



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“ESTUDIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN  
COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE LOS  
RIOS DE CAJAMARCA, POR REVISIÓN SISTEMÁTICA,  
ENTRE LOS AÑOS 2016-2021”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

Ingeniera Ambiental

**Autoras:**

Rosa Angelica Ponte Huaman

Aurora Stefany Prado Salazar

**Asesor:**

Mg. Julián Ricardo Díaz Ruiz

<https://orcid.org/0000-0002-1870-6648>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Juan Carlos Flores Cerna</b>	<b>18898536</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Gladys Sandi Licapa Redolfo</b>	<b>41379556</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Maryuri Yohana Vega Eras</b>	<b>40731433</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme salud y darme fortaleza ante las adversidades, para seguir adelante en mi vida personal y profesional. A mi padre, mi amigo incondicional quien tuvo fe en mí siempre. Aunque hoy no pueda abrazarlo físicamente, lo abrazo con el alma y tú amor siempre seguirá conmigo todos los días de mi vida. A mi madre, por sus consejos, comprensión y su apoyo incondicional en mi camino profesional, siempre inculcándome valores y dándome palabras de aliento ante cualquier obstáculo de la vida.

**Stefany Prado**

A mis padres, por haberme dado la vida y por inculcarme la importancia del estudio; a mis hermanos, a mi hermana y a mis sobrinos, por el estímulo y el apoyo incondicional que siempre me brindan; y por ser ellos la inspiración para finalizar este proyecto.

**Rosa Ponte**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer primeramente a Dios por darme la fuerza para vencer todos los obstáculos que se presentaron y permitirme alcanzar este logro con éxito; también agradezco a mi familia ya que con su aporte, motivación y continua insistencia pude subir este peldaño de mi progreso profesional.

**Stefany Prado**

A Dios, por darnos la fuerza, valentía y sabiduría para culminar esta etapa académica, y a nuestro asesor, el Ingeniero Julián Díaz Ruiz, por su guía y sus enseñanzas a lo largo del proceso de investigación. A toda mi familia, por el apoyo constante.

**Rosa Ponte**

## Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>34</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>35</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	46
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	75
ANEXOS	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales .....	29
<b>Tabla 2.</b> Tipos de agua causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales .....	33
<b>Tabla 3.</b> Criterios de búsqueda .....	38
<b>Tabla 4.</b> Identificación de las metodologías de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre 2016-2021.....	79
<b>Tabla 5.</b> Determinación de los parámetros de calidad microbiológicos presentes en el agua de los ríos de Cajamarca, de la revisión sistemática de estudio .....	47
<b>Tabla 6.</b> Recuento de NMP/100mL para Coliformes totales y Coliformes termotolerantes .....	62
<b>Tabla 7.</b> Recuento Análisis descriptivo de los datos de coliformes totales .....	65
<b>Tabla 8.</b> Análisis descriptivo de los datos de coliformes y termotolerantes .....	66
<b>Tabla 9.</b> Datos estadísticos de parámetros evaluados.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de los procedimientos .....	45
<b>Figura 2.</b> Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2020 .....	58
<b>Figura 3.</b> Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2019 .....	59
<b>Figura 4.</b> Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2018 .....	60
<b>Figura 5.</b> Parámetros microbiológicos de los coliformes termotolerantes del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2019 .....	61

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021. Se utilizó el método prisma en la cual se identificaron 18 ríos de Cajamarca de investigaciones desde 2016-2021. Los resultados obtenidos fueron: en coliformes totales, el nivel más alto se dio en el río San Lucas con 54 NMP/100ml, seguido de los ríos Mashcon y San Lucas con 56.542932 NMP/100mL y finalmente el río Mashcon con 34.90000 NMP/100ml, se encuentran a nivel muy alto con la normativa D.S N° 004 – 2017- MINAM para agua, categoría 3, D2 (bebida de animales) en coliformes totales; y en coliformes termotolerantes el nivel más alto fue del río Mashcon y Bella Unión con 72.93333 NMP/100ml, seguido del río Chonta con 54 NMP/100ml se encuentran a nivel muy alto con la normativa D.S N° 004 – 2017- MINAM para agua, categoría 3, D2 (bebida de animales) y D.S. N° 015-2015-MINAM. Se concluye que el estado del agua de los ríos durante el periodo de estudio represento un riesgo tanto para la salud de las personas aledañas como para el medio ambiente.

**PALABRAS CLAVES:** calidad microbiológica, coliformes totales, coliformes termotolerantes, ríos de Cajamarca.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La contaminación de las aguas a nivel internacional ha sido una severa consecuencia de los vertidos urbanos e industriales, siendo el 72% de los lagos humedales y cuerpos del agua a nivel mundial se encuentran contaminados por vertimientos urbanos e industriales, ocasionando más de la mitad de las enfermedades infecciosas comunes. Por este motivo, es que algunos países, han buscado transformar sus sistemas de recuperación de cuerpos de agua, con la finalidad de que los lagos y los ríos, puedan limitar la recepción de desechos, aguas negras domésticas o sustancias químicas de actividades lixiviadas o agrícolas. (2019, pág. 1434).

Aparte de lo mencionado, al ahondar en el tema de la calidad del agua, se puede señalar que, el agua llega a cubrir alrededor del 70% de la superficie terrestre, en donde este porcentaje no representa un valor significativo para caracterizar el porcentaje de agua que puede ser consumida por el hombre, debido a que solo el 1% es apta para este uso, debido a que más del 97.00% es salada y se encuentra almacenada en los océanos. Así mismo, el resto del porcentaje de agua potable se encuentra distribuida en los polos, en los glaciares, en el agua subterránea y después de que este porcentaje es suprimido, se indica que el 0.30% del agua, se encuentra disponible para el consumo humano, estando repartida en los ríos y en los lagos. (2019, pág. 5).

Desde el contexto nacional, se puede señalar que uno de los grandes problemas a nivel nacional, es el poco tratamiento de los cuerpos de agua, en donde diferentes contaminantes que van directamente hacia los principales cuerpos de agua, tales como, ríos, lagos o el mar, en donde los impactos negativos del medio ambiente son incalculables. Dentro de las principales emisiones, se puede señalar la existencia de que, un tercio de estas, tienden a ser heces humanas y animales, pudiendo generar, enfermedades en la población, como el dengue o el cólera. (2019, pág. 1).

Así mismo, la turbidez existente en el agua puede llegar a generar la existencia de un mayor grado de protección en las bacterias, por lo que los análisis del agua potable representan valores de turbidez superior a lo permisible, conllevando a la proliferación de las mismas y aumentando de forma consiguiente, la demanda de cloro. Además, la existencia de diferentes sustancias peligrosas en los efluentes conlleva a que aumente la concentración de metales pesados, sobrepasando los límites máximos permisibles. (2019, pág. 23).

La realidad de la región de Cajamarca no tiende a ser diferente a la del resto del Perú, debido a que existen problemas relacionados con las redes de agua y el tratamiento que se le ofrece a este tipo de efluentes, en donde la abundante cantidad de materia orgánica, se ve reflejado en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), son dos métodos principales para medir la calidad del agua en cuanto al contenido de materia orgánica. Esto no solo tiende a generar afectaciones al medio ambiente natural, sino que suele exponer una alta

probabilidad de que se afecte la vida humana y el estado de salud de la población, demostrando la necesidad de incorporar un tratamiento de aguas residuales, eficiente. (2018, pág. 114).

Así mismo, ahondando en la justificación de la investigación, se ha contextualizado desde diferentes perspectivas, tales como: social, técnica, económica y metodológica.

Desde la perspectiva social, la investigación espera contar con una indagación profunda, hacia la calidad microbiológica del agua, en los ríos de Cajamarca, con la finalidad de que se pueda establecer un mayor nivel de conciencia, en cuanto a la contaminación del cuerpo de agua, y la carencia de medidas de compensación que se encuentran incluidos en ello.

Por lo que; desde el ámbito técnico, permitirá que demás investigadores y organizaciones relacionadas con salvaguardar no solo la calidad del agua, sino la calidad de vida, puedan tomar como referencia la base de datos consignada y el estudio, propiamente dicho, con la intención de establecer estrategias que se centren en reducir el grado de contaminación y de forma consecuente, mejorar la calidad del agua de los ríos de Cajamarca.

Referente, al ámbito metodológico, se contó con una investigación de diseño no experimental, en donde se evaluó las investigaciones referenciales hacia la

variable de estudio consignada, con la intención de poder contar con un aporte hacia el conocimiento respecto a la calidad microbiológica.

### 1.1.1. Antecedentes

#### Internacional

Lugo y Rafael (2021), el propósito de sus revisiones fue, en resaltar los indicadores biológicos más frecuentes utilizados para estimar la calidad microbiológica del agua potable y recreativa. Se utilizó como resultados los siguientes parámetros: Coliformes totales (TC) de <1.000 MNP/100 ml según decreto 1594 de 1984 y el <200 MPN/100 ml decreto 1594 de 1984 de Colombia, enterococos de 40 UFC/100ml NTS-TS 001-2, 200 UFC/100 ml y 185 UFC/100ml de la directiva 2006/7/CE del consejo europeo y *escherichia coli* 500 UFC/100 ml de la directiva 2006/7/ CE del consejo europeo.

Owens (2020), esta revisión sistemática identifica, categoriza y sintetiza críticamente y revisa por pares estudios de casos académicos de implementación de QMRA (evaluación cuantitativa de riesgos microbianos en español) para suministros públicos distribuidos de agua potable existentes. Treinta y nueve estudios académicos revisados por pares en inglés publicados entre 2003 y 2019 lo más utilizado con frecuencia fue *Cryptosporidium* (utilizado en 26 publicaciones; 30% del total de usos de patógenos de referencia por publicación) y el único otro patógeno protozoario de referencia utilizado fue *Giardia* (utilizado en 17 publicaciones; 20% de usos de patógenos de referencia por publicación). Todos los

estudios que evaluaron *Giardia* también evaluaron *Cryptosporidium*. De los patógenos bacterianos de referencia utilizados, *Escherichia coli* fue el más común (usado en 12 publicaciones; 14% de referencia usos de patógenos por publicación. Su uso fue reportado en el nivel de especie, como *E. coli* patógeno, *E. coli* O157, *E. coli* O157:H7 y como el patotipo enterotoxigénico.

Pauta G. (2020), se plantearon como objetivo general, el determinar los indicadores bacteriológicos de contaminación fecal, en los ríos de la localidad de Cuenca. Se utilizó la técnica de los Tubos Múltiples expresado como NMP/100 ml. En coliformes totales de fase presuntiva: se incubaron las muestras diluidas a  $35.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  durante  $24 \pm 2$  horas considerándose como positivos los tubos con producción de gas, turbidez y un ambiente ácido (color amarillo). Y al volverlo examinar en  $48 \pm 3$  horas y en fase confirmatoria: se incubaron los tubos a  $35.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  durante  $48 \pm 3$  horas; la formación de gas en el vial invertido en el medio de fermentación representó un resultado positivo en la fase confirmatoria, calculándose el valor del NMP a partir del número de tubos positivos y en coliformes fecales o termotolerantes fue de tubos positivos del caldo lauril triptosa con púrpura de bromocresol, se transfirió una muestra con un asa estéril de 3 mm de diámetro al medio EC y se incubó a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2$  durante  $24 \pm 2$  horas. Los resultados se expresaron en NMP/100 ml de muestra, de valores en referencia bajo la normativa TULSMA de Ecuador.

