-acapersa/	0.1%	1 resultados

Nivel del plagio: 15.1% seleccionado / 15.1% en total

90 resultados de 24 fuentes, de ellos 24 fuentes son en línea.

Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de riesgos

TESIS

EFECTO DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA POBLACIÓN DE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL RÍO CHONTA
EN LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023

Bach.:

Garay Goicochea, Diana Isabed

Vásquez Salazar, María Elisabet

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca-Perú

2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

EFFECTO DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA POBLACIÓN DE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL RÍO CHONTA EN LOS
BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023

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

Bach.:

Garay Goicochea, Diana Isabed

Vásquez Salazar, María Elisabet

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by

Garay Goicochea, Diana Isabed

Vásquez Salazar, María Elisabet

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 DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA POBLACIÓN DE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL RÍO CHONTA EN LOS
BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA:

A:

^[17]► En primer lugar, a Dios por darme la salud y las bendiciones de cada día y permitirme a seguir adelante con mis sueños, enseguida a mis padres, Jesús Vasquez Caruajulca y Magdalena Salazar Rodríguez, por ser mi pilar en todo momento con su amor incondicional para no rendirme y darme apoyo en todo momento y a mis hermanas.

Vásquez Salazar, María Elisabet

A:

Dios, ya que gracias a él e logrado en terminar esta etapa de mi carrera, a mis padres por alientarme cada día y por su apoyo, sus consejos y para lograr hacer una mejor persona y a toda a mi familia que es lo mejor y lo mas valioso que Dios me a dado.

Garay Goicochea, Diana Isabed

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la salud, la sabiduría y sus bendiciones de cada día para poder terminar con esta etapa de nuestra carrera.

A nuestros padres, hermanos por su apoyo incondicional durante nuestro proceso y desarrollo profesional por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

A nuestro Asesor Dr. Vera Zelada Persi, por su apoyo y la orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

Diana Isabed y María Elisabet

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar los efectos del filtro de zeolita sobre la población de coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

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. Se determinaron los NMP/100mL de coliformes termotolerantes del agua del río Chonta en Los Baños del Inca, después de un punto de descarga de agua residual doméstica, dicha muestra será tratada con un filtro de zeolita.

Los resultados obtenidos con filtros de 50g, 100g y 200g de zeolita se determinó 3500; 220 y 49 NMP/100mL de Coliformes termotolerantes, respectivamente. Y de acuerdo con el análisis estadístico realizado, mediante el ANOVA, se determinó que $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ entonces (17650.56 > 4.26); con lo que debemos rechazar la H_0 .

Palabras clave: zeolita, coliformes termotolerantes y agua. ^[13]▶

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the effects of the zeolite filter on the population of thermotolerant coliforms in the water of the Chonta River in Los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

According to the methodology, the present research is quasi-experimental, with a transversal design, since the independent variable will be premeditated control and the study will be carried out with the sample obtained at a specific time.^[7] The NMP/100mL of thermotolerant coliforms were determined in the water of the Chonta River in Los Baños del Inca, after a discharge point of domestic wastewater, this sample will be treated with a zeolite filter.

The results obtained with filters of 50g, 100g and 200g of zeolite determined 3500; 220 and 49 NMP/100mL of thermotolerant Coliforms, respectively. And according to the statistical analysis performed, by means of ANOVA, it was determined that $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ then (17650.56 > 4.26); so we must reject H_0 .

Key words: zeolite, thermotolerant coliforms and water.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3. OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4. JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	17
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. Filtros de zeolita	22
2.2.2. Calidad microbiológica del agua	23
2.2.3. ^[5] ▶ Tratamiento de las aguas residuales	26
2.2.4. Coliformes termotolerantes	26
2.2.5. Decreto supremo 004-2017-MINAM	28
2.2.6. Estándares de calidad ambiental (ECAS)	28
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	28
2.4. HIPÓTESIS	29
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	30
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	30
3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA	30
3.1.1. Unidad de Análisis	30
3.1.2. Universo	30

3.1.3.	Muestra	30
3.2.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	31
3.3.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	31
3.4.	INSTRUMENTOS	33
3.5.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	PARÁMETRO: COLIFORMES TERMOTOLERANTES.	35
4.2.	DISCUSIÓN:	45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		48
CONCLUSIONES:		48
RECOMENDACIONES:		49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	OPERACIONALIZACIÓN DE HIPÓTESIS	29
TABLA 2	RESULTADO DEL NMP/100mL DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES	36
TABLA 3	RESULTADO DEL NMP/100mL DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES	38
TABLA 4	DESCRIPTIVOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS	39
TABLA 5	PRUEBA DE NORMALIDAD	40
TABLA 6	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y RÉPLICAS	42
TABLA 7	TABLA ANOVA	42
TABLA 8	DIFERENCIAS ENTRE PARES DE MUESTRAS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	RESULTADO DEL NMP/100mL DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	36
----------	--	----

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las actividades humanas que emplean agua producen aguas residuales.^{[14]▶} A medida que aumenta la demanda total de agua, la cantidad de aguas residuales producidas y la carga contaminante total de las mismas aumentan continuamente en el mundo entero (WWAP, 2017).

^{[10]▶} En todos los países, salvo en los más desarrollados, la gran mayoría de las aguas residuales se vierte directamente en el medio ambiente sin tratamiento adecuado, con consecuencias perjudiciales para la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos ambientales de agua dulce y los ecosistemas (WWAP, 2017).

^{[4]▶} Aunque las aguas residuales son un componente crucial del ciclo de la gestión del agua, el agua después de haber sido utilizada es vista con demasiada frecuencia como una carga de la que desprenderse o una molestia que debe ignorarse. Ahora los resultados de esta negligencia son evidentes.^{[14]▶} Las consecuencias inmediatas, incluyendo el deterioro de los ecosistemas acuáticos y las enfermedades transmitidas por el agua a través del suministro de agua dulce contaminada, tienen implicaciones de gran envergadura en el bienestar de las comunidades y en los medios de sustento de las personas. El fracaso continuo a

la hora de abordar las aguas residuales como un problema importante desde el punto de vista social y ambiental, comprometería otros esfuerzos dirigidos a alcanzar los objetivos contenidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (WWAP, 2017).

