



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CALIDAD  
MICROBIOLÓGICA EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL PERÚ”

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Adriana Nicol Acosta Oliva (0000-0002-4279-2523)

Asesor:

Marcos Alejandro Sulca López (0000-0001-9056-0068)

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 116-2021-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima, 28 de abril de 2021

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL PERÚ**, presentado por:

- **Adriana Nicol Acosta Oliva**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL PERÚ** con N° de registro de la carrera: **0115-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Marcos Alejandro Sulca López** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

T// (51) 610 6738  
informes@cientifica.edu.pe  
cientifica.edu.pe

Evaluación de los efectos de la calidad microbiológica en los cuerpos de agua en el Perú

Adriana Nicol Acosta Oliva<sup>1</sup>; Marco Alejandro Sulca López<sup>1</sup>

*1 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima-Perú*

\*Autor de correspondencia: *adriana.acosta.olivamail.com,*  
*180000211@ucientifica.edu.pe*

## **RESUMEN**

Los seres humanos tenemos el derecho de desarrollarnos en un ambiente donde la calidad vida y salud sea óptima. La política ambiental expresa que un ambiente saludable tiene que estar equilibrado y adecuado hacia el pleno progreso de la vida sin alterar el medio que lo rodea como el agua, suelo y aire. Cada uno de estos medios es fundamental para la vida, pero el agua constituye un recurso económico y soporte de vida sustancial; por tal motivo, el recurso más significativo para el progreso social y económico es el agua. En consecuencia, es importante contar con una adecuada salubridad de cuerpos de agua para asegurar el consumo humano y la conservación del medio acuático; y en favor de conocer su estado se hacen diagnósticos para la calidad de agua basados en el uso empleado del recurso y Estándares de Calidad Ambiental. Dentro de la categorización de los usos de agua destaca el Uso Población y la Preservación del Ambiente Acuático que comprende lagos, lagunas, ríos de la costa, sierra y selva, ecosistemas marinos, estuario y costeros. Estos usos muy importantes debido a que son los orientados a la preservación de la vida y la integridad ambiental conforme a la normativa peruana que evalúa parámetros físicos, químicos, inorgánicos, orgánicos y microbiológico que son indicadores de calidad. Por lo mencionado, la calidad del agua y la salud humana guardan una fuerte relación y requiere que se evalúe, vigile y fiscalice del recurso hídrico.

Palabras clave: Calidad del agua, Salud Ambiental, Contaminación de Agua

**ABSTRACT**

Human beings have the right to develop ourselves in an environment where the quality of life and health is optimal. The environmental policy expresses that a healthy environment has to be balanced and adequate towards the full progress of life without altering the environment that surrounds it such as water, soil and air. Each of these means is fundamental for life, but water constitutes an economic resource and substantial life support; for this reason, the most significant resource for social and economic progress is water. Consequently, it is important to have adequate sanitation of bodies of water to ensure human consumption and the conservation of the aquatic environment; and in favor of knowing its status, diagnoses are made for water quality based on the use of the resource and Environmental Quality Standards. Within the categorization of water uses, the Population Use and the Preservation of the Aquatic Environment stands out, which includes lakes, lagoons, rivers on the coast, mountains and jungle, marine, estuary and coastal ecosystems. These very important uses because they are oriented to the preservation of life and environmental integrity in accordance with Peruvian regulations that evaluate physical, chemical, inorganic, organic and microbiological parameters that are indicators of quality. Therefore, water quality and human health have a strong relationship and require that the water resource be evaluated, monitored and controlled.

Keywords: Water Quality, Environmental Health, Water Contamination

## REVISIÓN TEÓRICA

### 1. Normativa ambiental saludable

El ambiente donde nos desarrollamos como seres humanos siempre está vinculado con la calidad y la salud del mismo, por lo que resulta trascendental que a través del tiempo se mantenga una correlación entre el hombre y la naturaleza (Baldi y García, 2005). En el Perú los problemas ambientales de mayor relevancia y presencia son el déficit en la calidad de agua y sus consecuencias en la salud humana; en consecuencia, también se observan afectaciones al progreso económico y a la sociedad civil. Teniendo en cuenta que en el Perú existen zonas vulnerables por la pobreza y el olvido político amenazando el bienestar de las siguientes generaciones (Bustios, Martina y Arroyo, 2012).

#### 1.1. Ley General del Ambiente

Según la Ley N° 28611, “Ley General del Ambiente”, se estipula en el artículo 1 que:

*“Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. “*

Este primer artículo sienta las bases para la protección de la integridad de salud humana y ambiental y todo lo relacionado al desarrollo equilibrado de la vida. En forma natural preservando los recursos naturales, indispensable para el desarrollo económico sostenido.

#### 1.2. Estándar de Calidad Ambiental

El ECA se define como el “Mecanismo de Gestión Ambiental” que se instituye para medir el nivel de concentración de contaminantes, presentes en el agua, suelo o aire, como medio receptor; no obstante, estos valores y concentraciones no llegan a representar un riesgo de importancia significativa para la salud humana y ambiental. Este es contemplado y normado en La Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiente.

“El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.”

Se establece como el parámetro en particular para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional y se expresa en máximos, mínimos o rangos. “ (MINAM, 20005)

### **1.3. Ley de Recursos Hídricos**

El Estado Peruano dispone la Ley de Recursos Hídricos (creada en 2009, modificada en 2019), Ley N° 29338, la cual contempla en su Artículo preliminar III. Principio de participación de la sociedad y la cultura del agua, que el estado modifíco mecanismos de cooperación de los usuarios de una población establecida y que su toma de decisiones frente al servicio no afecte la calidad, cantidad, tiempo de uso u otros atributos del recurso. De esta manera la sociedad puede tener participación en las actividades asociadas al uso no consuntivo y consuntivo del agua.

Por otro lado, la misma ley en su Artículo 3°, Declaratoria de interés nacional y necesidad pública, dice lo siguiente:

*“Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el*

*manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones. “*

En este artículo se indica la gestión del agua desde el punto de enfoque por cuenca y de acuíferos, para así aprovechar el recurso eficientemente. Para la conservación y aumento del agua, se menciona a la importancia de mantener y preservar la calidad del recurso, pues es preciso para el desarrollo de la vida, económico y social. Esta necesidad trata resolverse mediante la generación de una nueva institución como se indica en el Artículo 11°, Conformación e Integración del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que dice que:

*“El SNGRH está conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídrico”*

Este ente queda constituido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA); Los Ministerios del Ambiente (MINAM); de vivienda, Construcción y saneamiento; de Energías y minas; de Agricultura; de Salud; de la producción; Gobiernos Regionales; Gobiernos Locales; Entidades operadoras de los sectores hidráulicos sectoriales y multisectoriales; Organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios; entidades públicas vinculadas a la gestión del Recurso Hídrico; Comunidades campesinas y nativas.

En el Artículo 76°, Vigilancia y fiscalización del agua, dice que la Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca evalúa el estado físico del agua de los cauces

naturales y artificiales, de manera que controla, supervisa y fiscaliza que se cumplan los Estándares de Calidad Ambiental (Actualmente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) este artículo da a la Autoridad Nacional del Agua la responsabilidad de evaluar la condición de los cuerpos de agua para resguardar la calidad del recurso, así como la salud de las personas.

## **2. Calidad de agua y parámetros indicadores de calidad**

El agua es un recurso esencial para el desarrollo humano; sin embargo, el agua apta para consumo humano es escasa, lo que conlleva a las poblaciones a beber agua de calidad muy deficiente causando enfermedades (MINSA, 2011). Por tanto, la calidad del agua responde al estado y las características físicas, químicas o biológicas del agua, es decir se mide a partir de la relación de sus impactos a la salud como enfermedades alérgicas y en el peor caso la muerte. Asimismo, la calidad del agua está ligada al tipo de uso ya sea para consumo poblacional, recreativo o conservación del ambiente acuático por ende los parámetros a medir son distintos y se relación con tipo de cuerpo de agua (Halaby et al., 2017).