Vega y Serafin (2019), planteo como objetivo general, determinar mediante una revisión bibliográfica exhaustiva las condiciones de calidad microbiológica del agua de consumo humano en el Cantón Palestina provincia del Guayas, obtenido como método la presencia de coliformes fecales y totales mediante el método filtración de membrana y cuantitativo por la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y confirmación por el método Numerosas Probable (NMP) (218 UFC identificados en 12 muestras de agua de tanque en 12 domicilios diferentes) según las Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 11.08:2014, concluyendo en que se registró el 53,5% de coliformes totales en agua potable y no cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la normativa ecuatoriana.

Ospina (2018), se ha planteado como objetivo general, el evaluar la calidad microbiológica del Río Magdalena y el potencial de empleo de esta misma. Los resultados fueron en 241.960 NMP/100 ml de coliformes totales como el más alto en temporada seca y 241.960 NMP/100 ml de coliformes fecales o termotolerantes en temporada de lluvia, comparando con la normativa Colombiana Decreto 1594 del Ministerio de Agricultura, establece que la calidad microbiológica de los C.T. Deben ser inferiores a 20000 NMP/100 ml y los C.F. o C.TT. a 2000 NMP/100 ml, lo cual no se cumplió en todo el tramo evaluado, estando por debajo del máximo permisible.

### **Nacional**

Pacherres (2019), se ha planteado como objetivo general, el determinar la calidad de las aguas de la cuenca del Río Chillón, Lurín y Rímac, en donde se ha

considerado como indicadores primordiales, al indicador químico y biológico. La metodología se ha caracterizado por haber sido de diseño no experimental, y transversal, en donde se ha considerado al método descriptivo, para realizar el análisis de datos. Los resultados han expuesto que, los parámetros físicos que fueron evaluados, han sido el PH, la temperatura, la conductividad eléctrica y la concentración de sólidos disueltos totales. Así mismo, se ha concluido que, dentro de los parámetros biológicos, se ha encontrado una cepa de *Vibrio Cholerae*; así como, huevos de helminto en las estaciones siguientes: RC 03 y RC 04.

Fajardo (2018), se ha planteado como objetivo general, el evaluar la calidad microbiológica y físico química, en las aguas de conservación regional Humedales de Ventanilla. La metodología se ha caracterizado por haber sido de enfoque cuantitativo, en donde el nivel fue el descriptivo, habiendo contado con una muestra conformada por 47 unidades de muestreo y habiendo consignado el uso de fichas de observación y fichas documentales, como instrumentos de recolección de datos. Los resultados han evidenciado que, se han encontrado altas concentraciones de coliformes fecales, en donde el valor fue de 7900 NMP/100 ml, determinando de forma consiguiente a la presencia de *Escherichia coli*. Así mismo, se ha concluido que, los metales pesados que se evidenciaron dentro del área de estudio, fue el As, Cu, Cd, entre otros.

## Local

Castillo y Quispe (2019), se han planteado como objetivo general, el determinar la calidad físico química y la calidad microbiológica, en el Río Chonta, que han llegado a impactar en las aguas residuales urbanas e industriales de la localidad de Baños del Inca. La metodología de la investigación se ha caracterizado por haber sido de diseño no experimental, en donde se ha considerado como unidades de muestreo, a dos puntos monitoreados, en donde la recolección de datos fue realizada por medio de las fichas de observación. Los resultados han demostrado que, los estándares de calidad del agua con los que se evaluó el cuerpo de agua, fue el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, en donde se ha podido determinar la carencia de calidad en los valores de DBO 5, DQO y los coliformes fecales. Así mismo, se ha concluido que, el valor de DBO 5 fue de 115 mg O<sub>2</sub>/L y la concentración de coliformes fecales fue de  $54 \cdot 10^5$  NMP / 100 ml.

Escalante (2018), se ha planteado como objetivo general, el caracterizar a las aguas del Río Mashcón y San Lucas, la que ha sido considerada como una fuente amplia de las lagunas de estabilización de la localidad de Cajamarca. La metodología se ha caracterizado por haber sido de diseño no experimental, en donde se ha contado con un nivel descriptivo, y se ha considerado como objeto de estudio, a las aguas del Río Mashcón y San Lucas, habiendo recolectado los datos por medio de fichas de observación. Los resultados han señalado que, todos los puntos de evaluación han expuesto carencias, en cuanto a parámetros fisicoquímicos, dentro de lo que se ha

podido evidenciar a la concentración de manganeso (0.22 mg/L) y la cantidad de coliformes totales alcanzados, en donde se ha determinado el valor final de 5 654 293.20 NMP/100 mg/L. Mientras que, se ha concluido que, la calidad ambiental del agua fue de categoría 3, habiendo demostrado la existencia de indicadores de contaminación, tanto biológica, como orgánica.

Palomino (2018), se ha planteado como objetivo general, el evaluar la calidad del agua en el Río Mashcón, ubicado en la localidad de Cajamarca. La metodología ha expuesto el haber contado con un nivel descriptivo y un diseño no experimental, en donde se ha considerado como tamaño muestra, a un total de 5 unidades de muestreo, en donde se ha evidenciado la recolección de datos, por medio de las fichas de observación. Los resultados han demostrado que, los contaminantes más determinantes que fueron encontrados, alcanzado a ser el BDO5 y el DQO, en donde la calidad ambiental del cuerpo de agua evaluado, fue carente. Mientras que, se ha concluido que, las condiciones evaluadas, han sobrepasado las concentraciones normales de DBO 5 y DQO, generando de esta forma, la perturbación general, del cuerpo de agua.

Ramírez (2021), para llevar a cabo esta investigación se tuvo que determinar la calidad del agua superficial de la cuenca del río Chonta, se realizaron muestreos durante tres semanas comparando así entre ellas la remoción de los parámetros físicos químicos y bacteriológicos a la salida de cada filtro. Teniendo así como resultados en el filtro ascendente y descendente en color verdadero una disminución máxima del

50.00 % en un filtro ascendente, 50.00% en un filtro descendente; en la turbidez disminuyendo a un 53.85% en un filtro ascendente, 30.76% en un filtro descendente; en coliformes totales una disminución del 60.61% en un filtro ascendente; 30.30% en un filtro descendente; en coliformes termotolerantes en un 70.59% en un filtro ascendente, 33.68% en un filtro descendente, con estos resultados obtenidos la hipótesis no se cumplió ya que el agua filtrada por el filtro lento de arena ascendente y descendente si bien mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua pero a su vez no se estabiliza la calidad del agua.

Guevara y Zurita (2021), esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de consumo humano del caserío la Huaca, en cinco puntos de muestreo seleccionados de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano, aprobado por el D.S. N° 031-2010-SA. Para ello se comparó los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los límites máximos permisibles según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobado por el D.S. N° 031-2010-SA y los estándares de calidad ambiental subcategoría A1 aprobados por el D.S. N° 004-2017-MINAM. Finalmente se concluyó que, el agua en los cinco puntos muestreados de la población del caserío La Huaca no es apta para consumo humano, debido a la presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes, el cual pertenece a la categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), al requerir solamente desinfección para la potabilidad del agua; por lo que debe pasar por un proceso de tratamiento. Con

respecto a los parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los valores aceptables.

Boñon y Mercado (2021), características hidrogeológicas del manantial "El Puquio" para determinar su zona de recarga se realizaron un análisis fisicoquímico y de parámetros no específicos como es pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Total de Sólidos Disueltos; en cuanto al valor más alto en coliformes totales fue de 40 NMP/100 mL, demostrando una alta concentración de Coliformes Termotolerantes el cual sobrepasa los límites establecidos por decreto supremo N° 015-2015-MINAM que habla de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, de categoría A1.

Pérez y Valenzuela (2021), para sus respectivos análisis, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Privada del Norte para analizar las características fisicoquímicas y organolépticas, al laboratorio de la Dirección regional de salud (DIGESA) y Laboratorio Regional del Agua para analizar las características microbiológicas. Los resultados en cuanto al valor más alto de las tres réplicas o muestras de coliformes totales fue de 47 NMP/100 ml y en coliformes termotolerantes, los tres valores de las muestras resultaron en 1 NMP/100 ml cada uno, en los cuales, los coliformes totales y termotolerantes de las tres réplicas en el punto de captación se encuentran debajo el rango establecido por el D.S N° 004 – 2017 MINAM.

Meléndez U. (2021), se realizó la evaluación de fuentes alternas de agua potable para el servicio de abastecimiento de la ciudad de San Marcos identificando que el potencial de hidrogeno cumple con los parámetros accesibles para el consumo humano 6.5 unidades de pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) cumple con los límites máximo permisible 500 mg/l. para el consumo humano, la demanda química de oxígeno (DQO) cumple con los límites máximos permisibles 1000 mg/l. para el consumo humano, y en cuanto a Los coliformes termotolerantes el nivel más alto de las tres muestras obtenidas fue de 631 NMP/100 ml, en la cual no cumple DS N° 002 – 2008 – MINAM, con los límites máximo permisibles Reglamento de la

Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031 – 2010 – SA. Así mismo pudo identificar que el potencial de hidrogeno no cumple con los parámetros accesibles para el consumo humano 9.5 unidades de ph, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) no cumple con los límites máximo permisible 743 mg/l. para el consumo humano, la demanda química de oxígeno (DQO) no cumple con los límites máximos permisibles 1200 mg/l. para el consumo humano.

## 1.1.2 Bases Teóricas

### Calidad microbiológica

La calidad microbiológica son los microorganismos que advierten un manejo inadecuado o de contaminación en la que se incrementa el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en alimentos, aire, agua o suelo. En los productos perecederos pueden indicar condiciones inadecuadas de tiempo y temperatura durante su almacenamiento. Es por ello que los microorganismos indicadores pueden ser útiles para determinar el aseguramiento de la eficiencia de limpieza y desinfección y así garantizar el control de las condiciones de higiene. (2016, pág. 6).

Los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los sistemas acuáticos, debido a que las variables físicas y químicas no determinan con precisión la calidad de las aguas y sólo dan una idea específica sobre ella. Peces, algas, protozoos y otros grupos de organismos han sido recomendados para valorar la calidad del agua, pero los macroinvertebrados son el grupo más usado como indicador del estado ambiental de las quebradas y ríos por ser muy sensibles a los cambios de su ambiente (Hellawell, 1986 en Alba Tercedor, 1996) y más vulnerables a las perturbaciones antropogénicas por vivir en hábitats de pequeña escala (La Bonte 2001).

Varios organismos patógenos de transmisión fecal-oral pueden estar presentes en el agua cruda, entre ellos bacterias como la *Salmonella* sp, *Shigella* sp,

Coliformes Termotolerantes y Totales, las cuales han sido encontradas en abastecimientos de agua potable. (Zapata & Caicedo, 2008)

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. (Zapata & Caicedo, 2008)

En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias Coliformes Termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. (Zapata & Caicedo, 2008)

En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo, cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad. (OMS O. M., 2008)

### **Agua**

Es considerada como uno de los elementos de mayor relevancia dentro del mundo, a consecuencia de que esta pueda contar con condiciones físico químicas, hasta al punto, en donde las temperaturas de transformación puedan pasar desde un

estado a otro, llegando a ser tomadas como puntos fijos de alta relevancia, a pesar de que los puntos de ebullición y de congelación, puedan ser normales, debido a diferentes asociaciones moleculares. (2017, pág. 3).

### **Coliformes totales**

Los coliformes totales se usan como una indicación de contaminación fecal. En el caso de cursos de agua muy contaminados, los coliformes fecales se determinan a partir de un ensayo a una temperatura más alta (44°C). La enumeración de indicadores bacterianos es llevada a cabo mediante dos métodos alternativos, la técnica de fermentación de tubos múltiples (Número más Probable, NMP), y el filtro de membrana (FM). Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S y Gómez, A. (noviembre, 2005).

