



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Calidad ambiental y tratamiento de agua de quebradas destinadas al consumo humano. Una revisión sistemática”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Flor de Jesus Quispe Marquina

**Asesor:**

M. Sc. Jessica Marleny Luján Rojas

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

A mis familiares y amigos por el amor y la confianza depositada en mí.

- Flor

A mis familiares y amigos que siempre me apoyaron y confiaron en mí.

-Brenda

## AGRADECIMIENTO

A Dios por todas sus bendiciones.

-Flor

A mis padres por todo su amor.

- Brenda

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> MATRIZ DE REGISTRO DE ARTÍCULOS .....	16
<b>TABLA 2.</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS .....	18
<b>TABLA 3.</b> INDUCCIÓN DE CATEGORÍAS.....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA BÚSQUEDA DE ARTÍCULOS EN RELACIÓN CON LA METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## RESUMEN

Siendo el agua indispensable y esencial para la vida de todos los seres vivos en la tierra, se realizó el presente trabajo que tuvo como objetivo conocer la calidad ambiental y tratamiento de agua de quebradas destinadas para el consumo humano, a partir de análisis de diversos artículos de investigación, la metodología empleada en esta revisión sistemática fue basada en la estrategia PRISMA, que es útil para llevar a cabo una valoración crítica además de ser herramienta para evaluar la calidad de los estudios empleados en este trabajo; a través de 3 bases de datos bibliográficos como INDES, SciELO y Redalyc, seleccionando estudios desde el 2009 al 2019, en idiomas inglés, portugués y español, que contenían las variables; y tenían como palabras claves a “quebradas”, “agua para consumo humano”, “tratamiento de potabilización” y “calidad del agua”, que se relacionaron mediante conectores como “and” u “or”; así mismo, se hizo una exclusión de los estudios no relacionados a los ítems mencionados anteriormente, y por último los artículos seleccionados fueron recopilados en una matriz de base de datos, que contenía el autor(es), año, país y título de investigación; como resultados se obtuvo un total de 21 artículos seleccionados, realizándose una caracterización de los estudios, los cuales mostraron una tendencia en 3 categorías, tales como: tratamiento de potabilización, calidad microbiológica de agua de quebradas y calidad físico - química de agua de quebradas; concluyendo que es necesario un tratamiento convencional para su consumo, debido a la calidad del agua.

**PALABRAS CLAVES:** Quebradas, agua para consumo humano, tratamiento de potabilización y calidad del agua.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, el abastecimiento de agua para el consumo humano (ACH), es un derecho fundamental para desarrollo óptimo de las personas, pero este se da de manera desigual, siendo menor en el campo que en las grandes ciudades; ante ello, la población se ve obligada a autoabastecerse de este servicio, utilizando los recursos hídricos disponibles, sin tener en cuenta la calidad de estos (Domínguez, Torres, Restrepo, Paterson & Gowing, 2015, pp. 176). La población que no cuenta con este servicio, generalmente, consume agua de quebradas, ríos, lagos, agua subterránea, etc., las cuales en su mayoría presentan contaminantes biológicos y fisicoquímicos producto de sus mismos ecosistemas o de acciones antrópicas que sobrepasan los límites máximos admisibles lo que, según Pérez (2016, pp. 6), puede producir desde problemas gastrointestinales hasta cálculos renales o diferentes tipos de cáncer.

La calidad ambiental del agua se refiere a las características que debe presentar dependiendo del uso que se le da; ante esta realidad, se precisó estándares y límites máximos admisibles en normativas mundiales y nacionales los cuales están clasificados por su uso, el tipo de agua y los parámetros que se toman en cuenta para garantizar la inocuidad de este recurso hídrico. Cuando los análisis en los cuerpos de agua sobrepasan los estándares y los límites máximos admisibles vigentes se debe optar por realizar diferentes tipos de tratamientos, según Montoya, M., *et al* (2015, pp. 330), que dependerá del uso que se les quiera atribuir y el grado de contaminación inicial del recurso.

La Organización Mundial de la Salud (2011, pp. 4) define al agua para consumo humano como aquella que cumple con características microbianas, físicas y químicas

aprobadas por la normativa de calidad del agua potable. Asimismo, para cerciorar que el agua es apta para consumo humano, generalmente, se utilizan como indicadores de calidad a los parámetros de tipo patógeno como las bacterias, virus y parásitos; sin embargo, la presencia de *Escherichia coli* es fundamental para certificar la contaminación fecal, principal responsable de infecciones gastrointestinales del ser humano; es preciso mencionar que, para considerar el agua apta para consumo humano no se debe detectar este indicador en 100 mL de la muestra.