La evaluación y descripción de la calidad del agua es materia de carácter extenso por la dificultad de la estimación y metodología de análisis para todos sus parámetros indicadores. El problema se basa fundamentalmente en la definición de calidad del agua y sus distintas interpretaciones de parámetros que están relacionados directamente con la salud y la seguridad de los ecosistemas (Ministerio del Medio Ambiente de España, 2000).

Las categorías de usos del agua y sus parámetros indicadores de calidad son mencionados en el estándar de calidad ambiental y describe los distintos usos del agua por categorías



(MINAM, 2017). En este caso se hará hincapié en la categoría C1 y C4 por su repercusión en la descripción de la calidad de agua, así como su efecto en la salud y el ambiente.

## **2.1. Uso Poblacional y Recreativo**

El uso poblacional consta de la toma del agua que se encuentra en la red pública o cuerpo de agua con la finalidad de compensar las necesidades primordiales de la sociedad. Sin embargo, el uso recreativo es indirecto debido a que se usa con fines de satisfacción del bienestar social.

### ***2.1.1 Poblacional.***

En el Artículo 39° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, describe el uso poblacional como el agua que es captada de un cuerpo de agua (o fuente) o de la red pública, esta debe ser tratada adecuadamente para que logre satisfacer las necesidades humanas de la población que van desde la preparación de alimentos hasta el aseo personal. El uso y/o consumo urbano de agua se ejecuta a través de los derechos del uso del agua concedidos por la Autoridad Nacional (Congreso de la Republica, 2009).

### ***2.1.2. Recreacional.***

El agua superficial para uso recreacional es definida por la CETESB como la calidad del recurso hídrico que será usado para el entretenimiento con contacto primario o directo por un tiempo prolongado. El agua es utilizada para realizar deportes acuáticos, turismo, paseos corporativos en donde radica la posibilidad de intervenir en el ecosistema donde se realiza estas actividades. Las diferentes actividades recreacionales realizadas pueden generar considerables beneficios para salud y el bienestar de los usuarios (Pinedo, 2017).

## **2.2. Conservación del Ambiente Acuático**

### ***2.2.1. Lagunas y lagos.***

### ***a. Laguna***

Se define como repositorio natural de agua dulce almacenada en depresiones del terreno con diferentes dimensiones (ANA/MINAGRI, 2014). Es decir se forman por diferentes motivos como la acción de las fuerzas tectónicas o la presencia cercana de un volcán.(Bécares, Conty, Rodríguez y Blanco, 2015)

### ***b. Lago***

Los lagos son cuerpos naturales de agua naturales que dependen de la zona geografía que les da origen y extensión significativa. Así mismo cuentan con su propia flora y fauna que ocupan considerablemente este recurso (Escudero, Morales y Vicuña, 1983). Surgen a partir de la coactividad natural de la superficie terrestre y alimenta agua a los ríos con una naturaleza geológica para luego desembocar en el mar.(Chang, 2005)

## ***2.2.2 Ríos.***

Son unidades de corriente continua y se forman a partir del deshielo en las cabeceras de cuenca, o la acumulación del agua de lluvia y el surgimiento de agua subterránea (Escudero et al., 1983). Los principales componentes de un río son el caudal o cause, márgenes y desembocadura, además, un río es más que un sistema de agua, ya que medio para que se realice la cadena trófica para muchos macroinvertebrados (Fernandez, 2015).

### ***a. Ríos de la costa y sierra***

Son los cursos de agua y sus afluentes que abarca desde la vertiente del pacifico hasta el lago Titicaca. Los ríos de la costa y sierra alimentan los principales valles productores de alimento para las grandes ciudades. La mayoría de ellos se origina en los glaciares, lagunas y nevados andinos transportando el agua dulce para abastecer a las poblaciones (Romero, Molieri, Fernadez y Dominguez, 2016).

### ***b. Ríos de la selva***

Son los ríos y sus afluentes que abarca la parte baja de la cordillera de los andes en la parte de la vertiente oriental y la mayoría de ellos son torrentosos de cursos diferentes. Su principal uso es ser medio de comunicación y transporte para la población; y nutrir grandes extensiones de bosque (Instituto de Investigación Amazonía Peruana - IIAP, Universidad de Turku Biotá BD Oy, 2004).

### ***2.2.3 Ecosistemas costeros y marinos***

Los ecosistemas marinos son áreas generalmente de grandes extensiones (200 000 km<sup>2</sup> o más) ubicados en el litoral marino en el cual tiene gran influencia, pues es la zona de interacción y tránsito entre el medio terrestre y acuático (FAO/ONU, 2014). Tiene funciones ecológicas como fuente de nutrientes, hábitat y refugio de muchas especies valiosas dentro del sistema (Lara, Contreras, Castañeda, Barba, y Pérez, 2011).

#### ***a. Estuario***

Son ecosistemas que se encuentran conectados con el mar, es decir zona de transición donde el agua pasa de dulce a salada. Esta parte del ecosistema es relevante por su importancia económica, puesto que son áreas de pesca y fuente de trabajo para muchos pescadores (Programa Ambiental Regional para Centroamérica - PROARCA/APM, 2004).

#### ***b. Marinos***

Son áreas que se encuentran al límite marino paralela a la baja marea asociado a los manglares y marismas, así como también interfiere con el medio terrestre directamente y esto va disminuyendo gradualmente con la distancia del mar a la superficie (Hernández y Alcolado, 2011). Estos lugares son el hábitat donde se desarrollan y reproducen especies como moluscos, crustáceos y peces (PROARCA/APM, 2004).

### 3. Parámetros de calidad de agua para uso poblacional, recreacional, conservación del ambiente acuático y método análisis

Conforme a lo indicado en la normativa peruana - Resolución Directoral N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, se indican varios grupos de parámetros con diferentes concentraciones, categorizadas conforme al uso que se le sea asignado al recurso hídrico por especialistas. A continuación, se muestran los parámetros clasificados y sus respectivas concentraciones según los usos de Categoría 1 y Categoría 4, con sus respectivas sub categorías, ya que estas son las más relevantes respecto a la salud ambiental y la protección del integridad humana y ecosistémica.

#### 3.1. Físico – Químico

A continuación, se muestran los parámetros físico químicos que han sido aprobados en la R. M. 004-2017-MINAM, así como sus respectivas concentraciones y métodos permitidos para hacer su estimación, respecto a la categoría que se le ha sido asignada, esto se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros físico – químico de ECA agua 2017

FISICO - QUIMICO										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Técnica de Análisis
		Categoría 1			Categoría 4					
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
					CS	S	E	M		
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Método Toxhlet
Cianuro Total	mg/L	0,07	-	-	-	-	-	-	-	Método espectrofotométrico
Cianuro Libre	mg/L	-	0,2	0,2	0.0052	0.0052	0.0052	0.001	0.001	Método de titulación con nitrato de plata
Cloruros	mg/L	250	250	250	-	-	-	-	-	Método argentométrico
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100	-	20 (a)	20 (a)	20 (a)	-	-	Método de unidades de color Hazen
Clorofila A	mg/L	-	-	-	0.008	-	-	-	-	Método tricromático
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	-	1000	1000	1000	-	-	Método Electrométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10	5	10	10	15	10	Método yodométrico modificación de azida

Dureza	mg/L	500	-	-	-	-	-	-	-	Método titulométrico de EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30	-	-	-	-	-	Método de oxidación por dicromato de potasio
Fenoles	mg/L	0,003	-	-	2.56	2.56	2.56	5.8	5.8	Método por colorimétrico
Fluoruros	mg/L	1,5	-	-	-	-	-	-	-	Método potenciométrico con electrodo ion selectivo
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15	0.035	0.05	0.05	0.124	0.062	Método del ácido ascórbico (espectrofotométrico)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico	-	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	-	-	-	-	-	Método por oxidación con permanganato en medio alcalino
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	50	50	50	13	13	13	200	200	Método de oxidación básica
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	-	-	-	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	
Nitrógeno Total	mg/L	-	-	-	0.315	-	-	-	-	
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (d)	mg/L	3	3	-	-	-	-	-	-	
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	Método del azul de Indofenol
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4	Método Winkler
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5-8,5	5,5- 9	5,5- 9	6,5- 9	6,5- 9	6,5- 9	6,8- 8.5	6,8- 8.5	Método pH-metro
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30	Método Gravimétrico
Sulfuros	mg/L	-	-	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	Método de azul de metileno
Sulfatos	mg/L	250	500	-	--	-	-	-	-	Método turbidimétrico
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	-	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2	Método de termómetro de Mercurio
Turbiedad	UNT	5	100	-	-	-	-	-	-	Método nefelométrico

Fuente: Adaptado de las tablas Categoría 1: Poblacional y Recreacional (CAT 1) y

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (CAT 4). R. M. 004-2017-MINAM

Leyenda del acrónimo donde: UM (Unidad de medida), A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado), B1 (Lagunas y lagos), B2 (Ríos), CS (Costa y Sierra), S (Selva), B3 (Ecosistemas costeros y marinos), E (Estuarios) y M (Marinos).