La contaminación por microbiológica del agua es de gran importancia conocerla y gestionarla de manera adecuada, pues la contaminación microbiológica está relacionada con problemas de salud pública, como es el caso de pandemias gastroentéricas. La presencia de coliformes termotolerantes son indicador de contaminación fecal.

^[7]▶ La calidad de los ecosistemas acuáticos y la salud humana, se ven afectados constantemente por las inadecuadas prácticas de disposición final de aguas residuales domésticas, que introducen altos niveles de bacterias entéricas patógenas al sistema (Lipp, Farrash, & Roan, 2001).

^[7]▶ Diferentes investigaciones usan indicadores bacterianos (grupo Coliformes) para evaluar la entrada de descargas a los ambientes acuáticos y la distribución de bacterias patógenas humanas (Ramaiah, Kenkre, & Verlecar, 2002). ^[7]▶ Los cuerpos de agua pueden ser contaminados por aguas de desechos y excretas de personas enfermas, las cuales presentan grandes densidades de organismos patógenos. ^[7]▶ También se ha reportado que personas aparentemente saludables actúan como portadoras de estos organismos (Montiel, Zambrano, Castrejón, Oliveros, & Botero, 2005)

El agua del río Chonta en el distrito de Los Baños del Inca se ve impactado constantemente con **aguas residuales domésticas** e industrias lácteas y producto de éstas son causas procesos de contaminación microbiológica, razón por la cual en la presente investigación se busca una alternativa de tratamiento eficiente como sería el caso con el filtro de zeolita.

1.2.^[13] Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del filtro de zeolita sobre **la población de coliformes termotolerantes del** agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022?

1.3.^[13] OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto del filtro de zeolita sobre **la población de coliformes termotolerantes** en el agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022

Objetivos específicos

Detectar la población de coliformes termotolerantes en el agua del río

Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, antes del tratamiento con el filtro de zeolita.

[¹ ³] ▶ Detectar **la población de coliformes termotolerantes** en el agua del río

Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2022, después del tratamiento con el filtro de zeolita.^[3]▶

Comparar y analizar los resultados obtenidos del tratamiento con el filtro de zeolita sobre de la población **de coliformes termotolerantes 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

Se prevé que la demanda de agua aumente de manera significativa en todo el mundo en las próximas décadas. Además del sector agrícola, que es responsable del 70% de las extracciones de agua del mundo entero, se prevén grandes aumentos de la demanda de agua en la industria y en la producción de energía.^[4] La urbanización acelerada y la ampliación de los sistemas municipales de suministro de agua y saneamiento también contribuyen al **aumento de la demanda**, además de **la generación de aguas residuales industriales y domésticas** (WWAP, 2017).

^[6] La presente investigación se justifica por el riesgo que significa el incremento constante y de manera continua de la contaminación microbiológica por la descarga **del agua residual** doméstica al agua del río Chonta en el distrito de Los Baños del Inca, y que es un indicador inadecuado de eliminación de excretas, dada por la ausencia o el deficiente sistema de tratamiento, que están asociados **a la contaminación del agua** y causa numerosas enfermedades, tales **como el cólera, la amebiasis, la hepatitis, la fiebre tifoidea y paratifoidea**, entre otras (Chigor, et al., 2012).

La epidemia del cólera y los brotes causados por microorganismos patógenos como *Cryptosporidium*, cuya vía fundamental de transmisión es el agua, han originado una alerta en diferentes países para tratar de prevenir estos eventos que han provocado una marcada morbilidad y mortalidad en la población mundial (Staley, Reckhow, Lukasik, & Harwood, 2012).

El control y monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente (especialmente de los recursos hídricos), se puede llevar a cabo mediante la identificación y enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Estas bacterias pueden ser utilizadas para valorar la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio (Bachoon, Markand, Otero, & Ramsubaugh, 2010)

En los países de rentas altas, la motivación para el tratamiento avanzado de las aguas residuales consiste, bien en mantener la calidad del medio ambiente, o en proporcionar una fuente de agua alternativa para hacer frente a la escasez de agua. Sin embargo, el vertido de aguas residuales no tratadas sigue siendo una práctica habitual, especialmente en los países en desarrollo, debido a la carencia de infraestructuras, capacidad técnica e institucional, y financiación (WWAP, 2017).^[8]

En el distrito de Los Baños del Inca, igual que en otras ciudades y zonas rurales, las aguas residuales domésticas no son tratadas de manera adecuada o simplemente no son tratadas y para agravar la situación son vertidas a los cuerpos de agua superficial (como en el río Chonta), lo que se traduce en la pérdida de la calidad microbiológica como para cumplir con lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3. Y con ello constituirse en un problema de salud pública que amenaza con desatar una epidemia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1.^[4] Antecedentes teóricos

Stefanakis & Tsihrintzis (2012), en su investigación construyeron y operaron varios filtros de gravedad que contienen zeolita, bauxita y material carbonatado durante 3 años, para proporcionar un tratamiento adicional del efluente de un humedal construido de flujo vertical (VFCW) a escala piloto. Los resultados mostraron una mejora significativa de la calidad del efluente VFCW en un tiempo de residencia de 1 día. La zeolita fue más efectiva en la eliminación de nitrógeno y materia orgánica, mientras que la bauxita en la retención de fósforo. El material de carbonato tuvo la eficiencia más baja entre todos los materiales de filtro utilizados. El filtro que contenía una mezcla de 50-50% de zeolita y bauxita mostró la mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes. El aumento del tiempo de residencia de 1 a 2 días no mostró un aumento estadísticamente significativo en las tasas de expulsión. La temperatura no afectó significativamente el rendimiento de los filtros, con la excepción de la eliminación de fósforo.

Stefanakis & Tsihrintzis (2009), describen el rendimiento de dos humedales construidos a escala piloto, de flujo subsuperficial horizontal, seguidos en serie por filtros naturales de zeolita, que proporcionaron un tratamiento adicional del efluente de los dos humedales. Los dos humedales

construidos operaron inicialmente durante dos años, sin los filtros de zeolita (período A). Luego, se agregaron los dos filtros de zeolita (clinoptilolita de grano fino y grueso), y los sistemas funcionaron durante un año adicional (período B). El rendimiento del filtro demostró ser más o menos constante a lo largo del período B, mientras que las tasas de eliminación más altas se lograron a altas temperaturas. La adición de los dos filtros de zeolita mejoró significativamente el efluente del humedal. El sistema global (humedal y filtro) eliminó aproximadamente el 90% de la materia orgánica afluente, el 85% del nitrógeno y el 70% del fósforo, mientras que el filtro de zeolita de grano fino demostró ser más efectivo en el caso de la materia orgánica y la eliminación de nitrógeno y el de grano grueso en la retención de fósforo.