En las zonas donde no se cuenta con un sistema de tratamiento para agua potable la población se abastece directamente de cuerpos de agua dulce a su alcance, como son las quebradas o arroyos, el propio ecosistema de estos tiene presencia de microorganismos los cuales no son aceptados como características del Agua para Consumo Humano (ACH); por otro lado, Benjumea, Suárez y Villabona (2018, pp. 360) indican que la geografía donde se encuentra este elemento juegan un rol fundamental ya que pueden generar alteración en la calidad del servicio; por lo tanto, esta agua no cumple con los requerimientos para ser considerada apta para el consumo humano, necesitando tratamiento para potabilizarlas, elegir el tratamiento adecuado para esto depende exclusivamente de la concentración de contaminantes presentes en la fuente de agua.

Teniendo en cuenta los argumentos y las realidades descritas anteriormente, se llegó a la siguiente pregunta ¿Cuál es la calidad y tratamiento de agua de quebradas destinadas para el consumo humano, en los últimos diez años?, para responderla se realizó una revisión sistemática de diferentes estudios relacionados al tema, considerando los más recientes y actualizados; además, esta información se extrajo de fuentes confiables de diferentes países.

El presente artículo se realizó con la finalidad de conocer la calidad ambiental y tratamiento de agua de quebradas destinadas para el consumo humano.

El estudio se realizó para identificar las cualidades que presenta el agua de quebradas que consume la población que no tiene acceso a procesos de potabilización, y de esta manera sugerir tratamientos para que el agua cumpla con lo establecido por normas internacionales y nacionales, disminuyendo los riesgos para la salud de los pobladores que la consumen. En el estudio de Ávila, S. y Estupiñán, S. (2011, pp. 164-166) se realizó una comparación de calidad bacteriológica en la zona rural y urbana municipio de Guatavita, donde se demostró que en los 8 puntos de muestreo de las quebradas abastecedoras en la zona rural existen concentraciones de *E. Coli* en sus aguas, mientras que, en la zona urbana el cual cuenta con tratamiento no se evidenció ninguna muestra con *E. coli*; corroborando la afirmación que el agua de las quebradas no cumple con el estándar de calidad para el consumo humano.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### **Tipo de estudio**

Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos nacionales e internacionales siguiendo la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

### **Criterios de Búsqueda**

La búsqueda de información para la revisión sistemática, se realizó en base a los siguientes criterios: el contenido de las palabras claves como “quebradas”, “agua para consumo humano”, “tratamiento de agua” “potabilización” y “calidad del agua”, los artículos debían contener por lo menos una de estas palabras para ser considerados; el año de publicación de las investigaciones el cual debe estar comprendido entre los años 2009 y 2019; las investigaciones deben ser publicados por revistas indexadas las cuales demuestran alta calidad y alcance mundial; el idioma no fue un criterio utilizado porque muestra una realidad global de la problemática y, por último, el Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadadas, conocido por sus siglas en inglés, ISSN el cual es un código mundial de información permitiendo la autenticidad de la investigación.

### **Recursos de información**

La búsqueda de los artículos para la investigación se llevó a cabo en las bibliotecas como Google académico, el cual posee entradas de diversas revistas mundiales; SciELO, tiene acuerdos con diferentes organizaciones de investigación; y, por último, REDALYC, especializada en ciencias naturales, exactas y sociales. Estos buscadores se utilizaron por el enfoque y especializaciones que presenta y las interacciones de los factores de salud, social,

ambiental; obteniendo un total de 167 artículos que cumplen con los criterios de búsqueda, de los cuales se seleccionaron 21.

### **Búsqueda de artículos**

Para la búsqueda, en Google académico, se utilizó las palabras clave: “quebradas”, “agua para consumo humano”, “qualidade”, “tratamiento de potabilización” y “calidad del agua”; los limitadores manejados fueron el tiempo, del 2009 al 2019; el idioma no influyó en la búsqueda.

En Redalyc y SciELO, se utilizó las palabras clave: “potabilización”, “arroyo”, “quebrada”, “agua para consumo humano” y “calidad del agua” usando el conector “AND” y seleccionando el intervalo de tiempo mencionado anteriormente.