Según lo indicado en la tabla se aprecian parámetros que son de amplia importancia para estimar la calidad del recurso hídrico, estos se aplican junto a ponderaciones en los Índices de Calidad de Agua o Water Quality Index (WQI- siglas en inglés). Los estudios académicos han demostrado que los más resaltantes son el pH, Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto (OD), Fosforo Total, Turbiedad,

Nitrato - Nitrógeno y parámetros microbiológicos como E. Coli y coliformes totales (Venkatatalchopathy y Karthikeyan, 2015) y en casos puntuales considerar otros parámetros como cloruros, magnesio, sulfatos y sólidos totales disueltos con su respectiva ponderación (Tripathi y Kumal, 2019) es crucial para estimar debidamente la calidad del agua en un ambiente determinado (Tripathi y Kumal, 2019).

### 3.2. Inorgánico

En esta sección se detallan los valores permitidos para cada parámetro inorgánico que se ha aprobado en los ECA agua 2017. Es de precisar que los parámetros indicados en la siguiente Tabla 2 son de mayoría metales, cada uno con diferentes características y nivel de toxicidad.

**Tabla 2.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros inorgánicos de ECA agua 2017

INORGANICOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Técnica de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Aluminio	mg/L	0,9	5	5	-	-	-	-	-	Método espectrofotométrico de absorción molecular
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	-	0,64	0,64	0,64	-	-	Método de absorción atómica y generación de hidruros
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036	Método del azul de Molibdeno
Bario	mg/L	0,7	1	-	0,7	0,7	1	1beri	-	Método por gravimetría
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1	-	-	-	-	-	Método de absorción atómica en cámara de grafito
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4	-	-	-	-	-	Método espectrofotométrico en medio ácido
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	-	-	-	-	-	Método Espectrometría de absorción atómica por atomización electro térmica.
Cadmio Disuelto	mg/L	-	-	-	0,00025	0,00025	0,00025	0,0008	0,0008	
Cobre	mg/L	2	2	2	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	Método Espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP)
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	
Cromo VI	mg/L	-	-	-	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05	
Hierro	mg/L	0,3	1	5	-	-	-	-	-	Método de fenantrolina
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5	-	-	-	-	-	Método Espectrometría de

										absorción atómica con cámara de grafito
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	Método Espectrometría de absorción atómica por vapor frío
Molibdeno	mg/L	0,07	-	-	-	-	-	-	-	Método colorimétrico persulfato amónico.
Niquel	mg/L	0,07	-	-	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082	Método Espectrometría de absorción atómica
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081	Método Espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica.
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071	Método Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros.
Talio	mg/L	-	-	-	0,0008	0,0008	0,0008	-	-	Método Espectrometría de absorción atómica
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-	Método electromagnético de conteo de fotones
Zinc	mg/L	3	5	5	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081	Método Espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP)

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

En la tabla 2 se observa una gran cantidad de metales pesados que se contrastan con los metales que tienen mayores efectos tóxicos en la salud y el medio ambiente. Así mismo se puede apreciar que estos se relacionan con la actividad minera y proyectos que se viene poniendo en marcha (Huaranga, et al., 2012). Sin embargo, esta normativa no contempla metales pesados o radioactivos que puedan aparecer en proyectos de exploración minera futuros o en futuras actividades económicas industriales que requieran el empleo de nuevos materiales inorgánicos e involucren la posible contaminación del agua.

### 3.3. Orgánico

Respecto a los contaminantes orgánicos, no se tiene un consenso respecto a la clasificación de la normativa R.M. 004-2017-MINAM, ya que la clasificación de la Categoría 1 une a sub grupos de contaminantes orgánicos y la Categoría 4 presenta estos

contaminantes como grupos independientes. Sin embargo, se asumió la clasificación de la categoría 1, como se muestra en la Tabla 3, debido a que esta permite una mejor interpretación y análisis de la normativa. Así mismo, se aplicó la clasificación de la categoría 4 para los compuestos orgánicos.

**Tabla 3.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros de Compuestos Orgánicos de ECA agua 2017

COMPUESTOS ORGÁNICOS											
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis	
		A1	A2	A3	E1	E2		E3			
						CS	S	E	M		
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>8</sub> - C <sub>40</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Método de espectroscopia infrarroja
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	Método por cromatografía de gases
Bromoformo	mg/L	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cloroformo	mg/L	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	Método volumétrico directo
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	Método de Microextracción en fase sólida

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

Respecto a la Tabla 3 se muestran una variedad de contaminantes con una base de cadena de carbono, características y origen diferentes. Respecto a los Hidrocarburos Totales de Petróleo, estos tienen su origen en la actividad extractiva, siendo esta la de mayor impacto en el recurso hídrico y menor medida las actividades asociadas al uso y consumo de los hidrocarburos (Li, Shen y Jiang, 2019). Otros como los trihalometanos se forman como un subproducto del proceso de desinfección del agua; por lo que, este parámetro que representa a un grupo de productos químicos como bromoformo, cloroformo, dibromoclorometano y bromodichlorometano (Consorti Sanitari de Barcelona, s.f.), es solo aplicable a la categoría uno de la normativa.

### 3.3.1 Compuestos orgánicos Volátiles

En este apartado de la clasificación de los contaminantes también se presenta un problema, ya que el parámetro de hidrocarburos totales es considerado como un



compuesto orgánico volátil para la Categoría 4, mientras que en la categoría 1 es solo orgánico. Además, en la categoría 4 los compuestos BTEX e hidrocarburos aromáticos tienen una clasificación independiente, por lo que en la Tabla 4 se continúa con esta clasificación debido a las características de estos contaminantes.

**Tabla 4.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros Compuestos Orgánicos Volátiles de ECA agua 2017

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	Método por cromatografía de gases
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	-	-	-	-	-	-	-	Método por cromatografía en fase gaseosa con detección por captura de electrones
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	Método de adsorción en carbón activo
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	-	-	-	-	-	-	-	Método de espectrofotometría de masa
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	-	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	Método de extracción por membranas
Tetracloroetano	mg/L	0,04	-	-	-	-	-	-	-	Método por espectroscopia infrarroja
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	-	-	-	-	-	-	Método de extracción líquida-líquido
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	Método gravimétrico
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Método por espectroscopia infrarroja

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

Respecto a los contaminantes indicados en este apartado la mayoría de ellos son producidos de manera artificial por el hombre y son empleados en su mayoría en la industria de la construcción, en lubricantes y en disolventes (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2006).

### 3.3.2 BTEX

Los compuestos BTEX es un acrónimo para referirse a los compuestos indicados en la tabla 5, estos a su vez corresponden a compuestos derivados del petróleo de naturaleza volátil.

**Tabla 5.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros Compuestos Orgánicos – BTEX de ECA agua 2017

BTEX										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Benceno	mg/L	0,01	0,01	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Método de cromatografía de gases adsorción en carbón activo
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

Los compuestos antes mencionados corresponden a la categoría 1 en su gran mayoría, debido a que estos son usados como solventes en algunos elementos del hogar y finalmente pueden derivar en cuerpos de agua; sin embargo, el benceno es un compuesto más común en diferentes compuestos uso tipo industrial, combustibles, lubricantes, etc (Escobar, 2003).