Son microorganismos de la familia de las Enterobacterias. Comprenden distintos géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*. También la presencia de este parámetro bacteriológico indica en el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica y origen fecal, ya sea por humanos o animales. Sierra (2021, pág. 315)

Oblitas y Torres (2016), definen que son todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 ° C y producen ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. La prueba más

relevante utilizada para la determinación de coliformes, es la hidrólisis de la lactosa. El rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima  $\beta$ -D-galactosidasa. Para la determinación de la  $\beta$ -D galactosidasa se utilizan medios cromogénicos tales como el Agar Chromocult para coliformes. Actualmente, no se recomienda para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que muchos de sus miembros pueden encontrarse de forma natural en aguas, suelos o vegetación.

Técnica para la determinación de coliformes totales.

Podemos estudiar su presencia y cuantificar su concentración mediante: determinación del NMP y filtración de membrana.

Prueba presuntiva: el objetivo es manifestar la fermentación de la lactosa con producción de gas. Tras la incubación a 36 ° C.

Prueba confirmatoria: consiste en sembrar de nuevo una muestra de los tubos positivos en caldo lactosado para observar acidificación del medio y producción de gas.

### **Coliformes termotolerantes**

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. 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 el microbiota intestinal,

siendo *Escherichia coli* la más representativa, con un 90-100 %. Prada (2019, pág. 55).

Tienen un origen específicamente fecal, pues están siempre presentes en grandes cantidades

Técnica para la determinación de coliformes totales.

- Podemos estudiar su presencia y cuantificar su concentración mediante: determinación del NMP y filtración de membrana.
- Prueba presuntiva: el objetivo es manifestar la fermentación de la lactosa con producción de gas.
- Prueba confirmatoria: consiste en sembrar de nuevo una muestra de los tubos positivos en caldo lactosado y se incuban a 44 ° C durante 48 horas. La prueba completa incluye la siembra en un medio sólido selectivo para coliformes (Agar ENDO o EMB).

## **Ríos**

Hernández (2018), determina que es una corriente natural de agua continua y más o menos caudalosa". Comúnmente, la palabra río está referida a un flujo superficial por un cauce. En la ciencia de la hidro geomorfología, el concepto de río se ha transformado hasta alcanzar un avance considerable al incluir las cuatro dimensiones o gradientes llamados longitudinales, transversales, verticales y temporales que son los controles fundamentales de la estructura del ecosistema y de los procesos de los ríos: (i) la dimensión longitudinal (en sentido ascendente y

descendente) Generalmente se reconocen tres zonas: las cabeceras, la zona de transferencia y la zona de deposición; (ii) la dimensión transversal (a través del canal, llanuras de inundación y pendientes) está relacionada con los intercambios entre el curso de aguas y las zonas aluviales ribereñas que engloba la diversidad de ecosistemas interactuantes; (iii) la dimensión vertical (aguas superficiales, aguas subterráneas y sus interacciones) que se refiere a la estratificación de los ecosistemas de superficie (terrestres y acuíferos) y de las aguas subterráneas del acuífero aluvial; y (iv) la dimensión temporal (a través del tiempo, de la respuesta temporal al cambio evolutivo) que incluye todos los cambios que se producen a diversas escalas, bien de origen natural, bien provocados por impactos directos o indirectos de actividades humanas. (2018, pág. 4).

### **Cajamarca**

Situada en la parte nororiente del territorio peruano, abarca espacios de la región sierra en la parte alta del lado oriental de la cordillera de los andes, la ceja de selva y selva alta. Tiene una superficie de 1469.48 km<sup>2</sup>. Entre sus límites están por el norte con la república del Ecuador, por el este con el departamento de Amazonas, por el sur con La Libertad y por el oeste con Lambayeque y Piura. El clima es seco, templado y soleado Su temperatura media anual es de 15,8 °C. Durante el día, refrigerado en la noche Temperatura media anual: máxima media 21°C y mínima media: 6°C. Sus principales cuencas hidrográficas son: Marañón, conformada por

los ríos Chinchipe, Chamaya, Llancano, Lunyhuy, Llanguat y Crisnejas principalmente, y la cuenca del Pacífico, conformada por los ríos Sangarará, Chancay, Saña, Chilete - Tembladera (afluentes del Jequetepeque), Chicama y otros, Noemi., (2021, pág. 110).

### **Revisión sistemática**

Una revisión sistemática es un artículo de «síntesis de la evidencia disponible», en la cual se realiza una revisión de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios, con la finalidad de resumir la información existente respecto de un tema en particular. Los investigadores luego de recolectar los artículos de interés; los analizan, y comparan la evidencia que aportan con la de otros similares. Las razones que justifican la realización de una revisión sistemática son: cuando existe incertidumbre en relación al efecto de una intervención debido a que existe evidencia contrapuesta respecto de su real utilidad; cuando se desea conocer el tamaño del efecto de una intervención; y, cuando se desea analizar el comportamiento de una intervención en subgrupos de sujetos, Universidad de Sevilla (2020, pág. 18).

## **Calidad del agua**

La calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar, MINAM (2019, pág. 32).

## **Materia orgánica**

Además de ello, las aguas pueden llegar a contar con grandes cargas de materia orgánica, la cual puede encontrarse disuelta o en estado coloidal, en base a su naturaleza reductora y a los elementos inorgánicos de diferente composición, los cuales pueden partir nutrientes, hasta sustancias tóxicas y peligrosas. (2019, pág. 54).

A consecuencia de ello, es que la reutilización de agua contaminada o con una carga microbiológica considerable, deberá de realizarse por medio de tratamiento físico, biológico y químico, con la finalidad de que se alcance el acondicionamiento y el aprovechamiento de recursos de tipo hídricos, procurando que se pueda abastecer y compensar las necesidades de tipo sociales y económicas, en donde la conformación de un sistema sustentable, llega a ser considerada como una solución a largo plazo, respetando de forma consiguiente, los parámetros mínimos de calidad, Jiménez (2017, pág. 133).

De acuerdo a la ONU (Organización de las Naciones Unidas), aproximadamente el 50% de la población a nivel mundial, llega a estar afectada principalmente por la contaminación del agua, trayendo como consecuencia una

demanda irracional de recursos hídricos, lo cual es consecuencia directa de un mal manejo de este recurso y a carentes sistemas de saneamiento, Olarte y Gonzales (2018, pág. 48).

**Tabla 1.**

*Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales*

<b>Contaminantes</b>	<b>Parámetro de caracterización</b>	<b>Tipo de efluentes</b>	<b>Consecuencias</b>
			Depósitos de barros
<b>Sólidos suspendidos</b>	Sólidos suspendidos totales	Domésticos	Adsorción de contaminantes
		Industriales	Protección de patógenos
<b>Sólidos flotantes</b>	Aceites y grasas	Domésticos	Problemas estéticos
		Industriales	
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	DBO5	Domésticos	Consumo de oxígeno
		Industriales	Condiciones sépticas

<b>Patógenos</b>	Coliformes	Domésticos	Enfermedades transmitidas por el agua
<b>Nutrientes</b>	Nitrógeno Fósforo		Crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor)  Enfermedades de niños (nitratos)  Contaminación del agua subterránea  Espumas (detergentes)
<b>Compuestos no Degradables</b>	Pesticidas Detergentes Otros	Industriales Agrícolas	Reducción de la transferencia de oxígeno  No biodegradabilidad  Malos olores

			Inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales
<b>Metales pesados</b>	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.)	Industriales	Problemas con la disposición de los barros en la agricultura
			Contaminación del agua subterránea

Nota: Camacho y Gallos, (p.8) Parámetros de mayor riesgo ambiental provenientes de efluentes.

Cuando se pretenden analizar a los indicadores biológicos, se ha establecido que esto requiere de monitorear los diferentes cuerpos de agua, en donde la importancia está relacionada directamente con la gestión de los recursos por los que se permite vigilar la existencia de indicadores de tipo físico químico y biológico. Mientras que, cuando se habla acerca de los indicadores biológicos, es que los organismos analizados, llegan a ser puntuales, selectos y sensibles, los cuales permiten que se evidencie la alteración ambiental, antes de que el daño deje de ser reversible Villena (2018, pág. 119).

Los ríos, se caracterizan por presentar diferentes agentes microbianos, en donde resulta necesaria la necesidad de conocer y de poder distinguir los diferentes patógenos y no patógenos, con la finalidad de que se pueda definir adecuadamente los indicadores de carácter microbiológico de alta calidad, con la finalidad de que se

pueda hacer prevalecer la seguridad microbiana de sistemas acuáticos. Así mismo, dentro de los organismos biológicos más comunes, se puede encontrar lo siguiente: El *Vibrio cholerae* es un bacilo curvo, móvil que se caracteriza porque fermenta a la sacarosa y la glucosa; así como, el hecho de que estos no son capaces de producir gas. Además de ello, este habita en un ambiente acuático y cuenta con preferencias relacionadas a los niveles moderados de salinidad. Sin embargo, estos pueden estar presentes en agua dulce y existir en diferentes temperaturas que permiten que se

module el ciclo de vida del mismo. Además de ello, esta causa infección en humanos que son de gran importancia para salvaguardar la salud pública, pudiendo causar cólera o alguna enfermedad de tipo epidémica no contagiosa, Calla (2019, pág. 152).

Además, los huevos de helmintos son considerados como aquellos indicadores de contaminación fecal, los cuales se han encontrado en diferentes tipos de agua y han contado con contacto directo con agricultores o consumidores, al ser consumidos tanto por el riego de cultivos, con el agua contaminada o al beber esta agua, generando de forma consiguiente, la proliferación de infección de los agentes patógenos, Lucas y Carreño (2018, pág. 112).

La prueba de sensibilidad antimicrobiana, es considerado como un método estandarizado por el CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute), el cual puede realizarse por medio de diferentes métodos, considerando de esta forma, a la difusión por agar, la cual es la más común dentro del análisis biológico de los cuerpos

de agua, en donde se permite la medición de la formación que se produce a consecuencia de la acción de discos de antibióticos sobre el inóculo bacteriano puro Olarte y Gonzales (2018, pág. 108).

**Tabla 2.**

*Tipos de aguas causadas por los contaminantes presentes en aguas residuales*

Parámetro	Unidad	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado A3
		VALOR	VALOR	VALOR
<b>Microbiológico</b>	μ			
<b>Coliformes termotolerantes</b>	NMP/100ml	20	2 000	20 000
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100ml	50	**	**

<b>Enterococos fecales</b>	NMP/100ml	0	0	0
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP/100ml	0	0	0
<b>Formas parasitarias</b>	Organismos/l litro	0	0	0
<b><i>Giardia duodenalis</i></b>	Organismos/l litro	Ausen cia	Ausen cia	Ausen cia
<b><i>Salmonella</i></b>	Presencia/10 0ml	Ausen cia	Ausen cia	Ausen cia
<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	Presencia/10 0ml	Ausen cia	Ausen cia	Ausen cia

---

Nota: Flores Bernuy, (2005, p. 30) Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la medida de NMP en coliformes totales de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021.
- Determinar la medida de NMP en coliformes termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021.
- Comparar los resultados de los estudios de coliformes totales y coliformes termotolerantes evaluados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM y con el Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 015-2015-MINAM.

#### **1.3.3 Hipótesis**

##### **Hipótesis General:**

La calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021, exceden los límites máximos permisibles y no cumplen con los estándares de calidad ambiental.