### **Criterios de descarte e inclusión**

Después de aplicar los filtros en la búsqueda, se obtuvieron diversos artículos, proyectos y tesis, sin embargo; muchos de ellos a pesar de contener por lo menos una palabra clave no se relacionaban directamente con las variables consideradas y no aportaban en la investigación, por otro lado, muchos se encontraban con textos incompletos o de acceso restringido y otros tuvieron un periodo de estudio fuera del considerado, cabe resaltar que no se tomó en cuenta las tesis. De todos los artículos revisados se excluyeron 146.

### **Selección de artículos**

Los artículos incluidos fueron 21 los cuales presentaron información actualizada, recomendaciones relevantes para el método de análisis de datos, metodología experimental, analizaron los indicadores de calidad del agua para consumo humano y mostraron nuevas

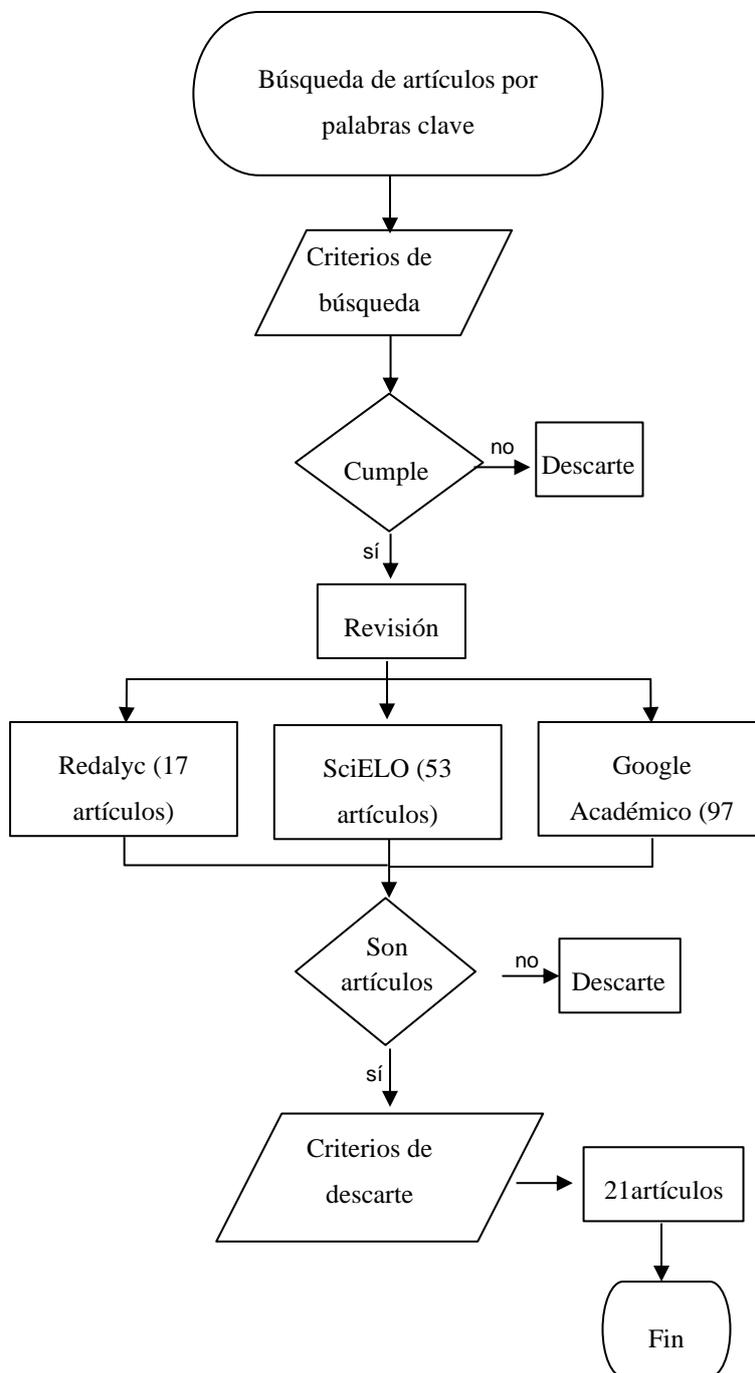
metodologías de aplicación, por otro lado, la estructura de los artículos debe contener Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones; la base de datos debe ser indexada las cuales demuestran alta calidad y alcance mundial; y por último, para corroborar la información citada en los estudios seleccionados para la presente investigación se buscó la fuente y año de publicación de estas, además la institución por la que había sido publicada y también su Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadadas (ISSN).