### 3.3.3 Hidrocarburos aromáticos

Los hidrocarburos aromáticos se caracterizan por la resonancia que poseen debido a que poseen un núcleo de benceno; sin embargo, los compuestos descritos en la Tabla 6 se diferencian con el BTEX, debido a que estos poseen propiedades diferentes. Entre estas diferencias se encuentra que estos compuestos son de cadena policíclica, liposolubles y carcinogénicos (Franco y Ramírez, 2013; Chirino, Benzo y Fernández, 2015).

**Tabla 6.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros Compuestos Orgánicos – Hidrocarburos Totales de ECA agua 2017

HIDROCARBUROS AROMATICOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	Método analítico de Cromatografía de Gases capilar
Antraceno	mg/L	-	-	-	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	Método analítico la Cromatografía de Gases Capilar con detección por Espectrometría de Masas.
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Método Cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica
Fluoranteno	mg/L	-	-	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Método Electrodo Especifico.

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.4. Plaguicidas

Esta sección, según la normativa peruana, corresponde a los compuestos orgánicos volátiles para la categoría 1 y para la categoría 4 corresponde a una categoría independiente. Es correcto afirmar la clasificación de la categoría 1. Sin embargo, para este caso se asumió una división independiente como en la categoría 4, ya que estos fueron diseñados específicamente para actuar negativamente sobre componentes biológicos.

#### 3.4.1 Organofosforados

En la tabla 7 se muestran los compuestos formulados de plaguicidas de la clasificación organofosforados. Estos plaguicidas son de los más utilizados y provienen de los esteres del ácido fosfórico, es de precisar que los plaguicidas citados en la normativa son insecticidas y sus efectos farmacológicos son muy variados dependiendo de varios factores, por lo que no tiene no se cuenta con una estimación concreta de la toxicidad de este. Asimismo, estos componentes se caracterizan por ser volátiles y liposolubles (Fernández D. G., Mancipe L. y Fernández D. C., 2010).

**Tabla 7.** *Detallado de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para plaguicidas – Organofosforados de ECA agua 2017.*

ORGANOFOSFORADOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	Método de detección y cuantificación
Paratión	mg/L	-	-	-	0,000013	0,000013	0,000013	-	-	Método de cromatografía de gases con detectores selectivos

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.4.2 Organoclorados

Los compuestos organoclorados presentan una muy baja solubilidad en el agua, pero si son liposoluble y a pesar de tener una baja volatilidad este se encuentra dentro de la clasificación de compuestos orgánico volátiles. Además, estos compuestos tienen la característica de resistencia a la degradación por radiación solar, temperatura, humedad y procesos metabólicos (Sánchez, Ortiz y de Torres, 2015). Estos compuestos que son indicados en la Tabla 7 son usados en el Perú y se considera en ambas categorías debido a la que su esparcimiento en el ambiente tiene efectos severos en la salud y el medio ambiente.

**Tabla 8.** *Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para plaguicidas – Organoclorados de ECA agua 2017.*

ORGANOCOLORADOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Aldrin	mg/L	-	-	-	0,000004	0,000004	0,000004	-	-	Método de detección y cuantificación
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	-	-	-	-	-	-	
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	-	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004	
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	-	-	-	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	
Dieldrin	mg/L	-	-	-	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019	

Endosulfán	mg/L	-	-	-	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087	Método analítico de trazas
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	-	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023	Método de detección y cuantificación
Heptacloro	mg/L	-	-	-	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Heptacloro Epóxido	mg/L	-	-	-	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	-	-	-	-	-	-	
Heptacloro Epóxido	mg/L	-	-	-	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Lindano	mg/L	0,002	0,002	-	0,00095	0,00095	0,00095	-	-	Método Cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	-	-	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.4.3 Carbamatos

En la Tabla 9 se muestra el parámetro de carbamato y sus concentraciones permitidas, en este caso solo se cuenta con el Aldicarb que tiene uso de insecticida y tiene efectos leves en la salud, pero si presenta efectos significativos en el ambiente, en especies acuáticas (FAO/ONU y UN Environment Programme - UNEP, 2011). Por esto, es correcto la consideración de este carbamato aplicado para las categorías 1 y 4.

**Tabla 9.** Detallado de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para plaguicidas – Carbamatos de ECA agua 2017.

CARBAMATO										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	-	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015	Método de detección y cuantificación

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.5. Cianotoxinas

Las microcistinas son compuestos heptapéptidos cíclicos y son las únicas toxinas generadas por cianobacterias que son consideradas en la normativa ECA agua del 2017, como se ve en la tabla 10. Estas toxinas tienen acción principalmente a nivel hepático en las personas (Vela, et al., 2007), por lo que la clasificación correspondiente a la categoría 1 es correcta y no es posible considerar esta toxina en la categoría 4 debido a la presencia de cianobacterias de forma natural en el ambiente.

**Tabla 10.** *Detallado de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para Cianotoxinas de ECA agua 2017*

CIANOTOXINAS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	Cromatografía Líquida de Alta Performance

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.6. Bifenilos Policlorados

Los Bifenilos Policlorados, que se muestra en la tabla 11, son puestos que se usan ampliamente en la industria petroquímica, por lo que existe la posibilidad de contaminación del ambiente acuático (categoría 4) por vertimientos y terminar afectado a poblaciones que lleguen a consumir el agua (categoría 1). Este contaminante es en realidad una familia de 209 congéneres que se diferencian por su grado de cloración y la posición de sus anillos aromáticos (Muñoz Hermitaño, 2019).

**Tabla 11.** *Detallado de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para Bifenilos Policlorados de ECA agua 2017*

BIFENILOS POLICLORADOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	-	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003	cromatografía de Gases

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

### 3.7. Microbiológicos y parasitológicos

Los parámetros microbiológicos y parasitológicos son de mucha importancia para determinar el estado de la calidad del agua como se mencionó en el ítem 3.1. de parámetros Físico-Químicos. Sin embargo, estos parámetros también se encuentran de manera natural en los ecosistemas formando parte de la microbiota, pero estos al sobrepasar una concentración como en los coliformes termotolerantes ya suponen la contaminación de los ambientes acuáticos. Respecto al consumo humano estos no pueden estar presentes en demasiada concentración ya que su ingesta provoca, en la mayoría de casos, enfermedades agudas y crónicas de tipo infecciosa que incluso pueden terminar en la muerte del afectado (Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017).

**Tabla 12.** Descripción de los valores paramétricos y el método de análisis de los parámetros para parámetros Microbiológicos y Parasitológicos de ECA agua 2017

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS										
Parámetros	UM	Valor paramétrico								Método de análisis
		A1	A2	A3	E1	E2		E3		
						CS	S	E	M	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	-	-	-	-	-	-	-	Técnica del número más probable
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000	1000	2000	2000	1000	2000	
Formas Parasitarias	Nº Organismo/L	0	-	-	-	-	-	-	-	Método cuantitativo de Kato
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	-	-	-	-	-	-	-	Técnica del sustrato cromogénico
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-	-	Técnica de siembra por estría en agar BD TCBS
Organismos de vida libre (algas, protozoarios,	Nº Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>	-	-	-	-	-	Métodos de coloración para protozoarios

copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Adaptado de las tablas “CAT 1” y “CAT 4”. R. M. 004-2017-MINAM.

#### **4. Descripción de la influencia de los parámetros en el ambiente**

##### **4.1. Influencia de los parámetros Físico – Químicos**

Los contaminantes físicos perturban la calidad del agua, ya que en algunos casos emergen o se precipitan interfiriendo con la flora y fauna del cuerpo acuático (Korbut, 2008). Estos reaccionan con el agua y perjudican el aspecto del agua dañando los entornos y la salud de las personas. Los estados de estos contaminantes se encuentran solubles, insolubles o sólidos en el cuerpo receptor ya sea de origen natural o antrópico (Bermúdez, 2010). Los contaminantes químicos son aquellos que reaccionan y alteran la composición del agua. Esta alteración genera riesgos a la salud y la calidad del agua (Lima, Prata, Landa, Yannuzzi, y Rosen, 2010). En nuestro país los contaminantes químicos son los más peligrosos y se orientan a identificar las acciones antrópicas que generan la devaluación de la salubridad del recurso hídrico. Las alteraciones a la salud se reflejan en el tracto respiratorio, ojos, nariz, garganta incluso hasta la muerte (Chung, 2008).