### **Hipótesis Específicas:**

- Los datos de las medidas de los NMP de coliformes totales sobrepasa los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, al igual que los Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 015-2015-MINAM, haciendo el agua de mala calidad.
- Los datos de las medidas de los NMP de coliformes termo tolerantes sobrepasa los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, al igual que los Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 015-2015-MINAM, haciendo el agua de mala calidad.
- Los resultados obtenidos de coliformes totales y coliformes termo tolerantes exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, al igual que los Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 015-2015-MINAM.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **1.4 Tipo de investigación**

El siguiente trabajo de investigación es de tipo no experimental, siendo transversal o transeccional, en la cual la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado y siendo de tipo descriptivo y correlacional – causal. (2018).

## **1.5 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **Población**

La población referida en la investigación fueron los 40 artículos indexados de diversas bases de datos que están disponibles en línea que pueden ser consultadas usando las cadenas de búsqueda definidas para obtener estudios candidatos para la revisión. A su vez, los criterios de inclusión y exclusión fueron aplicados en todas las etapas para el análisis crítico y análisis de sensibilidad a fin de suprimir los sesgos de selección, en tal sentido, se incluyeron tantos artículos publicados a escala mundial entre los períodos 2016 y 2021, es decir en los cinco últimos años, incluyendo artículos de investigación en idioma español, publicados en revistas indexadas que adhieran información y data necesaria para el desarrollo.

### **Muestra**

En la muestra se obtuvo de todos los artículos que cumplen con todos los criterios de inclusión y exclusión, es decir de 18 artículos de ríos seleccionados con datos de interés para la investigación.

Para un breve resumen se presenta el siguiente cuadro de criterios de búsqueda:

**Tabla 3.**

*Criterios de búsqueda*

<p>MUESTREO</p>	<p>Muestreo por conveniencia para la inclusión de artículos mediante criterios de selección.</p>	
<p>CRITERIOS DE SELECCIÓN</p>	<p>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar los estudios de la calidad microbiológicas del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca.</li> <li>-Publicaciones de trabajos de investigación entre los años 2016-2021.</li> <li>-Investigaciones publicadas en español.</li> <li>-La muestra ha sido de 18 estudios de coliformes totales y termotolerantes con datos de interés para la investigación.</li> <li>-Estudios que brinden datos sobre los parámetros microbiológicos del agua.</li> <li>-Estudios publicados a nivel mundial.</li> </ul>

		<p>-Estudios publicados en revistas indexadas.</p>
	<p>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</p>	<p>- Estudios que no contengan información veraz sobre la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca.</p> <p>-Estudios publicados antes del periodo 2016.</p> <p>-Estudios publicados en revistas no indexadas.</p> <p>-Publicaciones que estén duplicadas.</p> <p>-Publicaciones que no tengan relación con la pregunta de investigación.</p>

UNIDAD DE ANÁLISIS	-Repositorios de universidades peruanas  Universidad Privada del Norte  Universidad Nacional de Jaén  Universidad Nacional de Cajamarca  Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo  Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas  Universidad Privada Antenor Orrego  Universidad Alas Peruanas  Universidad César Vallejo  -Google Académico
-----------------------	---

Nota: Estudio de calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años (2016-2021).

## **1.6 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **Técnicas**

En las técnicas se utilizó en primer lugar la recolección, en la cual se reunía en orden la búsqueda realizada, luego se realizó un registro en Excel de todas las investigaciones obtenidas y, por último, se realizó un análisis de información en la cual se obtendría la similitud de las conclusiones o resultados obtenidos con el título de nuestra investigación.

### **Recolección de datos**

Se recolecto la información a través de una revisión de búsqueda limitada en las bases de datos usando palabras claves “calidad microbiológica”, “coliformes totales”, “coliformes termotolerantes” y “ríos de Cajamarca” en repositorios de universidades peruanas las cuales fueron: Universidad Privada del Norte, Universidad Nacional de Jaén, Universidad de Cajamarca, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Universidad Privada Antenor Orrego, Universidad Alas Peruanas, Universidad Cesar Vallejo, y en Google académico en la cual, se utilizó el método prisma para la presente investigación.

<b>FUENTE</b>	<b>N° TOTAL DE ARTICULOS ENCONTRADOS</b>
<b>GOOGLE ACADEMICO</b>	20
<b>REPOSITORIOS DE UNIVERSIDADES PERUANAS</b>	20
<b>TOTAL</b>	40

### **Validación de Instrumentos**

Son plataformas de internet como google académico, repositorios de universidades, las cuales son confiables y de uso cotidiano, por lo mismo no necesitan ser validadas.

#### **2.1. Procedimiento**

El procedimiento a elaborar se dio en la revisión una primera etapa como una búsqueda limitada en las bases de datos usando palabras claves “calidad microbiológica”, “coliformes totales”, “coliformes termotolerantes” y “ríos de Cajamarca” en bases de datos de diversos repositorios de universidades peruanas, posteriormente se procedió a elaborar la siguiente ecuación de búsqueda:

**Ecuación 1.**

Ecuación de búsqueda N° 01

$$E = (((\textit{calidad microbiologica}) \textit{AND} (\textit{coliformes totales}))) \textit{AND} (\textit{rios de Cajamarca}))$$

Nota: Adaptado de bases neurales de la aversión a las pérdidas en contextos económicos: revisión sistemática según las directrices PRISMA, 2020

**Ecuación 2.**

Ecuación de búsqueda N° 02

$$E = (((\textit{calidad microbiologica}) \textit{AND} (\textit{coliformes termotolerantes}))) \textit{AND} (\textit{rios de Cajamarca}))$$

Nota: Adaptado de bases neurales de la aversión a las pérdidas en contextos económicos: revisión sistemática según las directrices PRISMA, 2020

**Ecuación 3.**

Ecuación de búsqueda N° 03

$$E = (((\textit{calidad microbiologica}) \textit{AND} (\textit{coliformes totales}))) \textit{AND} (\textit{coliformes termotolerantes}))$$

Nota: Adaptado de bases neurales de la aversión a las pérdidas en contextos económicos: revisión sistemática según las directrices PRISMA, 2020

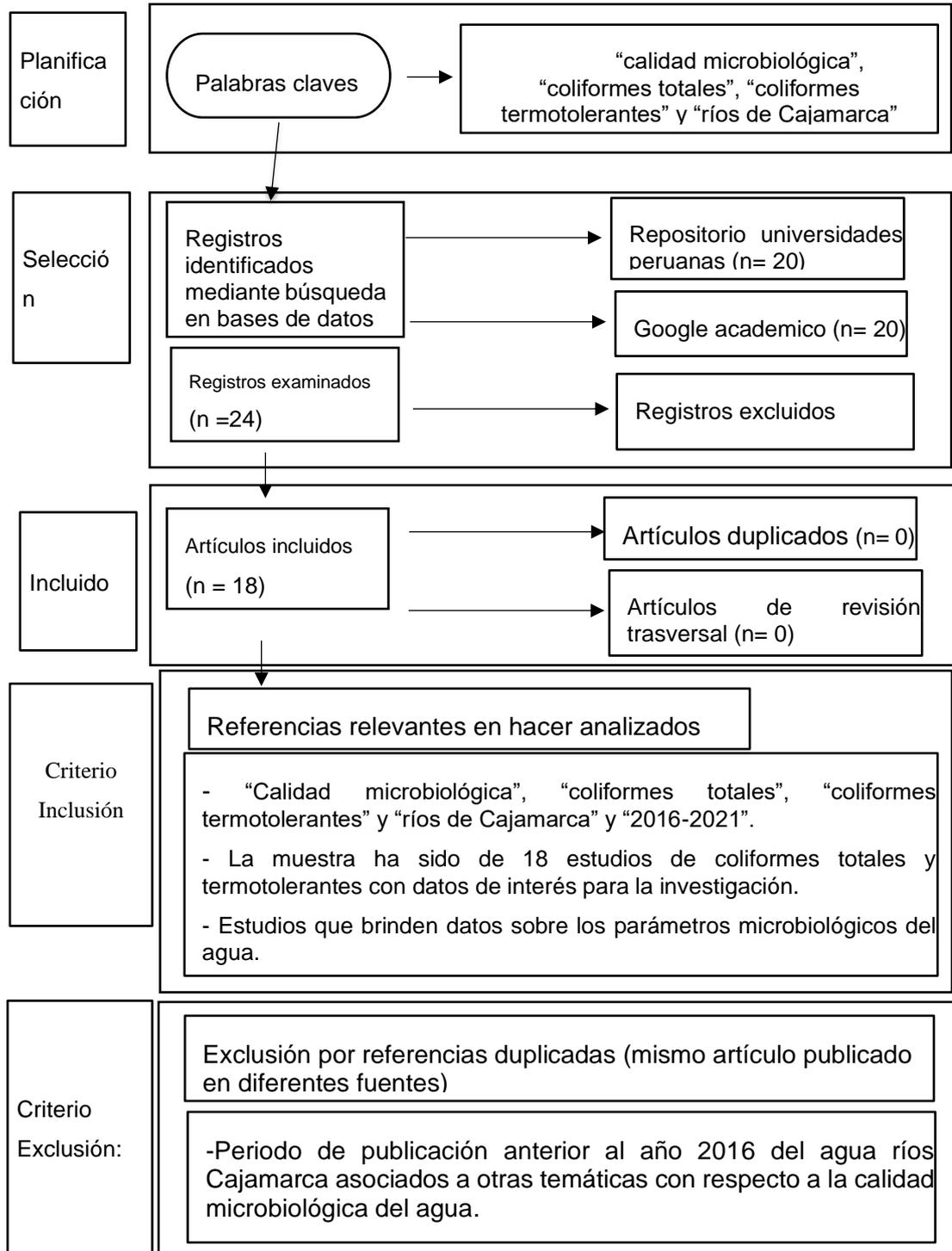
Las presentes formulas, se elaboraron acorde a las búsquedas avanzadas de los repositorios seleccionados, luego, se seleccionó aquellos artículos que contuvieron estas palabras claves en el título y el resumen, para decidir si contendrá información de interés que describan de manera fiable los principales indicadores de aplicación de los parámetros de calidad microbiológica de diversas fuentes de agua en la región

Cajamarca, también se buscaron artículos de revisión para la selección transversal de estudios primarios.

En la segunda etapa se realizó una filtración de información para escoger y seleccionar los artículos más relevantes para el aporte en el tema de investigación mediante una lectura generalizada, mientras que en la tercera etapa se desarrollará el análisis de las listas de referencia de todos los artículos identificados para estudios adicionales. Así está información contenida en los documentos, dicha información será seleccionada y plasmada en el trabajo de investigación según sea necesario.

**Figura 1.**

*Diagrama de flujo de los procedimientos.*



Nota: las autoras.

### **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

Para determinar los estudios de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021, se utilizó el método de investigación Prisma.