Stefanakis, Akrotos, Gikas, & Tsihrintzis (2009), determinaron el rendimiento de la zeolita natural se presenta al proporcionar un tratamiento adicional del efluente de dos humedales construidos a escala piloto, de flujo subsuperficial horizontal. Los dos humedales construidos operaron inicialmente durante 2 años sin los filtros de zeolita (período A). Luego, se agregaron los filtros de zeolita (clinoptilolita de grano fino y grueso) a la salida de cada unidad de humedal, y los dos sistemas funcionaron durante un año adicional (período B). Durante el período B, los dos humedales construidos mostraron un rendimiento comparable en materia orgánica, eliminación de nitrógeno y fósforo al del período A. Los dos filtros de zeolita eliminaron el 60,6% y el 63,2% del efluente del humedal DBO5 y el 52,5% y el 62,0% del efluente del humedal DQO, respectivamente. Las tasas de eliminación de contaminantes

nitrogenados fueron más altas, alcanzando el 75,1% y el 83,2% para TKN y el 78,3% y el 85,8% para $\text{NH}_4\text{-N}$. Las eliminaciones medias de ortofosfato afluente en los dos filtros de zeolita fueron del 56,4% y el 39,2%, mientras que las eliminaciones medias de fósforo total fueron del 56,8% y el 40,5%. La comparación de los dos períodos de trabajo (con y sin la presencia de los filtros de zeolita) mostró que la adición de los dos filtros de zeolita mejoró significativamente la calidad del efluente de los dos humedales construidos, ya que se eliminó casi el 95% de la materia orgánica, el 80% del nitrógeno y el 70% del fósforo de las aguas residuales aplicadas a los sistemas. El rendimiento de los filtros de zeolita parecía ser relativamente inestable durante todo su período de operación; Sin embargo, se observaron tasas de eliminación más altas a temperaturas más altas. ^[4] Además, la zeolita de grano fino demostró ser más eficaz en la eliminación de materia orgánica y nitrógeno que la de grano grueso. Por otro lado, la zeolita de grano grueso retuvo fósforo a un nivel más alto.

^[4] Stefanakis & Tsihrintzis (2008), en su investigación construyeron tres filtros de gravedad a escala piloto, con diferentes medios filtrantes, para proporcionar un tratamiento adicional del efluente de un humedal construido de flujo vertical (VFCW) a escala piloto. Dos filtros contenían zeolita natural con tiempos de residencia respectivos (RT) de 1 (Z1) y 2 (Z2) días, y un filtro se llenó con bauxita con un RT de 1 día (B1). Cada filtro trató 10 L del efluente del humedal. Las muestras de agua se analizaron inmediatamente, después de la recolección, en el laboratorio para detectar constituyentes de materia orgánica,

nitrógeno y fósforo. Los resultados muestran que la presencia de filtros de zeolita y bauxita en el efluente de los humedales construidos mejora significativamente la capacidad de tratamiento y aumenta sustancialmente las tasas de eliminación de contaminantes.

^[9]► Reyes, Sánchez, Cruz, & Romero (1997), Se discuten los resultados sobre la remoción de indicadores de contaminación en el proceso de tratamiento de aguas residuales provenientes de una instalación turística. Se utiliza un sistema con un reactor anaerobio de lecho fijo y posteriormente, una filtración rápida con lecho de material granular. En este último, se compara el comportamiento de la filtración con arena y con zeolita a diferentes intervalos de granulometría. En el tratamiento biológico se obtuvieron remociones mayores del 98 % de coliformes totales y fecales y en menor cantidad de Pseudomonas y Streptococcus, a pesar de las grandes variaciones provocadas en el flujo de entrada. En los filtros de arena y zeolita se obtuvieron buenos resultados en la remoción de los coliformes totales. Con ambos se alcanzó una eficiencia similar. La utilización de uno u otro tipo de material filtrante, no esta en función de la remoción de las bacterias, sino de las pérdidas de presión y del comportamiento del resto de los indicadores.

^[10]► Yzquierdo (2018), en su investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de la zeolita natural, en la mejora de la calidad del agua potable proveniente de dos manantiales ubicados en el barrio Serafinpampa, el cual abastece y beneficia a un total de 23 familias, el barrio pertenece al distrito y provincia de Celendín. ^[10]► Se construyó los filtros de zeolita natural con materiales locales, con capas de

agregados tales como: 0.20 m de grava de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, 0.10 m de gravilla de malla N° 4 y finalmente una capa de 0.30 m de zeolita de malla N° 14; de tal manera se determinó los valores de los cinco parámetros obligatorios según el Reglamento de la calidad del agua, 2011, siendo estos: parámetros físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales se encuentran: Turbidez y color verdadero, pH, bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales, respectivamente. Se obtuvo como resultados que: la turbidez baja hasta un porcentaje de 62.5% con respecto a la muestra patrón (afluente); color verdadero se encuentran valores menores al límite de cuantificación de métodos del laboratorio establecido; pH a 25° C baja un porcentaje de 1.31% en la última semana de la captación 1, volviéndose menos alcalino, no llegando al valor ideal siendo 7; coliformes totales el filtro actúa efectivamente bajando el valor de 100% a 10.95% en la tercera semana en la captación 1, 0% en la segunda captación en la última semana obteniendo una agua libre de Coliformes totales; Coliformes termotolerantes aumenta del 100% al 111% en la primera semana en la captación 1, en la última semana se mantiene el valor del afluente los cuales son menores al límite máximo permisible, obteniendo una agua libre de coliformes totales y coliformes termotolerantes. Como consecuencia se logró obtener un agua más purificada en cuanto a los cinco parámetros de control obligatorio (PCO) analizados en este estudio de investigación, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos o valores máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la calidad del agua, 2011.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Filtros de zeolita

La zeolita es un mineral descubierto por primera vez en 1756 por el mineralogista sueco Cronstedt, reconoció a la zeolita como una nueva clase de minerales que consiste en aluminosilicatos hidratados, alcalinos o alcalino térreos. Posteriormente la otorga el nombre de zeolita que proviene de las palabras griegas, “zeo” “y lithos” que puede traducirse como “piedras que hierven” (Jacobs, Flanigen, & Van Bekkum, 2001).