##### **4.2. Influencia de los parámetros Inorgánicos**

Los contaminantes inorgánicos son todos los desechos de origen no natural como algún residuo industrial (plástico, textiles sintéticos). Los cuales pueden llegar a ser peligrosos, domiciliarios, industriales, comerciales, urbanos y así un potencial riesgo para la salud (Bermúdez, 2010). Dentro de esta clasificación se encuentran los ácidos, sales y metales tóxicos que tiene consecuencias graves a los seres vivos, entorno ambiental afectando el



crecimiento económico como en la agricultura; ahí los contaminantes comunes son el nitratos y fosfatos en forma soluble para riego. (Sanchón, 2011)

### **4.3. Influencia de los parámetros Orgánicos**

#### ***4.3.1 Compuestos orgánicos volátiles.***

Son contaminante originados a partir de la quema de combustibles o por disolvente usados en los hogares y en las industrias. (Sanchez y Alcantara, 2015) Estos compuestos orgánicos cuentan con características químicas que hacen que sea peligroso para el ambiente y la salud como su baja solubilidad y su elevada presión de vapor es decir en comparación con otros compuestos estos no reaccionan con el agua sí que alojan en el agua por su alto peso molecular (Cervera, 2015).

#### ***4.3.2 BTEX.***

Los contaminantes orgánicos como el BTEX es el acrónimo de benceno, tolueno, Etilbenceno y xilenos este grupo se halla en cantidades significativas en las naftas y diésel. El origen de estos contaminantes en la mayoría de los casos es por infiltración por derrame de petróleo en el suelo por hidrocarburos afectando la calidad y la salubridad del agua. La toxicidad de este contaminante en el agua es severa debido a que recibe los lixiviados de los derrames por percolación (Rosas, 2004).

#### ***4.3.3 Hidrocarburos Aromáticos.***

Los hidrocarburos aromáticos son contaminantes orgánicos en su mayoría volátiles en función de su composición química, pues tiene la facilidad de reaccionar en el agua pues desplaza su deposición a grandes extensiones del punto de emisión (Pérez, Morales, y Haza, 2016). Por influencia del agua contamina individuos de fuente marina y por ende a los seres humanos. El origen de estos compuestos puede ser natural o antropogénico, sin embargo, las más peligrosas son generados por los humanos (Mastandrea et al., 2005).

#### **4.4. Influencia de los parámetros Plaguicidas**

##### ***4.4.1 Organofosforados.***

Los organofosforados son plaguicidas derivados de sustancias orgánicas y de la estructura química del fósforo son muy persistentes como el DDT (Fernández, Fernández y Mancipe, 2010). Este tipo de plaguicida afecta la calidad del agua a partir de las prácticas agrícolas para la producción de alimentos ingresando a la cadena trófica pudiendo alterar la salud de las personas. La contaminación de los cuerpos de agua es debida al arrastre de estos compuestos por el riego perturbando los ecosistemas hídricos (De Ramoni, Nassetta y Córpora, 2011).

##### ***4.4.2 Organoclorados.***

Los plaguicidas Organoclorados ingresan al agua por diferentes medios afectando la calidad produciendo efectos nocivos en la salud de las personas, animales y plantas. Las vías de contaminación de agua se producen a partir de suelo por infiltración, arrastre, percolación al ser rociados estos contaminantes por el hombre en la masa vegetal (Calva y Torres, 1998). La vida media de estos contaminantes es alta y por su composición bioquímica son bioacumulables alterando la respuesta inmunológica (Albert y Rendón, 1988).

##### ***4.4.3 Carbamato.***

Los Carbamatos son compuesto utilizados cotidianamente en hogares como agricultura pues tiene la facilidad de inhibir enzimas colinesterásicas de las plagas. La contaminación de agua por estos componentes se debe a la infiltración por riego uso de estos plaguicidas sobre las plantas, en los seres humanos provoca alteración en el sistema nervioso (Ferrer, 2003).

#### **4.5. Influencia de los parámetros Cianotoxinas**

Las Cianotoxinas son parte de las cianobacterias biológicamente activas y en agua se presenta a través lixiviados a partir de desechos agrícolas, domésticos e industriales en los cuerpos hidrológicos. (Cantoral, Asencio y Aboal, 2017). Las altas concentraciones en los sistemas acuáticos generan consecuencias negativas en la salud y en el medio ambiente genera la eutrofización pues genera el afloramiento de cianobacterias. Por lo tanto, la Cianotoxinas causa la degradación de la calidad del agua pues genera intoxicaciones a seres humanos y animales (Cameán et al., 2005).

#### **4.6. Influencia de los parámetros Bifenilos Policlorados**

Los Bifenilos Policlorados son una gran familia de contaminantes (209) que tienen efectos adversos cuando ingresa al medio acuático. Este contaminante causa problemas genéticos en las aves que consumen el agua y al ser liposoluble y bioacumulable causa efectos adversos en toda la cadena trófica de un ecosistema donde ingresa. También es preciso mencionar que incluso el contacto e inhalación de este contaminante genera severos efectos, por lo que su presencia en el ambiente debe ser contralada, pese a que el compuesto tenga mucha utilidad (Muñoz Hermitaño, 2019).

#### **4.7. Influencia de los parámetros Microbiológicos y parasitológicos**

Contaminantes biológicos (virus, bacterias, protozoos y organismos de vida libre) que alteran la calidad visible del agua alterando la salud de los humanos, ya que la calidad microbiológica del agua depende del acceso de las poblaciones a la potabilización del agua. Las vías de acceso de estos patógenos son por desechos humanos o restos orgánicos contaminados (Sánchez, Vargas, y Méndez, 2000). El agua contaminada por agentes microbiológicos puede causar graves efectos en la salud por ser consumida sin tomar las precauciones de salubridad necesarias. Dentro de las enfermedades más recurrentes causadas por consumo de agua son el cólera, fiebre tifoidea, DEAs, anemia y en casos

extremos la muerte. Sin embargo, es necesario que el agua para expendio humano cumpla con los parámetros de calidad necesarias para salvaguardar la salud sus consumidores pues el agua es fuente de vida y líquido elemento para el desarrollo de la vida diaria.

## **5. Calidad microbiológica en cuerpos de agua**

### **5.1. Calidad microbiológica en cuerpos de agua loticos**

Para determinar la calidad de un cuerpo superficial es necesario establecer el tipo de uso al recurso hídrico y los factores contaminantes que puedan alterar la calidad del agua entre ellos las actividades antrópicas que se realizan cercanas a la fuente pluvial (ANA/MINAGRI, 2016). Para la elaboración del diagnóstico de la calidad del agua es necesario evaluar las características microbiológicas que son los principales parámetros indicadores de calidad para agua de uso directo e indirecto como potabilización, recreación, navegación y turismo (Alvarado, Brenes y Portuguez, 2003). Los índices microbiológicos son patógenos de contaminación fecal en su mayoría para el ser humano de forma directa, por tal motivo se hace hincapié en su estudio por estar relacionado con la salud. La contaminación fecal altera la calidad del agua pues provoca problemas en el desarrollo del bienestar al estar en contacto con el agua siendo un constante riesgo para la población (Rivera y Ochoa, 2018).

### **5.2. Calidad microbiológica en cuerpos de agua lenticos**

La calidad del agua en un cuerpo de agua lenticos es más fácil determinar por ser un área cerrada, sin embargo, es de vital importancia puesto que estos son vertientes que distribuyen el agua a los cuerpos loticos. La degradación de la calidad de agua es evidente por las distintas actividades económicas realizadas por el hombre que generan contaminación física, química y microbiológica. Por otro lado, los contaminantes microbiológicos son considerados naturales (virus, bacterias y/o otras formas de vida

libre), pero estos pueden causar consecuencias negativas en la salud de las personas al estar en contacto directo o indirecto de acuerdo al uso dado (Solís, 2018). Algunas especies de microorganismos como la *Salmonella* son una amenaza para el progreso de flora y fauna de los cuerpos lenticos pues provoca alteraciones en la cadena trófica (Durán et al., 2018).