**3.1.1 Determinar los parámetros de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre 2016-2021**

**Tabla 4.**

*Determinación de los parámetros de calidad microbiológica presentes en el agua de los ríos de Cajamarca, de la revisión sistemática de estudio*

Autor	Parámetros de calidad microbiológica presentes en el agua			Otros
	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Conductividad eléctrica	
Boñon Vargas, Diego Alexander	33NMP/100mL			133 mg/L solidos disueltos totales
Mercado Cortez, Regina Angiel	(CT), M. Puquio	-	191 µs/m	pH: 6,66
(2021)	40NMP/100mL		conductividad eléctrica	Temperatura: 18,6°C
	(CT), Ronquillo			
Garay Román, Juan Manuel	33	1,55		Turbidez: 1,58 UNT y 1,78 UNT
Guevara Fonseca, Orlando	NMP/100mL (CT)	NMP/100 ml (CTT) a	-	pH: 7,12 a 7,53
		3,7 NMP/100 ml		DBO <sub>5</sub> : 2,583 – 2,846 mg/L
		(CTT)		

Zurita Montalban, Iban (2021)			
Pérez Leyva, Emerson Robert  Valenzuela Zuloeta, Jorddydt Hitlerdt (2021)	-                      -                      -		Turbidez: 5 UNT  pH: 6,5 y 8,5  Dureza: 500 mg/L  DBO: 3 mg/L  DQO: 10 mg/L
Jimenez Cotrina, Jhon Abner  Llico Portal, Merly Evellin (2020)	CT:49, 6 y 4 NMP/100mL (CT) y 40,170 y 33 NMP/100mL (CT)	-                      -	pH: (4-4,5) y (8-8,4)  Temperatura °C:(12,5-25,4) °C y (12,5-23) °C  DQO: 40 mg/L
Calua Cieza, Jenny Geisi  Carrasco Huamán, Luis Alfredo (2020)	-                      -                      -		pH: 7,20  ICA-NSF: 67,63; 66,22; 65 y 66,28

	<5,1x10 <sup>2</sup> UFC/100mL a 35°C (CT)	y >1 UFC/100mL a 45°C (CTT)	
Escobedo Vásquez, Carlos Alberto	<4,8x10 <sup>2</sup> UFC/100mL a 35°C (CT)	y <19 UFC/100mL a 44,5°C (CTT)	ICSPS: 0,416; 0,453; 0,453 y 0,49
Meléndez Abanto, Wily Esmiht (2020)	<5,3x10 <sup>2</sup> UFC/100mL a 35°C (CT)	y <19 UFC/100mL a 44,5°C (CTT)	- Turbidez: 8,13 UNT y 7,62 UNT pH: 6,5 a 8,5
	<6,3x10 <sup>2</sup> UFC/100mL a 35°C (CT)	y <14 UFC/100mL a 44,5°C (CTT)	
Calla Cacho, Keilly Clarisa			
Castrejón Chávez, María Catalina (2020)	<1.8 UFC/100 ml (CT)	-	- Conductividad: 196,55 µS/cm y 169,47 µS/cm

Montalvo Quiroz, José Smith				
Quispe Becerra, Miguel	-	33 NMP/100 ml y 350 NMP/100 ml	-	DBO: 22 mgO <sub>2</sub> /L y 31 mgO <sub>2</sub> /L
(2020)				
Tacilla Fernández, María Cristina				
(2020)	-	-	-	pH: 6,8 a 8,5 Temperatura: 3°C Conductividad: 62,20 a 80,00 μS.cm <sup>-1</sup>
Ismael Suárez Medina				
(2020)	CT: 54 NMP/100mL	-	-	Turbidez: 0,05 a 1,11 UNT pH: 6,95 a 7,90 Temperatura: 13,1°C a 14,4°C CF: 1,0 a 170 NMP/100MI Color: menor al LCM
Guevara Guevara, Wiston				
(2020)	CT: 34.9 NMP/100mL	-	-	pH: 0,7 mg/L y 154 mg/L DBO: 290 mg/L

					DQO: 385,9 mg/L
					STT: 0,7 mg/L y 154 mg/L
Ayala Salazar, Cristian Jarol					pH: 8,41 y 8,48
Vera Vásquez, Grover	CT: 54		-	-	DBO <sub>5</sub> : 21,2 mg O <sub>2</sub> /L y 369,5 mg O <sub>2</sub> /L
(2020)	NMP/100 ml				DQO: 43,9 mg O <sub>2</sub> /L y 721,9 mg O <sub>2</sub> /L
Zoila Yanet Marín Villanueva	CT:	CTT:		-	Turbidez: 0,94 NTU
(2020)	46NMP/100mL	6,9NMP/100mL			pH: 7,1 a 7,7
Liliana Naddyesda Saavedra					
Mejía	CTT: 35		-	-	pH: 9,27
(2020)	NMP/100mL				
José Adriano Calla Navarro				-	
(2019)					El parámetro biológico basado en el índice Biológica Monitoring Working Party

				(BMWP), confirma el buen estado ecológico del agua de la cuenca del río Mashcón, con un 43% de los puntos de muestreo con calidad “aceptable” y un 45% con calidad “regular”, este 88% de puntos de muestreo con adecuada calidad.
Rivera Salazar, Christian Alexander (2019)	CT: 92 NMP/100mL	-	-	Enteroparasitos más frecuentes son <i>Giardialamblia</i> con 37.29% y <i>Blastocystis hominis</i> con 35.59 %.  Se encontró un total de <i>mesófilos viables</i> que asciende a 1280 UFC/ml. Mientras 920 NMP/100 ml de <i>coliformes totales</i> y 11 NMP/100 ml de <i>coliformes fecales</i> y 0 parásitos.
Salazar Chávez, Benyahamin Pastor Ortiz, Yoselin del Rosario (2019)	CT: 130 NMP/100mL a 92000 NMP/100mL	-	-	Turbidez: 1,25 y 71,6 NTU  pH: 8,4 y 8,5

Saldaña Marín, Aldo Miller (2019)	CT: 9 UFC/100mL	CTT: 5 UFC/100mL	-	pH: 0,72 Temperatura: 7,88°C
Castillo Cusquisiban, Katherinne Mensegal Quispe Baca, Rocio Anabell (2019)	CTT: 54x10 <sup>5</sup> NMP/100mL	-	-	DBO <sub>5</sub> : 115 mg O <sub>2</sub> /L DQO: 151 mg O <sub>2</sub> /L
Huamán Mera, Alexander Vásquez Torres, Jane Judith (2019)	-	-	-	Turbidez: 0,74 a 20,6 UNT pH: 6,68 a 8,22
Suárez Medina, Ismael (2019)	CT: 1,0 a 5400 NMP/100mL	-	-	Turbidez: 0,05 a 1,11 UNT pH: 6,95 a 7,90 Temperatura: 13,1°C a 14,4°C CF: 1,0 a 170 NMP/100mL
Castilla Cazorla, Carlos Alexis	-	-	-	Turbidez: 0,51 a 3,48 NTU

Corcueca Cabanillas, Eduardo				
Franko				
(2019)				
Escobedo Vásquez, Carlos				
Alberto				
Meléndez Abanto, Wily Esmiht	CT: 0,40 – 0,79 NMP/100mL	-	-	-
(2019)				
Díaz Díaz, Denin Rijkaard	CT: 92000; 54000; 220000; 92000000; 92000 y 49 (NMP/100mL)	-	-	pH: 8,11; 8,50; 8,23; 8,29; 8,34 y 8,62 DBO <sub>5</sub> : 406,50; 3,20; 9,40; 520; 7,80 y 2,70 DQO: 851,90; 12; 33,50; 1629; 24,40
(2019)				
Angulo Angulo, Kleiner Argenis	CT: 33; 1; 200 y 1 (NMP/100mL)	-	-	Turbidez: 0,80; 3; 0,90 y 0,60 pH: 7,64; 7,57; 7,41 y 5,41 CF: 2; 1; 200 y 1 (NMP/100mL)
(2019)				

Rodríguez Camacho, Saida Yojana (2019)	CTT: 1,3131 NMP/100mL y 7'293,333 NMP/100mL	-	-	DBO <sub>5</sub> : 153,3 mg/L DQO: 290 mgO <sub>2</sub> /L
Infante Zambrano, Nancy Madelin Tacilla Culqui, Tania Jhamilce (2019)	CT: 79,4 y 11,4 mg/L	-	-	Turbidez: 3,55; 3;31 y 8,31 pH: 7,98; 7,93 y 7,06 DBO <sub>5</sub> : 5,2; 6,8 y 28,5 DQO: 45
Briones Tacilla, José Alexander Castro Torres, Milser Melvin (2019)	CTT: 21 NMP/100mL	-	-	Turbidez: 0,121 NTU pH: 0,148
Saldaña Vásquez, Edwin Jhon (2018)	CT: 8,50 NMP/100mL	CTT: 3,50 NMP/100mL	-	Turbidez: 1,35 NTU pH: 7,84 Temperatura: 19,04°C

Escalante Rojas, Juan Carlos (2018)	CT: 5654293,2 NMP/100 mg/L	-	-	DBO: 102,32 mg/L pH: 6,5 DQO: 204,09 mg/L CFTT: 5539983,4 NMP/100 mg/L
Mariñas Zelada, Reina (2018)	CT: 1000NMP/100mL y 5000NMP/100mL	CTT: 1000NMP/100 mL	-	Temperatura: 3°C DBO <sub>5</sub> : 15 mg/L DQO: 40
Mauricio Torres, Cristhian Raúl (2018)	CT: 9200 NMP/100mL hasta 920	-	-	Fueron identificados individuos del orden Megaloptera, orden Odonata, orden Hemiptera, orden Plecoptera, orden Trichoptera, orden Ephemeroptera, orden Coleoptera y orden Diptera.
Yuliana Esther Chiclote Gonzales (2018)	-	CTT: 49NMP/100mL hasta 9,2 y 12	-	Turbidez: 5,61 NTU a 1,16 NTU pH: 7,86 y 8,28

---

Palomino Avellaneda, Pedro

Diego

(2016)

Macroinvertebrados: 1091 de 7  
órdenes y 17 familias, las cuales son 14  
familias de insectos. Se observó mayor  
abundancia de familia *Chironomidae*.

---

Nota: Elaboración del estudio de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca. (2016-2021)

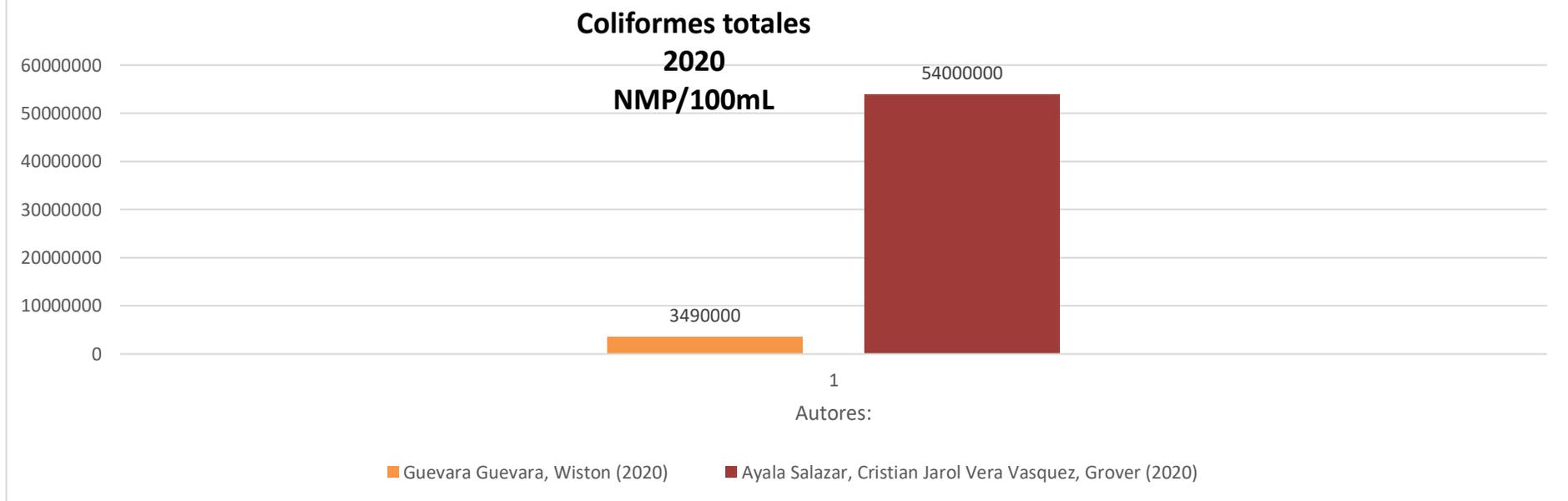
### 3.1.2 Diferenciar los parámetros de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre 2016-2021

#### 3.1.2.1 Coliformes totales

2020:

**Figura 2.**

*Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2020*

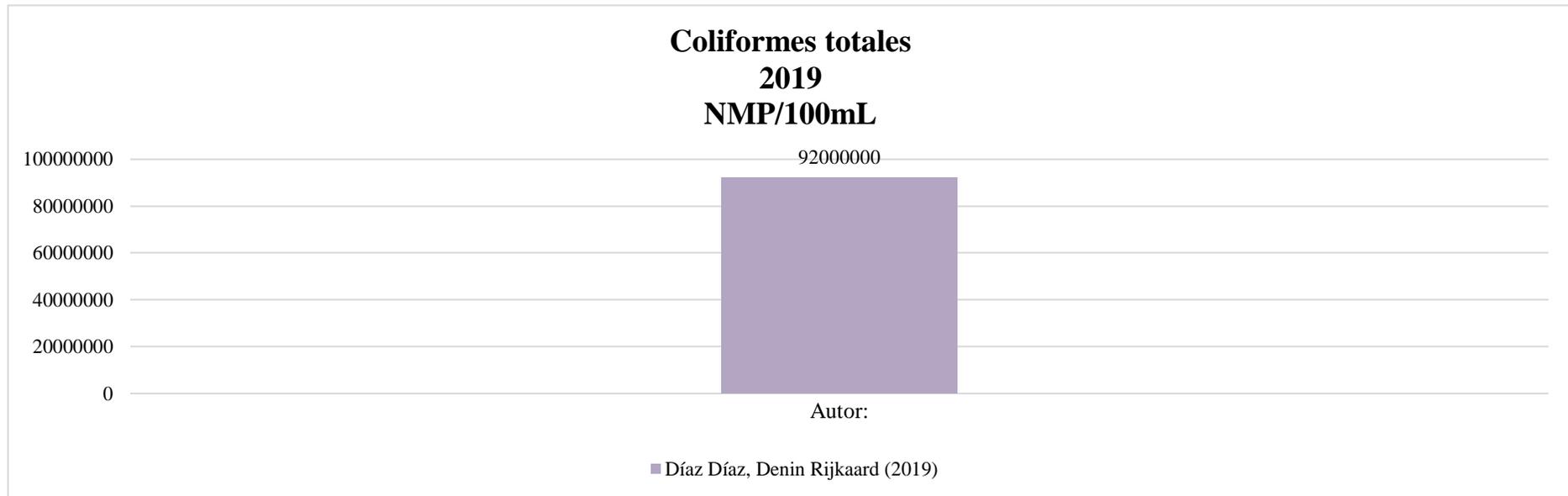


Nota: elaboración del estudio de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021.

**2019:**

**Figura 3.**

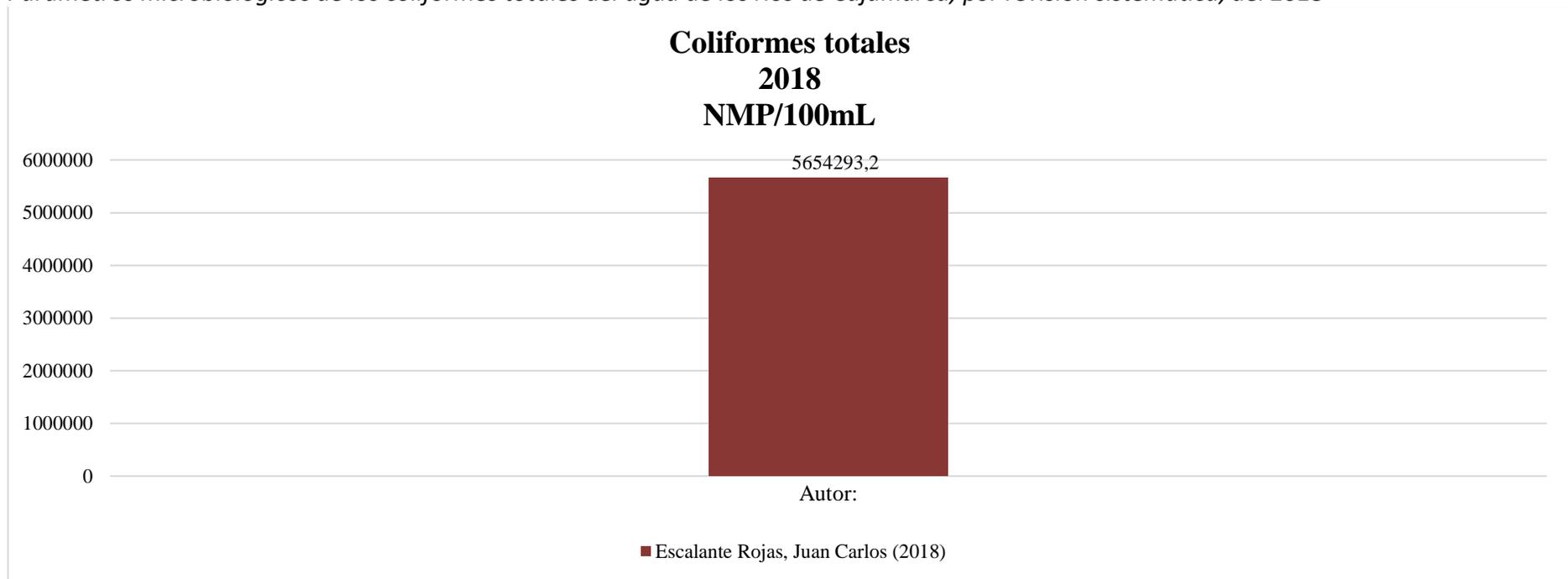
*Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2019*



Nota: elaboración del estudio de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021.

**Figura 4.**

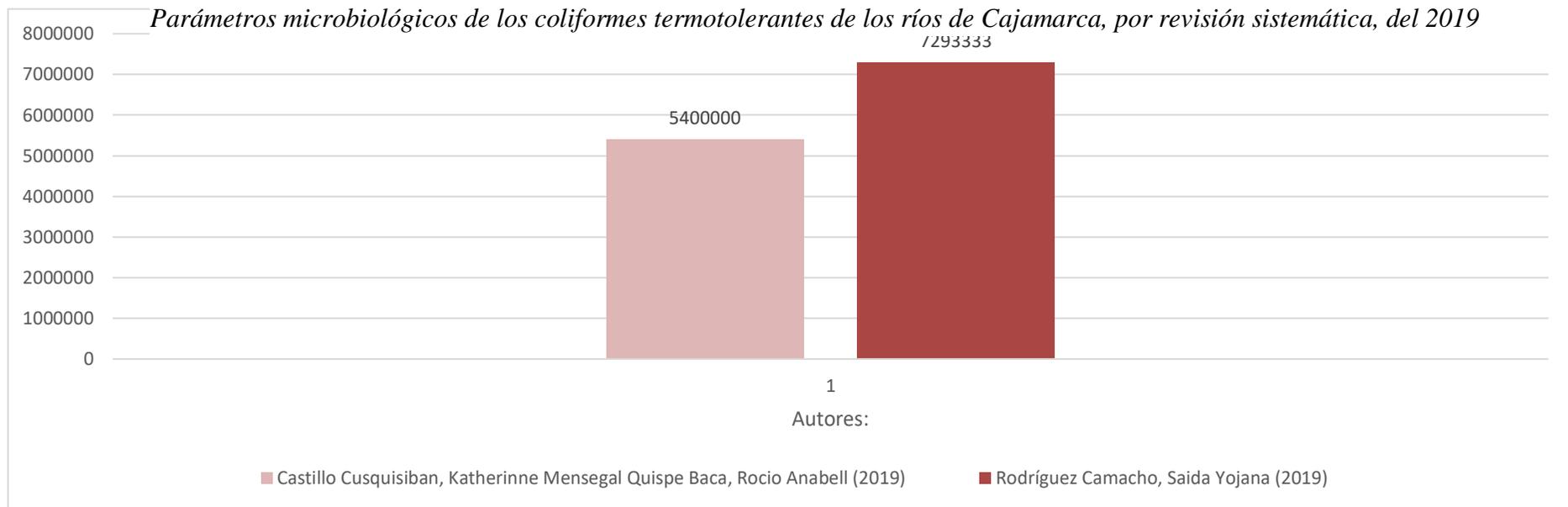
*Parámetros microbiológicos de los coliformes totales del agua de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, del 2018*



Nota: elaboración del estudio de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021.

### 3.1.2.2 Coliformes termotolerantes

2019:  
**Figura 5.**



Nota: elaboración del estudio de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021

**Tabla 5.**
*Recuento de NMP/100mL para Coliformes totales y Coliformes termotolerantes*

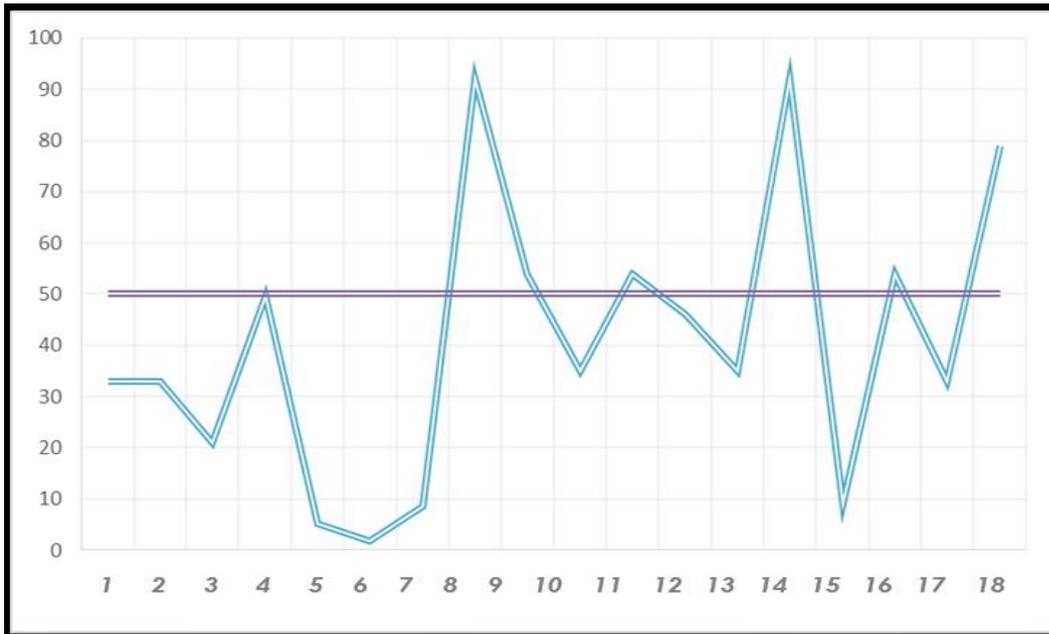
N°	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes
	Primera evaluación	Primera evaluación
1	33	1.47
2	33	1.55
3	21	1.6
4	49.6	2.5
5	5.1	1
6	1.8	9.2
7	8.5	3.5
8	92	3.3
9	54	1.5
10	34.9	2.4
11	54	2.2
12	46	1.1
13	35	1.66
14	92	4.4.
15	9	1
16	54	4

17	33	5
A18	79	1.6

Nota: Elaboración extraído de los estudios mencionados en la muestra.

Gráfico 1.