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los artículos revisados en total fueron 167 de los cuales solo se seleccionaron 21 los mismos que, cumplen con todos los criterios, de estos, 1 fue seleccionado de la revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable (INDES) encontrado en el buscador de Google Académico, 1 de la revista Redalyc y 19 de la revista de SciELO. El tiempo y el lugar donde se desarrollaron los estudios son diferentes; sin embargo, brindan información de la calidad ambiental del agua en las quebradas y proponen el tratamiento más conveniente para su potabilización. Finalmente, después de aplicar los criterios se obtuvieron los artículos para la revisión sistemática, los cuales se detallan en la Tabla 1 y Tabla 2.

En la Figura 1 muestra el proceso realizado para la obtención de artículos empleados en la revisión sistemática, empezando con la búsqueda de las palabras claves en Google académico y las revistas Redalyc y SciELO; se empleó los criterios de búsqueda como filtros, obteniendo 167 artículos en total, a estos se le aplicó los criterios de inclusión y descarte, descartando 146, en Google Académico se descartaron 96 de los cuales, 55 eran tesis, 9 de acceso restringido, 13 no tenían el texto completo y 19 por duplicidad; en la revista SciELO se descartaron 34 de los cuales, 19 no contenían estudios dentro del tiempo establecidos en los criterios de inclusión, 15 no incluían las variables de investigación en sus estudios; y, por último, en la revista Redalyc se descartaron 16, 9 por ser propuestas de estudio espacial y 7 por no aportar datos claros y concisos.

**Figura 1.** Diagrama de flujo de la búsqueda de artículos en relación con la metodología



*Figura 1.* Se seleccionó 1 artículo de la revista Redalyc, 1 del buscador de Google académico, siendo una publicación de la revista INDEX, y, por último, 19 de SciELO.

**Tabla 1**

*Matriz de registro de artículos*

Nº	Base de datos	Autor / Autores	Año	Título de artículo de la investigación
1	INDES	Gamarra, O.; Yalta, J.; Salas, R.; Alvarado, L.; Olivia, S.	2016	Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú
2	Redalyc	Robert, M.	2014	Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba
3	Scielo	Valencia, S. y Lizarazo, P.	2009	Caracterización de la composición microbiana de cuatro quebradas del parque nacional natural Gorgona
4	Scielo	Gonzáles, s.; Ramírez, Y.; Meza, A. y Dias L.	2011	Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales
5	Scielo	Ávila, S. y Estupiñán, S.	2012	Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia
6	Scielo	Meza, A.; Rubio, J.; Diaz, L. y Walteros, J.	2012	Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná
7	Scielo	Torres, D.; Gonzáles, G.; Rustrián, E. y Houbron, E.	2013	Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México.
8	Scielo	Domínguez, I.; Torres, W.; Restrepo, I.; Paterson, C. & Gowing, J.	2015	Self-Supply as an Alternative Approach to Water Access in Rural Scattered Regions: Evidence from a Rural Microcatchment in Colombia
9	Scielo	Montoya, M.; Ramírez, J.; Restrego, F.; Zapata, P.; Agudelo, R. y Aguirre, N.	2015	Salud ambiental en la subcuenca La Chaparrala, Colombia 2015
10	Scielo	Chán, M. y Peña, W.	2015	Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo

				humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala.
11	Scielo	Tarqui, C.; Alvarez, D.; Gómez, G.; Valenzuela, R.; Fernandez, I. y Espinoza, P.	2016	Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú.
12	Scielo	Pérez, E.	2016	Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica.
13	Scielo	Rodriguez, C. y Jacinto, G.	2017	Recursos Hídricos: Calidad y procesos de gestión en la Región Pampeana Argentina.
14	Scielo	Gustavo, J. y Giménez, E.	2017	Aplicación del análisis de componentes principales en la investigación de aguas de pozo para el consumo humano.
15	Scielo	Araya, A. y Calvo, G.	2017	Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica
16	Scielo	Benjumea, C.; Suárez, M. y Villabona, L.	2018	Variación espacial y temporal de nutrientes y total de sólidos en suspensión en la cuenca de un río de alta montaña tropical
17	Scielo	Braz, R.; Leão, A.; Veloso, S. y Vitorino, M.	2018	Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA
18	Scielo	Dueñas, M.; Dorado, L.; Espinosa, P. y Suescún, H.	2018	Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013
19	Scielo	Ojeda, L.; Mansilla, P.; Rodríguez, J. y Pino, A.	2019	El acceso al agua en asentamientos informales. El caso de Valparaíso, Chile
20	Scielo	Wesseluk, J.; Vergara, F. y Berestovoy, V.	2019	Evaluación de la calidad del agua del embalse Mbói Caé
21	Scielo	Custodio, M. y Chávez, E.	2019	Calidad del ambiente acuático de ríos alto-andinos evaluada mediante indicadores ambientales: un caso del río Cunas, Perú

*Nota:* Se muestra el registro de los 21 artículos que cumplen con todos los criterios y que dan respuesta a la pregunta de investigación por revista de publicación, título, año y autor.

Uno de los criterios utilizados fue el año de publicación, para ello se tomó como referencia los últimos 10 años; cabe mencionar que, una de las principales características de los estudios fue la publicación por revistas. En la Tabla 2, se caracterizaron los artículos y frecuencia de revista y año de publicación.

**Tabla 2**

*Características de los estudios*

Tipo de documento	F	%	Año de publicación	Revista de Publicación del artículo		F	%	
				F	%			
Artículos científicos	21	100	2009	1	5	INDES	1	5
			2011	1	5	Redalyc	1	5
			2012	2	10	Scielo	19	90
			2013	1	5			
			2014	1	5			
			2015	3	14			
			2016	3	14			
			2017	3	14			
			2018	3	14			
			2019	3	14			
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>		<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

*Nota:* El 29% de estudios se realizaron en Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Guatemala y México, 19% en Paraguay y Costa Rica, 14% en Perú y el 38% en Colombia.

En los resultados obtenidos de los estudios seleccionados se evidenció una tendencia de categorías que se agrupó para mayor entendimiento y claridad en la investigación, las cuales fueron: Tratamiento de potabilización, Calidad microbiológica de agua de quebradas y Calidad físico-químicas de agua de quebradas las cuales se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Inducción de Categorías*

Categorías	Aportes
Tratamiento de potabilización	<p>El pretratamiento que consiste de un desarenador y filtrador para potabilizar el agua de quebrada no es suficiente si el sistema de distribución y/o reserva son realizadas sin medidas de seguridad ni monitoreo. (Ávila y Estupiñán, 2012)</p> <p>La ebullición se promueve para reducir los riesgos derivados de la contaminación del usuario por microorganismos (Domínguez et al., 2015)</p> <p>Para potabilizar el agua exitosamente se debe tomar en cuenta la infraestructura destinada a canalizar, almacenar y distribuir este recurso, por otro lado, se debe alejar las aguas grises de las fuentes de agua dulce. (Ojeda et al., 2019)</p> <p>Para la potabilización del agua de quebrada se requiere el tratamiento convencional, consistiendo en un desarenador, filtrador y desinfección; esto se debe a que la mayoría de estas aguas cumple con los límites a excepción de los parámetros de turbiedad, nitritos y microbiológicos. (Montoya et al., 2015)</p> <p>El uso de Cloro en el tratamiento de potabilización de aguas y el monitoreo constante del cloro residual, permite disminuir el riesgo de contraer infecciones. (Dueñas et al., 2018)</p> <p>Para validar las operaciones de tratamiento y su eficacia se debe realizar un conteo de microorganismos heterótrofos en placa y Coliformes totales, esto se debe a que las bacterias aerobias presentan una gran sensibilidad a la cloración. (Robert, 2014)</p> <p>En zonas donde se carece de red de agua inter-domiciliaria se sugiere fomentar el uso de contenedores cerrados con tapa utilizando el método de cloración para una desinfección eficaz (Tarqui et al., 2016)</p>
Calidad microbiológica de agua de quebradas	<p>La abundancia de microorganismos es mayor en las quebradas intervenidas; una de las principales causas del ingreso de microorganismos a las quebradas es la presencia de hojarasca como fuente de materia orgánica. (Valencia y Lizaro, 2009)</p> <p>La composición del suelo es un factor importante en la presencia de microorganismos. La elevada concentración de oxígeno no es un factor limitante para el crecimiento de los microorganismos. (Meza et al., 2012)</p> <p>En el período lluvioso la variedad de microorganismos disminuye, esto está relacionado a que en estas épocas se tiene un efecto marcado de arrastre; la mayoría de quebradas presentan valores dentro del rango establecido de Oxígeno disuelto. (González et al., 2011)</p>

Calidad físico-  
química de  
agua de  
quebradas

La variación de la vegetación acuática y microbiana presente en los cuerpos de agua depende principalmente de la temperatura del ambiente. (Wesseluk et al., 2019)

La principal causa que las quebradas no sean aptas para el consumo humano es la contaminación por Coliformes totales y fecales, cuyos posibles orígenes son las poblaciones y la actividad ganadera. (Chán y Peña, 2015)

La ocurrencia de fuertes lluvias está relacionado con el aumento de contaminación microbiológica, en especial de E. Coli. (Araya y Calvo, 2017)

Las quebradas no intervenidas generalmente tienen pH en un rango de 6 a 9, presentan concentraciones altas de sólidos en suspensión, influenciados por precipitaciones, y de fósforo proveniente de la escorrentía. (Benjumea et al., 2018)

La deforestación a las orillas de las quebradas cambia parámetros físicos como el pH, temperatura y el oxígeno. (Gamarra et al., 2016)

Las fuentes no puntuales de contaminación como los campos agrícolas tienen un impacto negativo en la calidad de agua, siendo la principal causa de concentración de nitrógeno. (Torres et al., 2013)

La ligera alcalinidad presente en los cuerpos naturales de agua superficial está relacionada con las condiciones edáficas a través de las cuales fluye la corriente. (Custodio y Chávez, 2019)

El principal foco contaminante para el agua destinada a consumo humano es la disposición de los residuos sólidos urbanos que conjuntamente con las precipitaciones causan lixiviados. (Rodríguez y Jacinto, 2017)

La dureza total medida como  $\text{CaCO}_3$  no se refleja en aguas superficiales, ya que por lo general estas dispersan los minerales como calcio y magnesio que aumentan la dureza. (Pérez, 2016)

La incorporación de fertilizantes nitrogenados en cultivos cercanos a cuerpos de agua genera contaminación por nitratos, existe un mayor potencial de contaminación cuando los ingresos de agua (riegos y precipitaciones) son altos. (Gustavo, J. y Giménez, 2017)

En la temporada menos lluviosa la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) aumenta, causando los valores más altos de conductividad eléctrica. (Braz et al., 2018)

---

*Nota:* En esta tabla se muestra información de parámetros que se deben tener en cuenta como indicadores de calidad ambiental y recomendaciones para su potabilización.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la presente revisión sistemática se trabajó en base a una matriz de datos que permitieron la recolección de 21 artículos científicos, los cuales respondieron a la pregunta de investigación, ¿Cuál es la calidad y tratamiento de agua de quebradas destinadas para el consumo humano, en los últimos diez años?, cumplieron el intervalo de años establecidos, contenían las variables del tema y tenían la estructura establecida (IMRD); dichos datos se muestran en la primera tabla y nos permiten analizar la información más reciente sobre la calidad de agua de quebradas destinada para consumo humano; cabe mencionar que, los criterios usados para la inclusión y exclusión de dichos artículos fueron apropiados; así también, lo manifiesta Letetelier, Manríquez y Grada (2005) quienes consideran que si los criterios no son pertinentes a la pregunta, no están bien definidos y pueden crear un sesgo de información.

En la segunda tabla se evidencia las características de estudios que estuvieron formadas por el tipo de documento, año y revista de publicación del artículo, existiendo en su totalidad artículos científicos con un 100 %; además de mostrar que en los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 se encontraron la mayor información con un 14% cada uno de los años, y mencionar que la base de datos más usada fue SciELO con un 90% de estudios, mientras que en Redalyc e INDES los encontramos con un 5% cada uno; cabe mencionar que las fuentes de información confiable son las bases de datos de recursos informáticos, en donde podemos obtener avances científicos de primera mano.

En los artículos científicos incluidos en la matriz de registro de artículos, se observó una tendencia en enfoques relacionados con las variables, los cuales se categorizaron en

tratamiento de potabilización, calidad microbiológica y calidad fisicoquímicos; pues son temas relevantes para nuestro estudio porque incluyen evidencia de las categorías antes mencionadas; en cuanto a la potabilización del agua de quebradas se evidencia que utilizando cloro (Dueñas; Dorado; Espinosa y Suescún, 2018) para disminuir el riesgo de contraer infecciones como lo corrobora Montoya; Ramírez; Restrego; Zapata; Agudelo y Aguirre (2015), se debe tener en cuenta la infraestructura destinada a canalizar, almacenar y distribuir el agua como lo ratifica Ojeda; Mansilla; Rodríguez. y Pino (2019), y dependiendo del nivel de contaminación del cuerpo de agua es necesario realizar un pretratamiento que consiste de un desarenador, filtrador y desinfectado para potabilizar el agua de una quebrada y también realizar medidas de seguridad y monitoreo (Ávila y Estupiñán, 2012).

En cuanto a la calidad microbiológica del agua, existen evidencias que las bacterias de coliformes totales y fecales como lo confirman Chán y Peña (2015), son más frecuentes, y también se encuentran otros microorganismos debido a su elevada concentración de oxígeno como lo valida el estudio de Meza; Rubio; Diaz y Walteros (2012) y el estudio de Valencia y Lizaro (2009), y están relacionados a las épocas de lluvia que tiene un efecto marcado de arrastre como lo afirman el trabajo de Gonzáles; Ramírez; Meza y Dias (2011) y el trabajo de Araya y Calvo (2017); esta época del año también causa valores altos de conductividad eléctrica como lo prueba el trabajo de Braz; Leão; Veloso y Vitorino (2018); cabe resaltar que para validar las operaciones de tratamiento y su eficacia se debe realizar un conteo de microorganismos heterótrofos en placa y coliformes totales, esto se debe a que las bacterias aerobias presentan una gran sensibilidad a la cloración de acuerdo al trabajo de Robert (2014).

En cuanto a la calidad fisicoquímica del agua, la evidencia muestra que la incorporación de fertilizantes nitrogenados en cultivos cercanos a cuerpos de agua genera contaminación por nitratos, y existe un mayor potencial de contaminación cuando los ingresos de agua (riegos y precipitaciones) son altos como lo dice el trabajo de Gustavo y Giménez (2017), el trabajo de Benjumea; Suárez. y Villabona (2018) y el trabajo de Custodio y Chávez (2019), a su vez que los minerales como el calcio y magnesio aumentan la dureza de aguas superficiales como asevera Pérez (2016); también se evidencia que el principal foco contaminante para el agua destinada a consumo humano es la disposición de los residuos sólidos urbanos que conjuntamente con las precipitaciones causan lixiviados que tienen detergentes y aceites como lo ratifica el trabajo de Rodriguez y Jacinto (2017); y el trabajo de Gamarra, Yalta, Salas, Alvarado y Olivia (2016) donde se evidencia que la deforestación a las orillas de las quebradas cambia parámetros físicos como el pH, temperatura y el oxígeno.

Las revisiones sistemáticas son investigaciones científicas que constituyen una herramienta esencial para sintetizar la información científica disponible, que nos permite incrementar la validez de las conclusiones de estudios individuales e identificar áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar investigación (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011); a la vez, nos brinda apoyo permitiendo encontrar similitud y diferencia en diferentes artículos científicos para categorizarlos, lo cual permitió responder a la pregunta y objetivo de nuestra investigación.

Después del análisis de cada artículo seleccionado se llegó a la conclusión que la calidad ambiental de las quebradas no es apta para el consumo humano directo, requiriendo

un tratamiento convencional, el cual consiste en el desarenado, filtrado y desinfección; siendo este último, primordial para evitar los riesgos de enfermedades gastrointestinales, esto se debe a que generalmente cumple con todos los parámetros excepto el microbiológico y turbiedad.

Las limitaciones que se encontró fue que el mayor porcentaje de estudios se realizaron fuera del Perú con un 86%, por lo que las realidades distintas limitan al trabajo basándose en los resultados de los diferentes contextos, pero a su vez permite ver distintos métodos para solucionar la pregunta. Se recomienda hacer énfasis en búsquedas de investigaciones en el territorio nacional para realizar una revisión representativa a la realidad peruana.

## REFERENCIAS

- Araya, A. y Calvo, G. (2017). Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. Recuperado de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822017000300047&lang=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000300047&lang=es)
- Ávila, S. y Estupiñán, S. (2012). Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(2), 163-168. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032012000200004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000200004&lng=es&tlng=es).
- Benjumea, C., Suárez, M. y Villabona, L. (2018). Variación espacial y temporal de nutrientes y total de sólidos en suspensión en la cuenca de un río de alta montaña tropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(165), 353-363. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082018000400353&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082018000400353&lang=es)
- Braz, R., Leão, A., Veloso, S. y Vitorino, M. (2018). Evaluación estacional de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el área de influencia de Lixão de Salinópolis, PA. *Revista Ambiente y Água*, 13 (2), Epub, 07 de mayo de 2018. Recuperado de [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2018000200316&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2018000200316&lang=es)

- Chán, M. y Peña, W. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala. *UNED Research Journal*, 7(1), 19-23. Recuperado de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/856>
- Custodio, M. y Chávez, E. (2019). Calidad del ambiente acuático de ríos altoandinos evaluada a través de indicadores ambientales: un caso del río Cunas, Perú *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 396-409. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052019000300396&lang=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000300396&lang=en)
- Domínguez, I., Torres, W., Restrepo, I., Paterson, C. & Gowing, J. (2016). Self-Supply as an Alternative Approach to Water Access in Rural Scattered Regions: Evidence from a Rural Microcatchment in Colombia. *Ingeniería y Universidad*, 20(1), 176. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.iyu20-1.saa>
- Dueñas, M., Dorado, L., Espinosa, P. y Suescún, H. (2018). Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 36(3), 100-108. Recuperado de [www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2018000300100&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2018000300100&lang=en)
- Ferreira, G; Urrutia, G. y Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología* 2011, 64(8): 688-696. Recuperado de <https://www.revespcardiol.org/es-revisiones-sistematicas->

metaanalisis-bases-conceptuales-articulo-resumen-  
S0300893211004507?redirect=true

Gamarra, O., Yalta, J., Salas, R., Alvarad, L. y Olivia, S. (2016) Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), 49-59 Doi:10.25127. Recuperado de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/75/189>

González, S., Ramírez, Y., Meza, A. y Dias, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30682012000200012&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000200012&lng=en&tlng=es)

Gustavo, J. y Giménez, E. (2017). Aplicación del análisis de componentes principales en la investigación de aguas de pozo para el consumo humano. *Población y Desarrollo*, 23(45), 38-52. Recuperado de [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2076-054X2017004500038&lang=en](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2076-054X2017004500038&lang=en)

Letetelier, L., Manríquez, J. y Grada, G. (2005). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: ¿son la mejor evidencia? *Revista médica de Chile*, 133(2), 246-249. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872005000200015](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872005000200015)

Meza, A., Rubio, J., Días, L. y Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, 34(2), 443-456. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-52322012000200013&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322012000200013&lng=en&tlng=es).

Montoya, M., Ramírez, J., Restrego, F., Zapata, P., Agudelo, R. y Aguirre, N. (2015). Salud ambiental en la subcuenca La Chaparrala, Colombia 2015. *Revista de la Salud Pública*, 19 (3), 325-331. Recuperado de página de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642017000300325&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642017000300325&lang=es)

Ojeda, L., Mansilla P., Rodríguez, J. y Pino A. (2020). El acceso al agua en asentamientos informales. El caso de Valparaíso, Chile. *Bitácora Urbano Territorial*, 30(1), 151-165. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-79132020000100151&lang=en#back\\_fn15](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-79132020000100151&lang=en#back_fn15)

Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (pp. 4). Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29 (3), 3-14. Recuperado

de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822016000300003](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003)

Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC*, 45(1), 25-36. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>

Rodriguez, C. y Jacinto, G. (2017). Recursos Hídricos: Calidad y procesos de gestión en la Región Pampeana Argentina. *Luna Azul*, 44, 59-79. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742017000100005&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742017000100005&lang=en)

Tarqui, C., Alvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I. y Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 18(6), 904-912. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642016000600904&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642016000600904&lang=en)

Torres B., González G., Rustrián E., y Houbron, E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 135-146. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992013000300001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000300001&lng=es&tlng=es).

Valencia y Lizarazo (2009). Recursos hídricos: calidad y procesos de gestión en la región Pampeana Argentina. *Luna Azul*, (44), 59-79, Recuperado de

[www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742017000100005&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742017000100005&lang=en)

Weseluk, J., Vergara, F. y Berestovoy, V. (2019). Evaluación de la calidad del agua del embalse Mbói Caé. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (32), 1-10. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-75872019000200013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872019000200013&lng=es&tlng=es).