### **5.3. Calidad microbiológica en ecosistemas costeros y marinos**

La calidad microbiológica del agua de los ecosistemas marino costeros depende las actividades humanas de desarrollo económico realizadas a los alrededores (ANA/MINAGRI, 2016), así como, el gran incremento de viviendas cercanas a la zona costera y por ende las actividades domésticas, agrícolas e industriales y los residuos mal manejados. A nivel ambiental la contaminación también altera visión ecológica de estos ambientes; no obstante, la calidad microbiana dentro de un ecosistema marino representa problemas sanitarios y ecológicos pues generan desechos en descomposición alterando el ritmo natural del ambiente (Ramos, Vidal, Vilarly y Saavedra, 2008).

## **6. Microorganismos indicadores de salud**

La presencia de uno o más contaminantes hacen que se considere a un cuerpo de agua contaminado, sin embargo, cuando las concentraciones exceden los límites permisibles tolerables por el ser humano poder ser perjudiciales para los mismos. Puesto que, los contaminantes al ser combinados en menor o mayor concentración pueden generar un desequilibrio o desorden ecológico alterando la salud y el bienestar de los seres humanos. Por eso, la presencia de microorganismos en el ecosistema como bacterias, hongos y protozoarios denominados indicadores microbiológicos pueden causar consecuencias dañinas en la salud de las personas y a esto se denomina contaminación biológica. Los microorganismos indicadores de calidad del agua son organismos que pueden incidir en

la salud de las personas, por tal motivo su comportamiento es similar a microorganismos patógenos (Ríos, Agudelo, y Gutierrez, 2017). Existen algunos indicadores que permiten evaluar la contaminación biológica dentro de ellos los más importantes son: *Enterococcus sp.* y *Escherichia coli* (Salgado, R., Santoyo, A., Caballero, M., 2009).

Por esta razón el análisis del agua es primordial para garantizar que el agua sea de calidad, puesto que el agua es vital para impedir la transmisión de enfermedades por intermedio de este líquido elemento. Por tal motivo, estos microorganismos reciben el nombre de microorganismos indicadores (Prieto, 2017).

Larrea, J. Et al. (2013) determina que la contaminación biológica se establece a través de bacterias indicadoras y su mecanismo de detección son usados para prescribir coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y *enterococos*. Las bacterias indicadoras permiten desarrollar la sistematización de la calidad del agua en sus diferentes estados geográficos. Por tanto, es importante el control de los contaminantes y el tratamiento de los cuerpos de agua para mantener una masa microbiana saludable y evitar la contaminación biológica.

Dentro de las bacterias indicadoras de contaminación debe cumplir con algunos parámetros como: Tiene que ser un componente habitual de la flora intestinal de individuos sanos. Están presente en las deposiciones de los animales homeotermicos y estos microorganismos tienen que ser patógenos intestinales. De igual modo deben mostrarse en una cifra muy elevada dando chance a su identificación y también debe cumplirse que estas bacterias sean capaces de reproducirse fuera del intestino. (Halaby et al., 2017) Las bacterias usadas normalmente para ser indicadoras de contaminación en el agua son:

### **6.1. Coliformes Totales**

Los coliformes fecales es la expresión que distingue a los coliformes de origen únicamente intestinal) con la facilidad de fermentar lactosa también a 44,5°C (Apella y Araujo, 2005). Debido a que son contaminantes frecuentes del tracto gastrointestinal son considerados como indicadores de contaminación bacteriana tanto en hombre como en animales calientes. La aparición de coliformes totales en el medio ambiente y en sistemas de repartición y reservas de agua almacenada revelando la posible propagación y formación de biopelículas en la superficie de un cuerpo de agua (Nduko, Matsumoto y Taguchi, 2013).

### **6.2. Escherichia coli**

La OMS (2018) indica que el *Escherichia coli* (E. coli) es una bacteria gram-negativa comúnmente presente en el intestino distal de los organismos de sangre caliente. E. coli creadora de la toxina Shiga es una enfermedad que puede ocasionar peligrosas enfermedades como infecciones urinarias, septicemias y meningitis a través de los alimentos y el agua. La existencia de E. coli en el agua es una fuerte incidencia de una reciente contaminación por aguas de origen residual o contaminación por residuos de animales (Rock y Rivera, 2014). Es trascendental considerar que las actividades antrópicas como la ganadería influye en el riesgo de contaminación biológica (E. coli).

### **6.3. Enterococcus**

*Enterococcus* son bacterias Gram-positivas constituyentes del subgrupo de los Estreptococos que residen dentro del tracto gastrointestinal de variados organismos, contando a los seres vivos. Los *Enterococcus* son reconocidos como agentes patógenos perjudiciales oportunistas para los humanos, logrando causar distintas afectaciones siendo las más comunes las infecciones de las vías urinarias, neonatales, infecciones al sistema

nervioso central, intrabdominal y pélvica (Díaz, Rodríguez y Zhubenko, 2010). *Enterococcus*, se usan con mayor periodicidad en el seguimiento de la calidad del agua; esto es debido a su mayor cantidad en las heces, a pesar de su pobre estabilidad en un entorno de agua en comparación con otros patógenos indicadores de la calidad de agua para consumo humano (Ríos et al., 2017).

#### **6.4. Pseudomonas**

*Pseudomonas aeruginosa* corresponde a la familia Pseudomonaceae. Es un bacilo curvado o recto Gram negativo que no se considera autóctona del agua y procede generalmente de deposiciones humanas y animales, su localización en el agua se vincula con la descarga de aguas residuales confirmando la presencia de la bacteria (Halaby et al., 2017). Sin embargo, este patógeno se encuentra inmerso en el medio ambiente en los sectores donde más se frecuentan los seres humanos como: ríos, lagos, depósitos, duchas, bañeras, piscinas y piscinas de hidromasaje, etc.), y otros lugares que contengan humedad como el suelo y algunos materiales. Las *Pseudomonas* también se encuentran dentro del ser humano en las partes húmedas como las axilas, conducto auditivo, región perineal y mucosas.

La importancia de las *Pseudomonas* es que es antagonista frente a los coliformes además se considera un importante indicador de calidad de agua, pues ya no se correría el riesgo de consumir agua contaminada por coliformes si ya está siendo tratada por *Pseudomonas* (Marchand, 2002).

#### **6.5. Aeromonas**

El género *Aeromonas* es autóctono de ecosistemas acuáticos como el agua del subsuelo, superficiales, marinas, de consumo humano y residuales. El agua para las *Aeromonas* es el medio por el cual se moviliza dentro del medio ambiente pues es su vía de transmisión



más habitual de enfermedades o infecciones intestinales, por tal motivo se optó por evaluar mejores medidas de control para minimizar el contagio (Halaby et al., 2017).

Esta especie considera dos grandes grupos la primera con respecto a su temperatura pues la optimiza el crecimiento y la segunda la capacidad movilidad que tiene la especie. La entrada de esta bacteria dentro de la red pública de agua potable y saneamiento creando molestias, por el consumo de agua con deficiente calidad atribuyendo a la presencia de patógenos como las *Aeromonas* y así esto se inhibe con una desinfección adecuada evitando el riesgo de contagio y la proliferación de las mismas (PAHO, 2000).

### **6.6. Clostridium**

El *Clostridium* está conformado por una acumulación heterogénea de bacilos gram-positivos anaerobios esporulados. Este género se asoció a una enfermedad por primera vez en 1998 como un factor del padecimiento de la colitis pseudomembranosa. Esta bacteria se encuentra repartida en la naturaleza en diferentes ambientes principalmente en el suelo y en el tracto intestinal de muchas especies animales incluido el ser humano, y puede originar contagios de fuente exógena con origen endógeno (Miranda y Dolores, 2014). Debido a las peculiaridades de los anaerobios sulfito-reductores es que se denomina como indicador de calidad de agua por ser una especie que origina contaminación biológica dentro de un cuerpo de agua. Una de las ventajas de esta especie es que representa un riesgo para la calidad pues sus esporas persisten con vida en el agua bastante tiempo en comparación con otros patógenos (Halaby et al., 2017).