Las zeolitas son Aluminosilicatos hidratados de forma cristalina, las cuales al exponerlos a procesos de deshidratación se forman poros con diámetros de 3 a 10 angstroms. Sus cavidades dentro de su estructura contienen iones de gran tamaño así como moléculas de agua con una libertad de movimiento relativamente alta lo que le proporciona sus características de intercambiadores iónicos y de deshidratación reversible (Geoxnet, 2014). Tiene la denominación de ion porque tiene una ausencia de cuatro cargas eléctricas para poder estar en equilibrio, estas cargas quedan balanceadas por los cationes intercambiables en los canales de la Zeolita dentro de su estructura porosa.

La zeolita tiene una unidad básica de construcción que es un tetraedro TO_4 . Al unirse los tetraedros forman las subunidades secundarias de construcción (SBU, siglas en inglés, Unidades Secundarias de Construcción),

y estas a su vez unidades secundarias de construcción, dan lugar a las diferentes estructuras zeolíticas.

El uso de la zeolita como lecho filtrante aparece hoy en día como una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas; tienen muchas ventajas en comparación con sistemas convencionales, tal como el bajo costo de inversión, el bajo costo de operación y mantenimiento.^[9] Su aplicación en el tratamiento de aguas residuales como en el de agua potable se ha hecho muy popular en la remoción de materia orgánica y nitrógeno (Stefanakis & Tsihrintzis, 2012).

2.2.2. Calidad microbiológica del agua

La calidad microbiológica de las aguas es un modo de definir la riqueza biológica y el valor ambiental de las comunidades de seres vivos asociados al ecosistema de un curso fluvial, o de un tramo concreto del río (Martínez, Fonseca, Ortega, & García-Luján, 2009).

Todos los seres vivos necesitan agua para su supervivencia, con una adecuada calidad. Entre los contaminantes naturales del agua se encuentran virus, bacterias y otras formas de vida; especies minerales disueltos; productos orgánicos solubles y sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos. La concentración de estos contaminantes naturales puede incrementarse o aún ser suplida por otros materiales producto de la tecnología industrial o agrícola.^[12] Con el fin de asegurar y preservar la

calidad del agua en los sistemas de abastecimiento hasta la entrega al consumidor, la misma debe ser sometida a tratamientos de potabilización (Martínez, Fonseca, Ortega, & García-Luján, 2009).

Un alto riesgo de contaminación representa el agua potable que contenga material fecal. Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina y el Caribe es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, las cuales contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras. La [6] eliminación inadecuada de excretas, dada por la ausencia o el deficiente sistema de alcantarillado y tratamiento, están asociados a la contaminación del agua y causa numerosas enfermedades, tales como el cólera, la amebiasis, la hepatitis, la fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras (Chigor, Umoh, Okuofu, Ameh, & Okoh, 2012).

2.2.2.1. [4] Carga microbiológica de las aguas residuales

Las aguas residuales domésticas pueden presentar gran cantidad de microorganismos patógenos. Entre las bacterias, los más comunes son los géneros Salmonella, Sbigella, Leptospira, Escherichia, Pasteurella, Vibrio y Mycobacterium y virus entéricos humanos, cistos de Entamoeba histolytica y otros nematodos (Reyes, Sánchez, Cruz, & Romero, 1997).

Entre las enfermedades más comunes que se pueden contraer por contacto o ingestión de aguas contaminadas microbiológicamente se

encuentran la salmonelosis, shigellosis, leptospirosis, cólera, tuberculosis y gastroenteritis. Además de las bacterias patógenas antes mencionadas, en el agua comúnmente se encuentran los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Flavobacterium* y *Achromobacter*, que pueden causar trastornos serios en procesos industriales (Reyes, Sánchez, Cruz, & Romero, 1997)

La búsqueda de indicadores del grado de contaminación microbiana de una muestra de agua, es uno de los aspectos en que más énfasis se ha hecho en los últimos años en los laboratorios de análisis de aguas y aguas residuales. La presencia de determinados grupos bacterianos ha sido utilizada hasta ahora como un índice de contaminación. Tradicionalmente, la forma de evaluar microbiológicamente la calidad de las aguas consiste en el conteo de coliformes, que evidencia contaminación fecal. No obstante, es necesario aplicar un control más riguroso de las aguas residuales que posibilite la detección de otros géneros tales como *Streptococcus* y *Pseudomonas*. El primero, debido a que sobrevive menos tiempo en el agua que los coliformes, indica contaminación fecal reciente. ^[12] La determinación cuantitativa de la presencia de coliformes, estreptococos y pseudomonas ofrece un índice racional del contenido bacteriano del agua (Reyes, Sánchez, Cruz, & Romero, 1997).

2.2.3.^[10] Tratamiento de las aguas residuales

Procesos fisicoquímicos y biológicos destinados a devolver las propiedades iniciales de las aguas **antes de su uso**, según Reynolds (2002) citado por (Larios, González, & Morales, 2015, pág. 13)^[6] **refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son:**

[- 6] ▶ **Pre tratamiento - remoción física de objetos grandes.**

[- 6] ▶ **Deposición primaria - sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.**

[- 6] ▶ **Tratamiento secundario - digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.**

[- 6] ▶ **Tratamiento terciario - tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección)^[6]. También puede utilizarse para realizar los pasos del tratamiento primario.**

2.2.4. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes (CTE), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por E. coli, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y

Klebsiella pneumoniae. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos), y solo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal (Santiago-Rodriguez, et al., 2012)

Por esto algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes.^[3] Los coliformes termotolerantes integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de estos últimos, en que son indol positivo, su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua.^[3] La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termotolerantes que están presentes en la microbiota intestinal, siendo *E. coli* la más representativa, con un 90-100 %.

Escherichia coli es miembro de la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte de la microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, siendo la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se excreta diariamente con las heces (entre 10⁸-10⁹ Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de heces), y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (Larrea, et al., 2009).

Carrillo & Lozano (2008), señalan que es la única especie dentro de las enterobacterias que posee la enzima β -Dglucuronidasa (GUD), que degrada el sustrato 4-metilumbeliferil- β -D-glucurónico (MUG), formando 4-metilumbeliferona.^[21] Por otra parte, refieren que son bacilos capaces de producir indol a partir de triptófano, en $21 \pm 3h$ a 44 ± 0.5 °C. Poseen la enzima β -D-galactosidasa (GAL), que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L-glutámico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono o de crecer en un caldo con cianuro de potasio.

2.2.5.^[8] 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)

2.2.6.^[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.^[5] Definición de términos básicos

- Agua servida o residual:^[5] Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole. (OEFA, 2014, pág.^[5] 25)
- Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas:^[5] 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)

2.4. HIPÓTESIS

Hi: El filtro de zeolita reduce la población de coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2023.

Ho: El filtro de zeolita no reduce la población de coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2023.

2.5.^[3] Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Dependiente		
Población de coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes son indol positivo, su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C). ^[18]	NMP/100mL
Independiente		
Filtro de zeolita	Las zeolitas es su estructura abierta, similar a una jaula, y la forma en que pueden atrapar otras moléculas en su interior.	Capacidad de filtración y adsorción (NMP/100mL)

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 del filtro de zeolita sobre la población de coliformes termotolerantes del agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

3.1.2. Universo

Efecto del filtro de zeolita sobre la población de coliformes termotolerantes.

3.1.3. Muestra

Volumen necesario de agua del río Chonta, para evaluar el efecto del filtro de zeolita sobre la población de coliformes termotolerantes en los Baños del Inca, Cajamarca 2022.

3.2. Métodos de investigación

Según la metodología, la presente investigación es cuasiexperimental, con diseño transversal y explicativa, dado que, van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos

físicos o sociales. Además, 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:

$$X \rightarrow Y \rightarrow Z$$

Donde:

X = Población de coliformes termotolerantes en agua, antes del tratamiento.

Y = Tratamiento (filtro de zeolita).

Z = Población de coliformes termotolerantes en agua tratada.

3.3. Técnicas de investigación

Descripción detallada de las actividades efectuadas antes, durante y después del monitoreo, así mismo los procedimientos que se realizaron en laboratorio con zeolita, la cual se utilizó para disminuir la carga microbiana de coliformes termotolerantes, asimismo tenemos resultados emitidos de las muestras cruda con informe de laboratorio N° IE 02230069 y las tratadas, con IE 03230119, se detalla los tratamientos efectuados a la muestra cruda del agua del río Chonta en los Baños de Inca:

- Punto monitoreado se realizó en Río Chonta en los Baños de Inca Cajamarca.

- Para la toma de muestras se utilizó frascos estériles, los cuales son tratados en el laboratorio para eliminar cualquier presencia de cloro o contaminación por cargas microbianas.
- Se codifico la muestra con el nombré de Chonta 1, después se llevó a laboratorio para su respectivo análisis de coliformes termotolerantes. El resto de muestras se mantuvo en una conservadora que tiene un rango de temperatura de 4 a 8 °C.
- Se procedió a la preparación del filtro, se pesó 5 gramos de algodón para cada filtro.
- Se pesó 50 y 100 gramos de Zeolita.
- Se pesó 200 gramos de Zeolita, en vasos diferentes debido a que la balanza no permite pesar más de 150gramos.
- Se agregó 50, 100 y 200 gramos de Zeolita, a cada cono imhoff de sedimentación después se adicionó los 5 gramos de algodón.
- Se agito la muestra cruda durante 30 minutos en el agitador magnético para homogenizar.
- Para tomar una medida exacta se mido con una probeta verificada para ensayos, en la cual se tomó 500 mL para cada cono Imhoff de sedimentación.
- Se agregó la muestra cruda durante 24 horas.
- Se procedió abrir la válvula de paso, para obtener la alícuota que fue analizada en el laboratorio.
- Se llevó las muestras analizar antes de las 24 horas requeridas según el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017:

Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group.
Fecal Coliform Procedure.

3.4. Instrumentos

- Frascos de muestreo
- Libreta
- Etiquetas para la identificación de frascos
- Plumón indeleble
- GPS
- Equipos multiparámetro
- Cadena de custodia
- Cooler
- 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 el análisis de varianza (ANOVA), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de Resultados

El desarrollo de la presente investigación se realizó la toma de la muestra del río Chonta en Los Baños del Inca, luego se preparó los filtros de zeolita, mediante el agregado de 50, 100 y 200 gramos de Zeolita, a cada cono imhoff de sedimentación después se adicionó los 5 gramos de algodón, posteriormente se agitó la muestra cruda durante 30 minutos en el agitador magnético para homogenizar, para tomar una medida exacta se mido con una probeta verificada para ensayos, en la cual se tomó 500 mL para cada cono Imhoff de sedimentación; se agregó la muestra cruda durante 24 horas y finalmente se llevó las muestras analizar antes de las 24 horas requeridas según el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

La contrastación de hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

4.1. Parámetro: coliformes termotolerantes.

Los valores y resultados de las concentraciones de los coliformes termotolerantes, tanto antes y después del tratamiento con el filtro de zeolita, son los siguientes:

Tabla 2

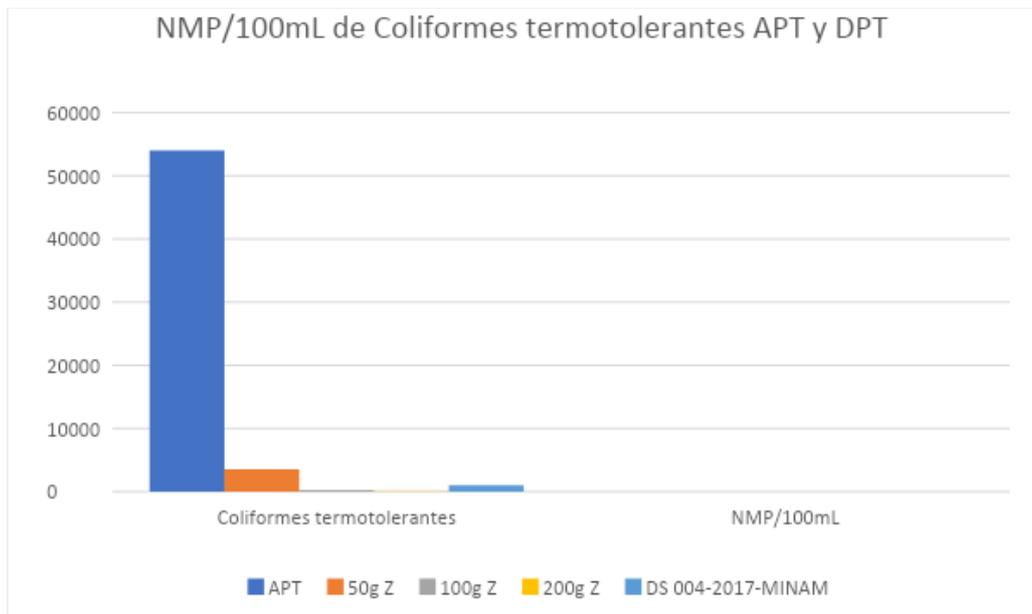
Resultado del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes

MUESTRA	MSP-001					
FECHA DE MUESTREO	09 – 03 - 23					
HORA DE MUESTREO	06:20h a 06:40h			RESULTADO		D.S N°
						004-2017-MINA M – Categoría 3
PARÁMETRO	UNIDAD	DPT				
		APT	50g Z	100g Z	200g Z	
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	54000	3500	220	49	1000

En la tabla 2 se presentan los valores de los resultados de los análisis del laboratorio del NMP/100mL de coliformes termotolerantes presentes en el agua del rio Chonta en Los Baños del Inca, 2023; tanto antes del tratamiento mediante el proceso de filtración con zeolita, así como también después del antes mencionado proceso de tratamiento, con 50g, 100g y 200g de zeolita en un tiempo de 24h. Dichos resultados muestran la efectividad del filtro de zeolita, desde los 50g; sin embargo, para cumplir con los valores establecidos en el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM – categoría 3 (para riego de vegetales y bebida de animales), para coliformes termotolerantes, solamente es posible con 100g y 200g de zeolita.

Figura 1

Resultado del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes



Con el propósito de una mejor comprensión de los resultados presentados en la tabla 2, se presenta la figura 1, donde se evidencia claramente el efecto positivo del filtro de zeolita sobre el proceso de eliminación de Coliformes termotolerantes del agua del río Chonta en Los Baños del Inca, 2023. Es pertinente, mencionar que para poder cumplir con los estándares establecidos en el en el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM – categoría 3 (para riego de vegetales y bebida de animales), para coliformes termotolerantes, solamente es posible con 100g y 200g de zeolita.

Análisis estadístico:

En la presente investigación se desarrollaron análisis estadísticos descriptivos, prueba de normalidad y la contrastación de la hipótesis.

Tabla 3

Resultado del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%
DPT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%

En la tabla 3 nos indica que los casos válidos son el 50% en el análisis del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, indicando el 50% de datos fueron desestimados por permanecer constantes.

Tabla 4

Descriptivos de las muestras analizadas

		Descriptivos ^a	
		Estadístico	Error típ.
	Media	1256,3333	1122,91887
	Límite inferior	-3575,1966	
	Intervalo de confianza para la media al 95%		
	Límite superior	6087,8633	
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	220,0000	
DPT	Varianza	3782840,333	
	Desv. típ.	1944,95253	
	Mínimo	49,00	
	Máximo	3500,00	
	Rango	3451,00	
	Amplitud intercuartil	.	
	Asimetría	1,717	1,225
	Curtosis	.	.

a. APT es una constante y se ha desestimado.

En la tabla 4 se presenta los resultados del análisis estadístico descriptivo, sobre los NMP/100mL de Coliformes termotolerantes en el agua del

rio Chonta en Los Baños del Inca, 2023;^[12] después del proceso de filtración con zeolita. Es pertinente mencionar que los valores descriptivos de APT (antes del proceso de tratamiento), no se muestran por ser una constante y se desestimó.

Se presentan valores como media, mediana, varianza, desviación típica, etc.

Tabla 5

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DPT	,370	3	,000	,787	3	,084

* APT es una constante y se ha desestimado.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 5 presenta la prueba de normalidad, es decir, el grado de significancia (Sig), donde, el α valor de acuerdo a Shapiro – Wilk es mayor que 0,05 (α 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 de contrastación de hipótesis, se desestima lo el p valor de Kolmogorov – Smirnov por considerarse solamente a números de muestras mayores a 50.

Contrastación de hipótesis:

De acuerdo al propósito de la presente investigación, a los resultados obtenidos mediante la prueba de normalidad, el número de muestras y de acuerdo a la naturaleza experimental de la investigación el contraste de hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), que consiste en un test estadístico para el estudio del efecto de uno o más factores sobre la media de una variable.

Análisis de varianza

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H_1 : No todas las μ_1 son iguales.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2$	$k - 1$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k - 1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$N - k$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$	
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$	$N - 1$		

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

Donde:

Suma(x_i) = Suma para cada grupo.

Media = Promedios de grupo.

Suma total (x) = Suma total de las pruebas.

n_i = Elementos de cada grupo.

N = Total de elementos de todos los grupos.

K = Número de muestras.

SC_{Trat} = Suma de cuadrados del tratamiento.

SC_{Total} = Suma de cuadrados del total.

SC_{Error} = Suma de cuadrados del error.

Tabla 6

Resultados de los ensayos y réplicas

Número de prueba y réplica	50g de zeolita	100g de zeolita	200g de zeolita
1	3500	220	49
2	3490	225	50
3	3600	210	48
4	3510	215	52

Suma(x_i)=	14100	870	199
Media=	3525.0	217.5	49.8
Suma total(x)=	15169		
n_i =	4	4	4
N=	12	k=	3
SC_{Trat} =	30726745.2		
SC_{Total} =	30734578.9		
SC_{Error} =	7833.8		

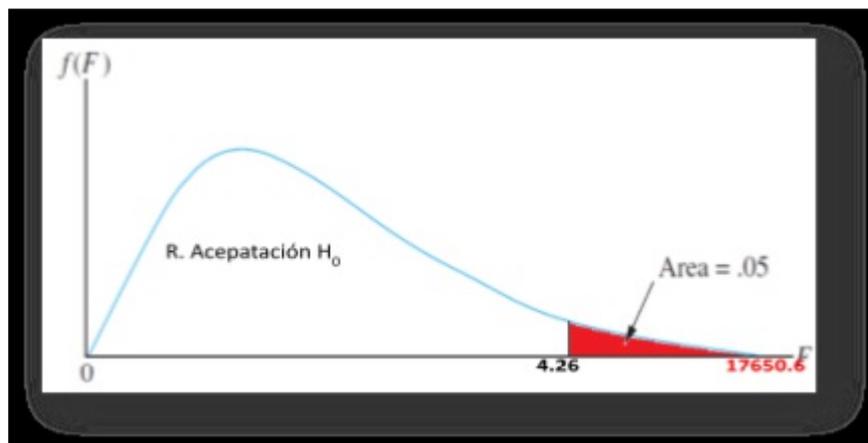
Tabla 7

Tabla ANOVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	30726745.17	2	15363372.6	17650.5956
Dentro de las muestras	7833.8	9	870.416667	
Total	30734578.9	11		

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 4.256494729$

p-valor = 6.73815E-17



Por teoría, se rechazará la H_0 y concluir que hay diferencias en las medias de los tratamientos sí: $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ es decir que el F_0 (F calculado), sigue una distribución F con $K - 1$ y $N - K$ grados de libertad.

Interpretación: $17650.56 > 4.26$; con estos datos debemos rechazar la H_0 , además, se observa que el F_0 se encuentra en la zona de rechazo de la H_0 ; es decir, que debemos

rechazar la premisa: El filtro de zeolita no reduce la población de coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2023. Sin embargo, se debe considerar aceptar la H_1 , es decir, El filtro de zeolita reduce la población de coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en los Baños del Inca, Cajamarca 2023.

Método de Tukey

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{CM_E / n_i}$$

k=	3
N-k=	9
CM _E =	870.4
n _i =	4
q _α (k,N-k)=	3.95
T _α =	58.27

Tabla 8

Diferencias entre pares de muestras

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	3307.50	SIGNIFICATIVA
$\mu_A - \mu_C$	3475.25	SIGNIFICATIVA
$\mu_B - \mu_C$	167.75	SIGNIFICATIVA

Como se puede evidenciar todos los valores de las diferencias muestrales son mayores al valor de Tukey calculado, es decir, que existen diferencias significativas entre los pares de

muestras; pues existe diferencias en los NMP/100mL de Coliformes termotolerantes de acuerdo a la masa de los filtros de zeolita.

4.2. Discusión:

Los datos obtenidos en la presente investigación muestran la efectividad del filtro de la zeolita en la reducción del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes del agua del río Chonta en Los Baños del Inca, 2023;^[4] hallazgos que se condicen con Stefanakis & Tsihrintzis (2012), en su investigación construyeron y operaron varios filtros de gravedad que contienen zeolita, bauxita y material carbonatado durante 3 años, para proporcionar un tratamiento adicional del efluente de un humedal construido de flujo vertical (VFCW) a escala piloto, cuyos resultados determinaron que la zeolita fue más efectiva en la eliminación de nitrógeno y materia orgánica, mientras que la bauxita en la retención de fósforo. Además, el filtro que contenía una mezcla de 50-50% de zeolita y bauxita mostró la mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes. También, Stefanakis & Tsihrintzis (2009), describen el rendimiento de dos humedales construidos a escala piloto, de flujo subsuperficial horizontal, seguidos en serie por filtros naturales de zeolita, que proporcionaron un tratamiento adicional del efluente de los dos humedales. La adición de los dos filtros de zeolita mejoró significativamente el efluente del humedal, resaltando que el filtro de zeolita de grano fino demostró ser más efectivo en el caso de la materia orgánica y la eliminación de nitrógeno y el de grano grueso en la retención de fósforo.

Stefanakis, Akratos, Gikas, & Tsihrintzis (2009), determinaron el rendimiento de la zeolita natural se presenta al proporcionar un tratamiento adicional del efluente de dos humedales construidos a escala piloto, de flujo subsuperficial horizontal, determinando que los dos filtros de zeolita eliminaron el 60,6% y el 63,2% del efluente del humedal DBO₅ y

el 52,5% y el 62,0% del efluente del humedal DQO, respectivamente, lo que se condice con nuestra investigación pues al eliminar materia orgánica y nutrientes del agua, mejora la calidad y limita el crecimiento de las poblaciones de microorganismos como los Coliformes termotolerantes.

^[4]▶ Además, Stefanakis & Tsihrintzis (2008), en su investigación construyeron tres filtros de gravedad a escala piloto, con diferentes medios filtrantes, para proporcionar un tratamiento adicional del efluente de un humedal construido de flujo vertical (VFCW) a escala piloto, cuyos resultados muestran que la presencia de filtros de zeolita y bauxita en el efluente de los humedales construidos mejora significativamente la capacidad de tratamiento y aumenta sustancialmente las tasas de eliminación de contaminantes.

^[9]▶ Reyes, Sánchez, Cruz, & Romero (1997), quienes discuten los resultados sobre la remoción de indicadores de contaminación en el proceso de tratamiento de aguas residuales provenientes de una instalación turística, con filtros de arena y zeolita, que lograron obtener buenos resultados en la remoción de los coliformes totales. La utilización de uno u otro tipo de material filtrante, no esta en función de la remoción de las bacterias, sino de las pérdidas de presión y del comportamiento del resto de los indicadores. Hallagos que se condicen con los resultados de la presente investigación.

^[10]▶ En nuestra investigación logramos determinar la efectividad del filtro de zeolita en la reducción del NMP/100mL de Coliformes termotolerantes, de acuerdo a la masa de los foltros, situación que coincide con Yzquierdo (2018), en su investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de la zeolita natural, en la mejora de la calidad del agua potable

proveniente de dos manantiales ubicados en el barrio Serafinpampa, el cual abastece y beneficia a un total de 23 familias, el barrio pertenece al distrito y provincia de Celendín, quien determinó que las poblaciones de Coliformes totales reduce de 100% a 10.^[0]95% obteniendo una agua libre de Coliformes totales.