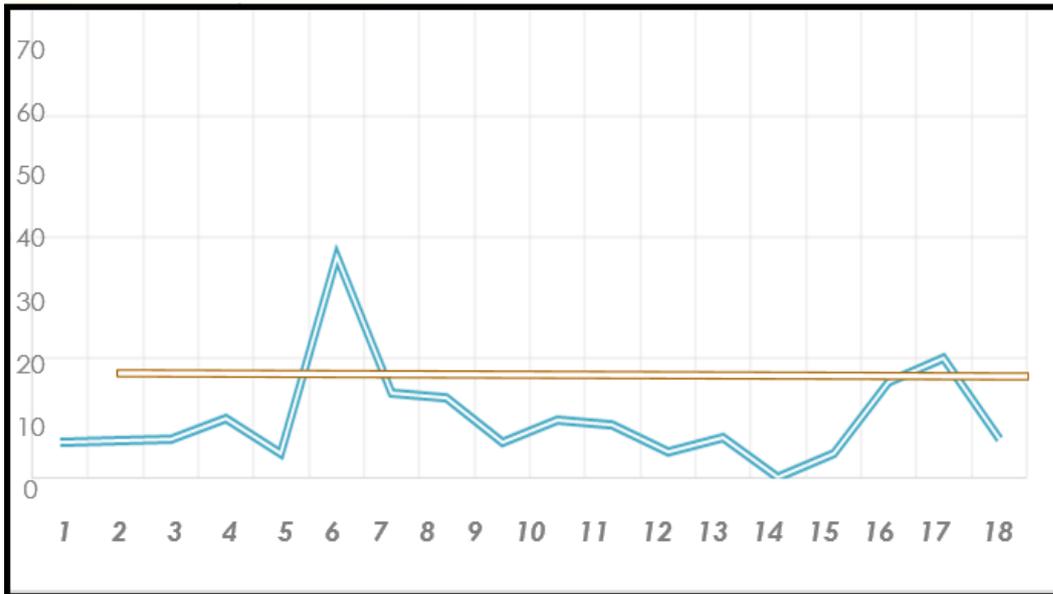
*Comparación entre artículos y el límite de coliformes totales*



Las muestras de agua analizadas para coliformes totales en algunos casos presentaron valores por encima de lo permitido (50 NMP/100ml), por lo que se determina que la información evaluada no cuenta con ningún tratamiento para disminuir la turbidez ni para contribuir con la desinfección del agua.

**Gráfico 2.**

*Comparación entre artículos y el límite de coliformes termotolerantes*



Para el número de coliformes termotolerantes encontramos valores inferiores a lo permitido (20 NMP/100 ml), por lo que se determina que la información evaluada cuenta con tratamiento para disminuir la turbidez y para contribuir con la desinfección del agua.

**Tabla 7.**

*Análisis descriptivo de los datos de coliformes totales*

<b>Estadísticos</b>	
N	Válido 36
	Perdidos 0
Error estándar de la media	192.49043
Desv. estándar	1154.94255
Varianza	1333892.302
Rango	4670.00
Mínimo	230.00
Máximo	4900.00

Nota. Elaboración extraída de los datos de investigación

**Tabla 8.**
*Análisis descriptivo de los datos coliformes de termotolerantes*

<b>Estadísticos</b>	
Válidos	36
Perdidos	0
Error estándar de la media	98.49058
Desv. estándar	590.94349
Varianza	349214.206
Rango	2570. debido a la presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes 00
Mínimo	100.00
Máximo	2670.00

Nota. Elaboración extraída de los datos de investigación.

**Tabla 9.**

*Datos estadísticos de parámetros evaluados*

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desviación Estándar	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Estadístico
T	36	4670	230	4900	1505.94	192.49	1154.94	1333892.3
TT	36	2570	100	2670	730.94	98.49	590.04	349214.21

*Nota. Elaboración extraída de los datos de investigación*

Se observan en los datos por parámetro evaluado que la calidad microbiológica del agua presenta conteos altos (> 200 NMP/ml), el valor de la media es 1505.94 NMP/100 ml, valor distante a los límites máximos que establece la norma vigente del Reglamento de la calidad del agua, el cual establece 0 NMP/100 ml.

Para los coliformes termotolerantes, el valor mínimo es de 100 NMP/100 ml, por lo contrario, el mayor valor corresponde al mayor dato teniendo un dato de 2670 NMP/100 ml. Así mismo el valor de la media es 730.94 NMP/100 ml. Estos valores exceden los límites permitidos (0NMP/100 ml), según la normativa vigente del Reglamento de la calidad del agua.

## CAPÍTULO IV.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

#### 4.1 Discusión

Se determinó la calidad microbiológica del agua de los 18 ríos de Cajamarca, siendo: la cuenca del río Chonta; río Ronquillo; río Muyoc; el río Mashcón; río San Lucas, río Llaucano; río Chanchamayo; río Jequetepeque; río San Lucas; río Mashcón y Bella Unión; río Llacanora; río Condebamba; río Mashcón y San Lucas; río Azufre; río Huayobamba y el río Cumbe, entre los años 2016-2021 con la normativa D.S N° 004 – 2017- MINAM del 2017 con Owens, (2020) el cual realizó una revisión sistemática que identifica, categoriza y sintetiza críticamente por pares y estudios de casos académicos de implementación de QMRA (evaluación cuantitativa de riesgos microbianos) de agua potable existentes.

Lugo (2021) compararon los criterios para evaluar la calidad microbiológica del agua recreativa de las normativas Coliformes totales (TC) <1,000 NMP / 100 ml con el Decreto 1594 de 1984 de Colombia en comparación con Ayala y Vera (2020) de coliformes totales 54 NMP/100 ml, se determinó que fue muy alta según normativa ECA para agua (D. S. N° 015-2015-MINAM y D. S. N° 004-2017-MINAM) de macroinvertebrados acuáticos en el río San Lucas para categoría 3, D2 (bebida de animales).

En cuanto a la metodología más completa que se utilizó el de la calidad microbiológica del agua de los ríos de Cajamarca, de la revisión sistemática de estudio, se encuentra la de Garay (2021) la cual los coliformes totales oscilan en 33 NMP/100mL y los coliformes termotolerantes en 1,55 NMP/100 ml (CTT) a 3,7 NMP/100 ml (CTT) en la población del

caserío La Huaca no es apta para consumo humano, debido a la presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes, el cual pertenece a la categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), al requerir solamente desinfección para la potabilidad del agua; por lo que debe pasar por un proceso de tratamiento. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los valores aceptables con la de (Ospina Zúñiga, 2018) del río Magdalena de Cundinamarca presentó mayor contaminación microbiológica para la temporada seca, (54,750 - 241,960 – 198,630 – 15,230) NMP/100 ml, tanto de coliformes totales como coliformes fecales (3,500 – 241,960 – 43,520 – 5,630) NMP/100 ml, debido a la disminución de caudal por la menor precipitación que ocurre en esa época, respecto a la normativa nacional (Colombia), para evaluar la calidad del agua del tramo en estudio del río Magdalena, el Decreto 1594 (Ministerio de Agricultura, 1984) establece que la calidad microbiológica admisible para su potabilización por tratamiento convencional, los C.T. Deben ser inferiores a 20000 NMP/100 ml y los C.F. a 2000 NMP/100 ml.

Los parámetros de calidad microbiológicos y diferenciando los parámetros microbiológicos del agua de los 16 ríos de Cajamarca, fueron coliformes totales y coliformes termotolerantes de la revisión sistemática de estudio, resultando la del río San Lucas, en donde se obtuvo el mayor nivel de coliformes totales con 92 NMP/ml, y el río Mashcón y Bella Unión de 72.93333 NMP/ml, en coliformes termotolerantes en comparación con Ayala S. (2020) que identifico en el río San Lucas teniendo 54 NMP/ml, durante setiembre de 2018 y febrero de

2019 de coliformes totales y Castillo (2019) con 54 NMP/ml, de coliformes termotolerantes en los meses de febrero y abril, obteniéndose niveles altos de coliformes totales y termotolerantes.

Así mismo tenemos algunos meses que no hubo datos excesivos de coliformes, esto se debe a la época del año y a las condiciones climáticas, por este motivo la presencia y la cantidad de las bacterias ha disminuido. Penn State en uno de sus estudios explica que las bacterias coliformes durante un año en que la precipitación es casi normal, son positivas. En cambio, durante un período de clima frío y seco el número de bacterias disminuyen. Debido a esto deducimos que las bacterias coliformes tienen mayor presencia en un clima cálido.

El aporte científico que estos trabajos de investigación nos brindan, es concentrar el esfuerzo de los investigadores durante un determinado periodo, para poder plantear los objetivos de investigación. Así mismo nos permite fomentar el pensamiento crítico y estimular la publicación de los resultados.

Las revisiones sistemáticas constituyen una excelente instancia de entrenamiento en el método científico y, por lo tanto, una alternativa válida frente a la investigación original.

## **4.2 Conclusiones**

- Al concluir la investigación, se logró determinar que la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021; no es apta para ser potabilizada, debido a la presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes.

- Se determinó que la medida de NMP en coliformes totales de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021, más alta fue en el río San Lucas con 54 NMP/100 ml.

- Se determinó que la medida de NMP en coliformes termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021, más alta fue en los ríos Mashcon y Bella Unión con 72.933333 NMP/100 ml.

- Se comparó los resultados de los estudios de coliformes totales evaluados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que en algunos casos presentaron valores por encima de lo permitido, siendo el valor máximo 50 NMP/100ml, por lo que se determina que la información evaluada no cuenta con ningún tratamiento para disminuir la turbidez ni para contribuir con la desinfección del agua, poniendo en riesgo la calidad de vida ambiental.

- Se comparó los resultados de los estudios de coliformes termotolerantes evaluados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que se presentaron valores inferiores a lo permitido, siendo el valor máximo 20 NMP/100ml, por lo que se determina que la información evaluada cuenta con tratamiento para disminuir la turbidez y para contribuir con la desinfección del agua.

## REFERENCIAS

- Nardini, A., & Galindo, A. (2018). Análisis Comparativo de Índices de Calidad del Agua Aplicados al Río Ranchería, La Guajira-Colombia. *Revista SciELO Analytics*, 47-58.  
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047>
- Ayala Salazar, C. J., & Vera Vasquez, G. (2020). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su relación con los parámetros fisicoquímicos de agua del río San Lucas, Cajamarca, 2018-2019*. Cajamarca: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/23847>
- Boñon Vargas, D. A., & Mercado Cortez, R. A. (2021). *Características hidrogeológicas del manantial "El Puquio" para determinar su zona de recarga, Cajamarca, Perú, 2021*. Cajamarca: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27582>
- Bracho Fernández, I., & Fernández Rodríguez, M. (2017). *Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo*. Maracibo: Scielo Analytics. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v33n3/mg07317.pdf>
- Calla Navarro, J. A. (2019). *Actividades antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón*. Cajamarca: Repositorio Institucional UNC. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3319>

- Castillo Cusquisiban, K. M., & Quispe Baca, R. A. (2019). *Calidad físicoquímica y microbiológica del río Chonta impactadas por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito Baños del Inca - Cajamarca, 2018*. Cajamarca: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21776>
- Cuellar Luna, L., Maldonado Cantillo, G., & Cepeda Soto, Y. (2017). *Calidad del agua para el consumo humano*. La Habana: Revista Cubana Higiene Epidemiologica. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubhigepi/chi-2017/chi171f.pdf>
- Cusiche Perez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). *Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú*. Guanajuato: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- División Salud, U. (2016). Indicadores microbiológicos en alimentos. *Repositorio del gobierno de Uruguay*, 1. Obtenido de [https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/indicadores\\_microbiologicos\\_en\\_alimentos\\_0.pdf](https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/indicadores_microbiologicos_en_alimentos_0.pdf)
- E.L. Owens, C. (2020). *Implementación de la evaluación cuantitativa de riesgos microbianos (QMRA) para suministros públicos de agua potable: revisión sistemática*. Sydney: Editorial Water Research. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115614>
- Escalante Roja, J. C. (2018). *Caracterización De Las Aguas Del Río Mashcón Y San Lucas, Y Del Efluente De Las Lagunas De Estabilización De La Ciudad De Cajamarca Con*

*Fines De Evaluación Ambiental, Marzo - Agosto Del 2007.* Cajamarca: Repositorio

Institucional: Universidad de Cajamarca. Obtenido de  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2182>

Flores Bernuy, H. E. (2019). *Evaluación físico, químico y microbiológico de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi durante octubre 2010 – junio 2011.*

Iquitos: Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12890>

Garay Román, J. M., Guevara Fonseca, O., & Zurita Montalban, I. (2021). *Evaluación de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Caserío La Huaca – Jaén – Cajamarca*

– 2019 . Jaen: Repositorio Universidad Nacional de Jaen. Obtenido de  
[http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/189/1/Guevara\\_FO\\_Zurita\\_MI.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/189/1/Guevara_FO_Zurita_MI.pdf)

García-Peñalvo, F. (2017). *Revisión sistemática de literatura de artículos.* (R. G. GRIAL, Ed.)