## CONCLUSIÓN

En conclusión, la deficiente calidad del agua es un problema latente que afecta la calidad de vida de los de los peruanos y de los ecosistemas de nuestro país y se viene manejado mediante la implementación y aplicación estricta de Estándares de Calidad Ambiental. Asimismo, se puede aseverar que las zonas de mayor riesgo son las que se encuentran en constante exposición a las actividades antrópicas que generan contaminación y devalúan la calidad del agua convirtiéndola en insalubre para su consumo o medio de recreación. Por otro lado, es importante conservar los ecosistemas que contienen al recurso hídrico para no alterar a este, ni a las flora y fauna que contiene pues de la calidad del agua dependen muchas especies, incluso la nuestra. Además, la presencia de cargas altas de índices microbiológicos indica contaminación biológica por materia fecal u otro agente contaminante reduzca la calidad del agua. Por ello, el análisis de la calidad del agua de manera cuantitativa y cualitativamente es importante para mantener la integridad de la salud humana y ambiental.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2006). *1,1,1- Tricoloroetano*.  
División de Toxicología y Medicina Ambiental ToxFAQs. Recuperado de:  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts70.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts70.pdf)
- Ambrosio, L., y Santiago, J. (2007). *Ecosistemas Marinos*. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/308112442\\_Ecosistemas\\_costeros\\_En\\_Fondos\\_Mediterraneos\\_Espanoles](https://www.researchgate.net/publication/308112442_Ecosistemas_costeros_En_Fondos_Mediterraneos_Espanoles)
- Apella, M., y Araujo, P. (2005). Microbiología de agua. En Ministerio de Ciencia e Innovación de España (Ed.), *Solas Safe Water*, (pp. 33-50). Madrid, España.  
Recuperado de: <https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/curso.php>
- Autoridad Nacional del Agua (2014). *Inventario de lagunas y glaciares del Perú*. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/Inventario-de-Glaciares-y-Cuenca.pdf>
- Baldi, G., y Garcia, E. (2005). Calidad de Vida y Medio Ambiente. La Psicología Ambiental. *Universidades* (30), 9-16. Recuperado de:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37303003>
- Bautista, A., Tovar, J., Mancilla, Ó., Flores, H., Ramírez, R., y Vázquez, M. (2013). Calidad Microbiológica del Agua obtenida por Condensación de la Atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(2), 167–175. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992013000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992013000200003&script=sci_arttext)

- Bécares, E., Conty, A., Rodríguez, C. y Blanco S. (2015). Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(2), 2-12. Recuperado de: <https://doi.org/10.7818/ECOS.208>
- Bermúdez, M. (2010). *Contaminación y turismo sostenible*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/24043633/CONTAMINACION\\_Y\\_TURISMO\\_SOSTENIBLE?auto=download](https://www.academia.edu/24043633/CONTAMINACION_Y_TURISMO_SOSTENIBLE?auto=download)
- Bustíos, C., y Martina, M. y Arroyo, R. (2013). Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17 (1), 1-9. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2031/203128542001.pdf>
- Calva, L., y Torres, M. (1998). Plaguicidas organoclorados. *ContactoS*, 30, 35-46. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Laura\\_Calva/publication/333732372\\_Plaguicidas\\_Organoclorados/links/5d0173eb4585157d15a69fbd/Plaguicidas-Organoclorados.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Laura_Calva/publication/333732372_Plaguicidas_Organoclorados/links/5d0173eb4585157d15a69fbd/Plaguicidas-Organoclorados.pdf)
- Cervera, M. (2015). *Investigación De Contaminantes Orgánicos Volátiles Y Semivolátiles En Aguas Y Vegetales Mediante Cromatografía De Gases- Espectrometría De Masas (Triple Cuadrupolo Y Tiempo De Vuelo)* (Tesis de Doctorado). Universidad de Jaime I, Castelló, España. Recuperado de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/285729/micervera.pdf?sequence=1>
- Chang, J. (2005). *Limnología: Origen de Lagos* [Diapositiva de PowerPoint]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6194/5/Capitulo%202%20%20Formacion%20de%20lagos.pdf>

- Chirino, Yusmeny, Zully Benzo y Raiza Fernández. 2015. “Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos En Partículas Atmosféricas Sedimentadas. Un Estudio Comparativo En Diversas Áreas En La Ciudad de Caracas-Venezuela.” *Revista de Investigación* 39(84):157–80. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140399008>
- Chung, B. (2008). Control de los contaminantes químicos en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(4), 413–413. Recupera de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n4/a12v25n4.pdf>
- Consorci Sanitari de Barcelona. (s.f.) “Los Trihalometanos (THM) En El Agua de Consumo Documento Informativo.” 1–2. Recuperado de: [https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/THM\\_esp.pdf](https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/THM_esp.pdf)
- Cruz, W. (2006). Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3031>
- Damiá, L. y López, M. J. (2010). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC (Barcelona)*. Recuperado de: [https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf\\_contaminacion.pdf](https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf)
- De Ramoni, A., Nassetta, M., y Córpora, R. (2011). Validación de la metodología para análisis de residuos de plaguicidas en agua para consumo humano. *Revista de*

*Salud Pública*, 15 (2), 27-35. doi:  
<https://doi.org/10.31052/1853.1180.v15.n2.7022>

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 26 de septiembre de 2010

Díaz, M., Rodríguez, C., y Zhubenko, R. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 48(2), 147–161. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v48n2/hie06210.pdf>

Durán, T., Gonzáles, J., González, M., Pérez, C., Hernández, R., Cuenca, C. y de la Cruz, M. (2018). Calidad Microbiológica Del Agua En La Cuenca Media Del Río Usumacinta, Tabasco, México. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(9), 46. doi: <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p46>

Escobar, N. (2003). *Análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles en Agua Potable por Cromatografía de Gases* (Tesis de maestría). Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10178/u245506.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Escudero, A., Morales, A., y Vicuña, B. (1983). *El río, aspectos limnológicos*. Salamanca, España: Centro de Edafología y biología Aplicada EXCMA. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/23699/1/TEMASMONOGRAFICOS8.pdf>

- FAO/ONU (2014). Ecosistemas costeros y marinos Información general. *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/fishery/ecosystems/marine/es#:~:text=Informaci%C3%B3n%20general,los%20mares%20semiencerrados%20o%20encerrados>.
- FAO/ONU, & UNEP. (2011). Aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos. In Documento de orientación para la adopción de decisiones ALDICARB (pp. 1–26). [http://www.pic.int/Portals/5/DGDs/DGD\\_Aldicarb\\_ES.pdf](http://www.pic.int/Portals/5/DGDs/DGD_Aldicarb_ES.pdf)
- Fernández, J. (2015). *La recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del Río Zadorra en Vitoria-Gasteiz*. Recuperado de: <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/67/40/36740.pdf>
- Fernández, Daniel G., Liliana Mancipe, and Diana C. Fernández. 2010. “INTOXICACIÓN POR ORGANOFOSFORADOS.” *Revista Med* 18(1):84–92. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n1/v18n1a09.pdf>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales Sis San Navarra*, 6, 155–171. Recuperado de: [//scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200009](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200009)
- Franco, Y. y Ramírez, C. 2013. “El Benzo(a)Pireno En Los Alimentos y Su Relación Con El Cáncer.” *PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA* 15(1):99–112. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v15n1/v15n1a7.pdf>
- Guillen, R., y Quequejana, N. (2003). *Estudio del agua del río Chillón* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1028>

Halaby, N., Ricaurte, K., Rodríguez Matiz, J. y Estupiñán, S. (2017). Evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas naturales de algunos sitios de Colombia. *Biociencias*, 3, 13-21. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14151.60323>

Hernández, A. y Alcolado, P. (2011). *La biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de Iberoamérica y el cambio climático: II*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/263236525\\_la\\_biodiversidad\\_en\\_ecosistemas\\_marinos\\_y\\_costeros\\_del\\_litoral\\_de\\_iberamerica\\_y\\_el\\_cambio\\_climatico\\_ii](https://www.researchgate.net/publication/263236525_la_biodiversidad_en_ecosistemas_marinos_y_costeros_del_litoral_de_iberamerica_y_el_cambio_climatico_ii)

Instituto de Investigación Amazonía Peruana - IIAP, Universidad de Turku, Biota BD Oy (2004). Diversidad de Vegetación de la Amazonía Peruana Expresada en un Mosaico de Imágenes de Satélite. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/DT012.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2016). *Pseudomonas aeruginosa*. Recuperado de: [http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas\\_de\\_agentes\\_biologicos/Fichas/Pseudomonas\\_aeruginosa\\_2017.pdf](http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas_de_agentes_biologicos/Fichas/Pseudomonas_aeruginosa_2017.pdf)

Korbut, S. (2008). *Contaminación en agua*. [Diapositiva de PowerPoint]. Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>

Lara, A., Contreras, F., Castañeda, O., Barba, E. y Pérez, M. (2011). *Lagunas costeras y estuarios*. Campeche, México. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/234004458\\_Lagunas\\_costeras\\_y\\_estuarios](https://www.researchgate.net/publication/234004458_Lagunas_costeras_y_estuarios)



Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., y Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

Ley N° 28611. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de abril de 2017.