CAPÍTULO V:^[16] CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se logró determinar el efecto del filtro de zeolita sobre el NMP/100mL de Coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2023;^[13] reduciendo significativamente la población de Coliformes termotolerantes.
- Se detectó el NMP/100mL de Coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2023; que fue de 54000 NMP/100mL.
- Se detectó el NMP/100mL de Coliformes termotolerantes en el agua del río Chonta en Los Baños del Inca, Cajamarca 2023; con un filtro de 50g de zeolita se obtuvo 3500 NMP/100mL de Coliformes termotolerantes, 100g de zeolita se obtuvo 220 NMP/100mL de Coliformes termotolerantes y 200g de zeolita se obtuvo 49 NMP/100mL de Coliformes termotolerantes. Y de acuerdo con el análisis estadístico realizado, mediante el ANOVA, se determinó que $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ entonces (17650.56 > 4.26); con lo que debemos rechazar la H_0 .
- Al comparar y analizar los resultados obtenidos del tratamiento con el filtro de zeolita sobre de la población de coliformes termotolerantes 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; es evidente que solamente se cumple con la norma antes mencionada con los filtros de 100g y 200g de zeolita.

Recomendaciones:

- Realizar investigaciones similares con otros minerales.
- Realizar investigaciones con filtros para reducir los valores de otros parámetros.

REFERENCIAS

- Bachoon, D., Markand, S., Otero, E. P., & Ramsubaugh, A. (2010). Assessment of non-point sources of fecal. *Marine Pollution Bulletin*, 60:1117–1121.
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult. Bogotá: Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana.
- Chigor, V., Umoh, V., Okuofu, C., Ameh, J. I., & Okoh, A. (2012). Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard. *Environ Monit Assess*, 184(5):3389-3400.
- Chigor, V., Umoh, V., Okuofu, C., Ameh, J., Igbinsosa, E., & Okoh, A. (2012). Water quality assessment. *Environ Monit Assess*, 184(5):3389-3400.
- Geoxnet, E. (2014). Geologia publicaciones. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de <https://post.geoxnet.com/zeolitas/>
- Jacobs, P., Flanigen, E. J., & Van Bekkum, H. (2001). Introducción a la ciencia de la zeolita. Recuperado el 28 de 11 de 2022, de [books.google.es](https://books.google.es/books?id=UsLE2XGd8noC): <https://books.google.es/books?id=UsLE2XGd8noC>
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015).^[6] LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ.^[6] *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>
- Larrea, J., Rojas, M., Heydrich, M., Romeu, B., Rojas, N., & Lugo, D. (2009).^[3] *Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico Las Terrazas, Pinar del Río (Cuba)*. *Hig Sanid Ambient*, 9:492-504.

- Lipp, E., Farrash, S., & Roan, J. (2001)^[7]. **Assessment and impact of microbial fecal pollution**. *Mar Poll Bull*, 42: 286-293.
- Martínez, A., Fonseca, K., Ortega, J., & García-Luján, C. (2009)^[3]. **Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en**. *Química Viva*, 8 (1):35-47.
- MINAM. (2014)^[8]. **Estándares de calidad ambiental para agua**. Lima - Perú: El Peruano.
- Montiel, M., Zambrano, J., Castrejón, O., Oliveros, C., & Botero, L. (2005)^[7]. **Indicadores bacterianos de contaminación fecal y colifagos en el agua de la Laguna de Sinamaica, Estado Zulia, Venezuela**. *Ciencia*, 3(3):1-12.
- OEFA.^[12] (03 de junio de 2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ramaiah, N., Kenkre, V., & Verlecar, X. (2002)^[7]. **Marine environmental pollution stress**. *Water Res*, 36:2383-2393.
- Reyes, O., Sánchez, E., Cruz, M., & Romero, A. y. (1997)^[4]. **Reducción de microorganismos indicadores de contaminación en el tratamiento de aguas residuales de una instalación turística**. *Val*. 29, No. 1, 1998: CENIC Ciencias Biológicas.
- Santiago-Rodríguez, T., Tremblay, R., Toledo-Hernandez, C., Gonzalez-Nieves, J., Ryu, H., Santo Domingo, W., & Toranzos, G. (2012). Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. *Appl and Environ Microbiol*, 8(15):5160-5169.
- Staley, C., Reckhow, K., Lukasik, ..., & Harwood, V. (2012). Assessment of sources of human pathogens and fecal. *Water Research*, 2012; 46:5799-5812.
- Stefanakis, A., & Tsihrintzis, V. (2008). Mejora de la calidad de los efluentes de humedales construidos utilizando zeolita y bauxita como medios filtrantes. . EnAQUA 2008, 3rd International Conference on Water Science and Technology with Emphasis on Water & Climate (pág. pp.). Atenas, Grecia: Exhibition Center Helexpo Palace.

- Stefanakis, A., & Tsihrintzis, V. (2009)^[11]. Filtros naturales de zeolita (clinoptilolita) para el tratamiento de efluentes de dos humedales construidos con flujo subsuperficial horizontal a escala piloto. Conferencia conjunta de la Unión Hidrotécnica Griega y el Comité Griego para la Gestión de los Recursos Hídricos, Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Condiciones de Cambio Climático, (pág. pp.001). Volos, Grecia.
- Stefanakis, A., & Tsihrintzis, V. (2012). Uso de zeolita y bauxita como medio filtrante para tratar el efluente de humedales construidos de flujo vertical. Materiales microporosos y mesoporosos, 155, 106-116.
- Stefanakis, A., Akratos, C., Gikas, G., & Tsihrintzis, V. (2009). Mejora de la calidad del efluente de dos humedales construidos a escala piloto, con flujo subsuperficial horizontal utilizando zeolita natural (clinoptilolita). Materiales microporosos y mesoporosos, 124(1-3), 131-143.
- WWAP. (2017). Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017. Colombella, Perugia - Italia: UNESCO.
- Yzquierdo, E. (2018)^[0]. Incorporación de filtros de zeolita en la calidad de agua en las captaciones del sistema de agua potable del barrio Serafinpamapa. Cajamarca: ^[0] Universidad Privada del Norte.