Obtenido de Grupo de investigación en InterAction y eLearning de la Universidad de Salamanca: <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/756>

González Avilez, E. (2019). *Efecto de la composición química de mucilagos en la remoción de metales pesados de aguas contaminadas.* Mexico: Repositorio Dspace. Obtenido de

<http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/26508>

Guevara Fonseca, O., & Zurita Montalban, I. (2021). *Evaluación de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Caserío La Huaca – Jaén – Cajamarca – 2019 .* Jaen:

- Repositorio Institucional Universidad Nacional de Jaen. Obtenido de [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/189/1/Guevara\\_FO\\_Zurita\\_MI.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/189/1/Guevara_FO_Zurita_MI.pdf)
- Hernández V., N. C. (2018). *El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión*. Caracas: Terra Nueva Etapa. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/72157132006.pdf>
- Lucas Vidal, L. R., & Carreño Mendoza, Á. L. (2018). *Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador*. Carrizal: Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas. doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i42.15785>
- Lugo, J., Rafael Lugo, E., & De la Puente, M. (2021). *A systematic review of microorganisms as indicators of recreational water quality in natural and drinking water systems*. Barranquilla: Journal of Water and Health. doi:<https://doi.org/10.2166/wh.2020.179>
- Meléndez Urbina, M. A. (2021). *Evaluación de fuentes alternativas de agua potable para el servicio de abastecimiento de la ciudad de San Marcos, Cajamarca - 2020*. Cajamarca: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28264>
- Meneses Campo, Y., Castro Rebolledo, M. I., & Jaramillo Londoño, A. M. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Revistas Universidad Nacional de Colombia*, 1-12. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>

Ministerio del Ambiente, P. (2019). *Estrategia nacional del agua*. Lima: Control sanitario del río Huayaga.

Noemi, L.-O., Bustamante-Torres, J. A., & Louis-Philippe, R. (2021). *Movimientos de Capital y Dominio Corporativo en América Latina*. Washington: Edward Elgar Publishing,.  
Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=QWIZEAAAQBAJ&dq=cajamarca&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=QWIZEAAAQBAJ&dq=cajamarca&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>

Obando, J., Mora, E., Lievano, L., Hernandez, M., & Cardenas, D. (2019). La calidad del agua y su impacto social. *Revista espacios*, 1-13. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p13.pdf>

Olarte Durán, A. Z., & González Suarez, D. A. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Revista Unilibre*, 1-18. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5768/5360>

Ospina Zúñiga, O. E. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica del río Magdalena y su potencial uso en la provincia del alto Magdalena (Cundinamarca)*. Cundinamarca:

- Repositorio eiei. Obtenido de  
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/670/675>
- Pacherres Pinto, M. L. (2019). *Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos*. Lima: Repositorio Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2838>
- Pauta-Calle, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja-Sari, M., & Palta-Vera, A. (2020). *Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador*. Cuenca: Revista científica Maskana. doi:<https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Pérez Leyva, E. R., & Valenzuela Zuloeta, J. H. (2021). *Determinación de la calidad de agua para el consumo humano en el sistema de potabilización del Caserío de Ventanillas – Distrito de Magdalena – Cajamarca, 2019*. Cajamarca: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28488>
- PRADANA PÉREZ , J. Á. (2019). *Criterios de Calidad y Gestión del agua potable*. Marid: Editorial UNED.
- Ramirez Sanga, F. W. (2021). *Calidad del agua superficial de la cuenca del Rio Chonta empleando filtro lento de arena ascendente y descentente, Cajamarca 2019*. Cajamarca: Repositorio institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27892>
- Sierra Ramírez, C. A. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U. Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=2fAYEAAAQBAJ&dq=coliformes+totales&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=2fAYEAAAQBAJ&dq=coliformes+totales&source=gbs_navlinks_s)

Universidad de Sevilla. (2020). *Revisiones Sistemáticas de la literatura científica: conceptos fundamentales*. Sevilla: Universidad de Sevilla Biblioteca. Obtenido de [https://bib.us.es/sites/bib3.us.es/files/boletin\\_18.pdf](https://bib.us.es/sites/bib3.us.es/files/boletin_18.pdf)

Villanueva Abanto, J. (2019). *Efecto de tres concentraciones de mucílago de tuna (Opuntia ficus indica (L) Miller) y de San Pedro (Echinopsis pachanoi (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley) en la clarificación del agua*. Cajamarca: Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3474>

Villena Chavez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Perú medicina Especialidad salud pública*, 304-308. doi:<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>.

## ANEXOS

**Tabla 6.**

*Identificación de las metodologías de la calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre 2016-2021.*

Autor	Metodología	Ríos
<b>Melina Vargas, Nander Calle, Candy Ocaña, Juan Garay (2021)</b>	Se empleó la metodología establecida en la Norma Técnica Peruana (NTP): 214.031-2001: Agua para consumo Humano sobre la calidad del agua; y para BH la técnica de incorporación (Por Plate Method), para recuento de bacterias Heterotróficas. El análisis consistió en encontrar una media en las variables microbiológicas, de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano, de la Dirección General de Salud Ambiental aprobado por el D.S N° 031-2010-SA.	Sector Fila Alta-Jaén-Cajamarca
<b>Pérez Leyva, Emerson Robert Valenzuela Zuloeta, Jorddydt Hitlerdt</b>	Los resultados obtenidos fueron comparados con el Decreto Supremo N° 004-2017 Ministerio del Ambiente de los Estándares de Calidad Ambiental y el Decreto Supremo N° 031-2010 SA del Reglamento de calidad de agua para el consumo humanos del Ministerio de salud.	Caserío de Ventanillas que se ubica al noreste del distrito de Magdalena,

<b>(2021)</b>		provincia de Cajamarca
<b>Calua Cieza, Jenny Geisi Carrasco Huamán, Luis Alfredo (2020)</b>	Utilizaron el método ICA NSF (establecido por The National Sanitation Foundation) para conservar el recurso hídrico en el sector más crítico de la Microcuenca Porcón en el distrito de Cajamarca. Aquí se tomó como referencia el DS 004-2017-MINAM respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 1-A2.	Sector de la microcuenca Porcón
<b>Escobedo Vásquez, Carlos Alberto Meléndez Abanto, Wily Esmiht (2020)</b>	Se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y la Directiva Sanitaria N° 033-2010-MINSA/DIGESA mediante el cual aprueban el Reglamento Sanitario de Piscinas.	Piscinas del centro Pultamarca – Baños Del Inca – Cajamarca
<b>Montalvo Quiroz, José Smith Quispe Becerra, Miguel (2020)</b>	Se realizó con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, procediendo, de esta manera a la comparación e interpretación de resultados con la Categoría 3 Riego y Bebida de Animales, normativa vigente D.S. N° 004-2017-MINAM.	Quebrada principal de la comunidad San José de Canay
<b>Tacilla Fernández, María Cristina (2020)</b>	La metodología usada fue a base de recopilación de investigaciones similares; así también, se consideró una evaluación físico – química y microbiológica del agua en tres puntos de monitoreo, correspondiendo el punto N°1 captación del agua, punto N°2 reservorio y punto N°3 red	Agua de manantial del Centro Poblado El Cerrillo – Baños del Inca

---

domiciliaria. Para la evaluación de los parámetros se tomó en cuenta el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N°031 – 2010 – SA DIGESA.

---

<b>Zoila Marín Villanueva (2020)</b>	<b>Yanet</b>	Se realizó en cumplimiento a los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría A1) y de los Límites Máximos Permisibles (LMPs) del DS. N° 031-2010 del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca, fueron seleccionados teniendo en cuenta los parámetros de control obligatorio (PCO), según D.S. N° 031-2010-SA.	Manantial El Ojo de Agua-San Pedro
<hr/>			
<b>Liliana Naddyesda Saavedra Mejía (2020)</b>		Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3, establecidas en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM	Río Llaucano
<hr/>			
<b>Rivera Salazar, Christian Alexander (2019)</b>		Para la determinación de coliformes totales y termotolerantes, se utilizará el método del número más probable (NMP). Para el recuento de bacterias Aerobias Mesófilas	Río Chanchamayo
<p>Viables, el método de recuento en placa, método de concentración por sedimentación en agua y examen seriado de heces, para los parámetros microbiológicos, se utilizó el Decreto Supremo No.</p>			

---

	031-2010-SA, ya que el recuento de bacterias heterótrofas, no debe ser mayor a 500 UFC/ml.	
<b>Castillo Cusquisiban, Katherinne Mensegal Quispe Baca, Rocio Anabell (2019)</b>	El tipo de metodología que se aplicó fueron la norma APA, EPA, y el HASH. En lo que concierne a la caracterización, fue necesario realizar análisis de laboratorio en los que se determinaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con los cuales evaluamos según los ECA para el agua - Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales (D.S N° 004-2017-MINAM) y los LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM).	Río Chonta
<b>Huamán Mera, Alexander Vásquez Torres, Jane Judith (2019)</b>	Fueron evaluados en comparación con valores de los Límites máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS-031-2010-SA Reglamento de Calidad de Agua para Consumo humano	Sector fila Alta
<b>Díaz Díaz, Denin Rijkaard (2019)</b>	Se utilizó y comparó los resultados conseguidos con los estándares de calidad del agua según D.S. N°004-2017MINAM.	Río San Lucas
<b>Rodríguez Camacho, Saida Yojana (2019)</b>	Se relacionó con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 subcategoría D1, según D.S 004-2017-MINAM.	Río Mashcón y Bella Unión
<b>Infante Zambrano, Nancy Madelin</b>	Utilizaron los Estándares de Calidad Ambiental-Decreto Supremo N° 004 – 2017-MINAM, Categoría III (D1: Riego de vegetales) y Decreto Supremo N° 003 - 2010-MINAM.	Río Llacanora

---

**Tacilla Culqui,  
Tania Jhamilce  
(2019)**

---

<b>Briones Tacilla, José Alexander Castro Torres, Milser Melvin (2019)</b>	Los resultados obtenidos fueron comparados con los decretos supremos N° 004-2017 MINAM y N° 031-2010 SA utilizados como reguladores del agua en el Perú.	Río Condebamba
--	--	----------------

---

<b>Escalante Rojas, Juan Carlos (2018)</b>	Se realizó con fines de evaluación ambiental mediante comparaciones con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: bebidas de animales y riego de vegetales de tallo alto y bajo, de acuerdo al actual Decreto Supremo 015-2015-MINAM.	Río Mashcón y San Lucas y del efluente de las Lagunas de Estabilización de la Ciudad de Cajamarca
--	--	---

---

Nota: elaborado del estudio de calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, entre los años 2016-2021.