Ley N° 29338. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 30 de marzo de 2009.

Lima, V. C., Prata, T. S., Landa, G., Yannuzzi, L. A., y Rosen, R. B. (2010). Intravitreal Triamcinolone And Bevacizumab Therapy For Combined Papillophlebitis And Central Retinal Artery Occlusion. *Retinal Cases & Brief Reports*, 4(2), 125–128. doi: <https://doi.org/10.1097/ICB.0b013e3181ad3957>

Marchand, E. O. (2002). *Macroorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en lima metropolitana* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand\\_P\\_E/tesis\\_completo.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf)

Mastandrea, C., Chichizola, C., Ludueña, B., Sánchez, H., Álvarez, H., y Gutiérrez, A. (2005). Hidrocarburos aromáticos policíclicos. Riesgos para la salud y marcadores biológicos. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 39(1), 27–36. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/535/53522191006.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente de España. (2000). La situación actual y problemas existentes y previsibles en la calidad de las aguas. En Centro de Publicaciones

- Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente. (Ed.), *Libro Blanco Del Agua de España* (196–217). Madrid, España: Ministerio del Medio Ambiente.
- Miranda, C. y Dolores, M. (2014). Clostridium perfringens: PIEL Y TEJIDOS BLANDOS. *Control de Calidad SEIMC*, 7(20), 1-10. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/bacteriologia/Clostridium.pdf>
- Mora, D. (2004). Calidad Microbiológica De Las Aguas Superficiales en Costa Rica. *Salud Publica*, 13(24), 1-16. Recuperado de: [http://www.nacion.com/ln\\_ee/ESPECIALES/documentos/2003/octubre/04/agua.pdf](http://www.nacion.com/ln_ee/ESPECIALES/documentos/2003/octubre/04/agua.pdf)
- Muñoz Hermitaño, J. (2019). Tratamiento por Decoloración In Situ de Bifenilos Policlorados (PCBs), para Control de Riesgos de Salud De Los Trabajadores y el Medio Ambiente en el Sector Minero del Departamento de Pasco. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(1), 58–68. DOI: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i1.236>
- Nduko, J. M., Matsumoto, K. y Taguchi, S. (2013). Microbial Plastic Factory: Synthesis and Properties of the New Lactate-Based Biopolymers. *Green Polymer Chemistry: Biocatalysis and Materials II*, 1144, 175-197. doi: <https://doi.org/10.1021/bk-2013-1144.ch013>
- OMS. (2018). E-Coli. Organización Mundial de Salud. Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Pérez, G., Morales, P., y Haza, A. (2016). Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (I): Toxicidad, exposición de la población y alimentos implicados. *Revista*

*Complutense de Ciencias Veterinarias*, 10(1), 1–15. doi:  
[https://doi.org/10.5209/rev\\_RCCV.2016.v10.n1.51869](https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2016.v10.n1.51869)

Pinedo, K. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy-Yurimaguas* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. Recuperado de:  
[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1041/Jina\\_tesis\\_Bachiller\\_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1041/Jina_tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Prieto, D. (2017). *Análisis microbiológico de aguas naturales* (Tesis de pregrado). Universidad de Coruña, La Coruña, España. Recuperado de:  
[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19635/PrietoSierra\\_Daniel\\_TFG\\_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19635/PrietoSierra_Daniel_TFG_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Programa Ambiental Regional para Centroamérica/APM. (2004). *Conociendo la naturaleza: Ecosistemas Costeras-marinos* (Vol. 3). Recuperado de:  
<http://www.bionica.info/Biblioteca/PROARCA2004EcosistemasMarinocosteros.pdf>

Ramos, L., Vidal, L., Vilardy, S., y Saavedra, L. (2008). *Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales Y Fecales) en la Bahía de Santa Marta. Caribe Colombiano* 13(3), 87–98. Recuperado de:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú. Recuperado de:  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)

- Ríos, S., Agudelo, R., y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. doi: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R. M., & Gutiérrez Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Rivera, C., y Ochoa, DL (2018). Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de Cuenca (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Recuperado de: [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31338/1/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31338/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf)
- Rock, C., y Rivera, B. (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. *The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Cooperative Extension*, pp. 1–5. Recuperado de: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Romero, F., Moleri, C., Fernadez, H., y Dominguez, E. (2016). Ecología de Rios y Arroyos de la Sierra de San Javier. En H. R. Grau (Ed.), *Ecología de una interfase natural-urbana. La sierra de San Javier y el Gran San Miguel de Tucumán*. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Rosas, A. (2004). *El análisis de toxicidad de BTEX en agua, un elemento a considerar en la normatividad de suelos contaminados por hidrocarburos y en los criterios ambientales para aguas subterráneas en México* (Tesis de maestría). Instituto Nacional Politécnico, México D.F., México. Recuperado de:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1446/andresrosas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salgado, R., Santoyo, A., Caballero, M. y Olivares, L. (2009). Evaluación De La Contaminación Ambiental Biológica Bacteriana En Un Parque Al Sur de la Ciudad De México, México, D.F. *Bioquímica*, 34(1). 87. Recuperado de : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57613001078>.

Sánchez, J., y Alcántara, A. (2007). IX. Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia XXII* (pp. 375-401). Madrid, España,.Real Academia Nacional de Farmacia XXII  
 Recuperado de: <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/605/622>

Sánchez, H., Vargas, M., y Méndez, J. (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública de México*, 42(5), 397-406. Recuperado de <https://www.scielosp.org/pdf/spm/2000.v42n5/397-406>

Sánchez, Y., Ortiz, J., & de Torres, T. (2015). Origen y distribución de pesticidas organoclorados (OCPs) en sedimentos actuales de la Laguna de El Hito (Cuenca , España Central). *Geogaceta*, 58, 119–122. Recuperado de: <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/12058/Origen.pdf;jsessionid=1D44E1DD6FB22962FA9F78916F91F94E?sequence=2>

Sanchón, MV. (2011). Tema 11. Contaminación del agua. *Salud Pública y Atención Primaria de Salud* (pp. 1–5). Cantabria, España. Universidad de Cantabria.  
 Recuperado de: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y->

atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion  
del agua.pdf

Solís, H. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/7738>

Tripathi, Mansi, and Sunil Kumar. 2019. "Use of Principal Component Analysis for Parameter Selection for Development of a Novel Water Quality Index : A Case Study of River Ganga India." *Ecological Indicators* 96:430–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.025>

Vela, L., Sevilla, E., Martínez Rica, J., Pellicer, S., & Bes, M. (2007). Las microcistinas. *Revista de La Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 62, 135–146. Recuperado de: <http://www.raczar.es/webracz/ImageServlet?mod=publicaciones&subMod=revistas&car=revista62&archivo=p135.pdf>

Venkatachalapathy, R., and P. Karthikeyan (2015). "Diatom Indices and Water Quality Index of the Cauvery River, India: Implications on the Suitability of Bio-Indicators for Environmental Impact Assessment." Pp. 707–27 in *Environmental Management of River Basin Ecosystems*, edited by M. Ramkumar, K. Kumaraswamy, and R. Mohanraj. Cham: Springer International Publishing.

Villena, J. (2002). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. Recuperado de: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpme>