

FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS
INDICADORES DE EUTROFIZACIÓN EN LAS
AGUAS DEL RÍO CHILLÓN DE LOS AÑOS 2012 –
2015”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

María Joaquina Muñoz Oré

Christian Paco Alarcón

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

A nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, por habernos forjado como personas de éxito y gracias a su apoyo ya nuestro esfuerzo nos permite cumplir nuestros sueños y metas y de igual manera este es el primer paso de todo un futuro dedicado al sacrificio de nuestros padres.

A nuestros familiares, amigos y profesores por siempre brindarnos su apoyo y de igual manera sus conocimientos que son lo más importante para el desarrollo profesional nuestro.

AGRADECIMIENTO

Agradecer principalmente a nuestros padres por siempre estar presentes antes, durante y después del inicio de nuestra formación y por ende a la realización de este proyecto que es el más importante. Agradecerles por toda la confianza y el apoyo brindado al igual que sus palabras de motivación en los momentos más difíciles.

También agradecer a nuestros hermanos, primos y familiares más cercanos debido a que gracias a su apoyo siempre nos mantuvieron firmes para lograr alcanzar una de nuestras metas y poder creer siempre en nosotros mismos.

A nuestros docentes de la Universidad Privada del Norte, al Microbiólogo Miguel Mogollón Almidón, al Ingeniero Cesar Víctor Sánchez Aliaga y a mi compañero Franco Nima Medina por confiar en nosotros y por apoyarnos en la formación y desarrollo de este trabajo de investigación.

A nuestra asesora Rosa Amelia Coronado Falcón por brindarnos el apoyo, soporte y cada una de las recomendaciones brindadas durante el tiempo transcurrido para la elaboración de este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Antecedentes.....	15
1.3. Fundamentos Teóricos.....	19
1.3.1. Cuenca Hidrográfica	19
1.3.2. Manejo de cuencas	20
1.3.3. Precipitación	20
1.3.4. Calidad del agua.....	21
1.3.5. Contaminación de aguas superficiales	22
1.3.6. Eutrofización.....	22
1.3.7. Causas de la eutrofización	23
1.3.8. Trófico.....	27
1.3.9. Nitratos.....	30

1.3.10. Ciclo del Nitrógeno.....	31
1.3.11. Fosfatos.....	32
1.3.12. Ciclo del Fosforo.....	33
1.3.13. Coliformes Termotolerantes.....	34
1.3.14. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	34
1.3.15. Transparencia.....	35
1.4. Justificación.....	35
1.5. Formulación del Problema.....	35
1.6. Objetivo.....	36
1.6.1. Objetivo General.....	36
1.6.2. Objetivos Específicos.....	36
1.7. Hipótesis de la Investigación.....	36
1.7.1. Hipótesis General.....	36
1.7.2. Hipótesis Específicas.....	37
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	38
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	38
2.2. Población y Muestra.....	38
2.2.1. Población.....	38
2.2.2. Muestra.....	39
2.2.3. Muestreo y análisis de parámetros físico - químicos.....	39
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	39

2.3.1. Materiales.....	40
2.3.2. Instrumento	41
2.3.3. Métodos.....	41
2.4. Procedimiento	46
2.4.1. Descripción del área de estudio	46
2.4.2. Determinación del número de muestras	48
2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	49
2.5.1. Técnicas	50
2.5.2. Instrumentos.....	50
2.6. Aspecto Ético.....	56
CAPÍTULO III. RESULTADOS	57
3.1. Caracterización de Parámetros Físico - Químicos.....	57
3.1.1. Potencial Hidrógeno (pH)	57
3.1.2. Temperatura	59
3.1.3. Conductividad	60
3.1.4. Oxígeno Disuelto	62
3.1.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno	63
3.1.6. Nitratos.....	65
3.1.7. Fósforo Total.....	66
3.1.8. Coliformes Termotolerantes	68
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	70
4.1. Discusión.....	70

4.2. Conclusiones	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	91
Anexo 01. Estándar de Calidad Ambiental (2017).....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándar de calidad ambiental (ECA) para aguas; categoría 3.	51
Tabla 2: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2012)	52
Tabla 3: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2013)	53
Tabla 4: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2014)	54
Tabla 5: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2015)	55
Tabla 6: Datos representados en la figura 7	58
Tabla 7: Datos representados en la figura 8	59
Tabla 8: Datos representados en la figura 9.	61
Tabla 9: Datos representados en la figura 10	62
Tabla 10: Datos representados en la figura 11.	64
Tabla 11: Datos representados en la figura 12.	65
Tabla 12: Datos representados en la figura 13.	67
Tabla 13: Datos representados en la figura 14	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales tipos de precipitación: convectiva, orográficas y frontales.....	21
Figura 2: Clasificación de los estados tróficos.....	30
Figura 3: Ciclo del Nitrógeno.....	32
Figura 4: Representación del Ciclo del fósforo dentro de un lago.....	33
Figura 5: Representación de la cuenca Chillón.....	46
Figura 6: Representación de la cuenca y el río Chillón, junto a los distritos que atraviesa.	47
Figura 7: Representación de valores de pH desde el año 2012 hasta el año 2015.	57
Figura 8: Representación de valores de temperatura desde el año 2012 al 2015.....	59
Figura 9: Representación de valores de Conductividad desde el año 2012 al 2015.	60
Figura 10: Representación de valores de Oxígeno Disuelto desde el año 2012.....	62
Figura 11: Representación de valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) desde el año 2012 al 2015.....	63
Figura 12: Representación de valores de Nitratos desde el año 2012 al 2015.....	65
Figura 13: Representación de valores de Fósforo Total desde el año 2012 al 2015.....	66
Figura 14: Representación de valores de Coliformes Termotolerantes desde el año 2012 al 2015.....	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Determinación de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento. 48

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis de diferentes estudios realizados en el Río Chillón entre los años 2012 al 2015. Para ello se dividió el área de estudio en 4 zonas de muestreo para evaluar la eutrofización del río chillón a través de parámetros físicos y químicos (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos, fósforo total y coliformes termotolerantes) y realizar la comparación con el Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA) en el D.S. 004-2017-MINAM. La presente investigación es de tipo cualitativo - descriptivo; por ello, los resultados obtenidos de pH se encuentran en un rango de 7.68 a 8.6, la temperatura, conductividad y DBO5 está dentro del rango establecido; en oxígeno disuelto se presentan valores desde 4.42mg/L a 7.44 mg/L, en los nitratos van desde 0.03 mg/L hasta 0.714 mg/L; asimismo, los valores de fósforo totales se reportó datos muy bajos y por último los valores de coliformes termotolerantes sobrepasa en el año 2015 con un valor de 23000 NMP/100 mL. En conclusión, el río Chillón cuenta con un estado oligotrófico el cual muestra la presencia de algas y el crecimiento de microorganismos de manera estabilizada.

PALABRA CLAVES

Eutrofización, parámetro, Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y oligotrófico

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel mundial en los últimos años la contaminación ambiental ha aumentado cada día a un paso muy acelerado, existen diferentes tipos, los más importantes y peligrosos son los que afectan a los recursos naturales básicos que son: el aire, los suelos y el agua. Dentro del recurso del agua se destaca la contaminación hídrica ya que una de las graves y notorias por lo que genera alteraciones como la eutrofización, lo cual ataca a diferentes lagos y lagunas de diferentes partes del mundo ya sea por diferentes actividades como el aumento de la población y las actividades industriales generadas por los sectores minero - energético, hidrocarburos, agrícola, pesquero, saneamiento, entre otros, que son factores claves que contribuyen al deterioro de la calidad del agua a nivel nacional, a los cuales se está sumando ya el cambio climático. Las cuencas hidrológicas o colectoras son aquellas áreas de tierra que captan y llevan el agua de escurrimiento hasta las denominadas masas de agua superficial (UNESCO, 2009).

La eutrofización es uno de los problemas ambientales más frecuentes en las cuencas hidrográficas. Este fenómeno, definido como el proceso de degradación de la calidad de los recursos, resultante del enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, es aprovechado por las condiciones y tiene impactos significativos sobre el medio ambiente, la salud y la economía a escala regional (Ledesma et al, 2013).

Los procesos de eutrofización o hipertrofia en los lagos se han incrementado considerablemente en las últimas décadas a lo largo de todo el mundo (Smith y Smith, 2007); uno de los casos más conocidos es el que sufre el Mar Caspio (entre Rusia y

Kazajistán) por el vertimiento en sus aguas de desechos industriales. Muchos de los principales lagos desde América del Norte hasta América del Sur se enfrentan actualmente a problemas de contaminación derivados, al igual que en el caso anterior, de actividades industriales y agrícolas, como ocurre en los lagos Huron y Erie, entre Estados Unidos y Canadá (Eriksen et al., 2013),

En Perú, los lagos con mayor superficie en cada país, el Tota y el Titicaca, respectivamente, sufren sendos procesos de eutrofización, y las principales causas que han provocado esta situación son derivadas del acelerado crecimiento demográfico de varias poblaciones ribereñas en el primer caso (Abella y Martínez, 2012), y el aumento del turismo no planificado en el área de influencia del segundo, el lago Titicaca, en el cual se ha incrementado significativamente la cantidad de residuos sólidos que se descargan en sus aguas (Chávez et al., 2016).

Sin embargo, son pocos los estudios sobre la calidad del agua en los lagos de Perú (Fontúrbel, 2005), y hasta la fecha no existen estudios de carácter formal que se hayan enmarcado en la evaluación del estado ecológico de lagos de montaña del norte del país.

Ante todo, este problema el Río Chillón presenta diferentes actividades como la agricultura y la acuicultura. Una de las actividades más frecuentes es la acuicultura como ovinos o trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), este conjunto de actividades económicas es beneficioso para la población, pero un riesgo para el comportamiento de las aguas del río Chillón.

Ahora estas aguas nacen de dos lagunas como Chuchón y La Viuda que son provenientes de la Cordillera de la Viuda con 4500 msnm. Estas lagunas tienen el mismo problema que tiene la laguna de Ñahuimpuquio, donde las actividades agrícolas desarrollan un impacto, asimismo el incremento de residuos sólidos que arrojan los mismos pobladores, todo esto conlleva a un deterioro de la calidad de las aguas de la laguna por un progresivo proceso de eutrofización y causando la muerte de los seres vivos que habitan en ella. Ante este proceso de investigación, Moreta (2008), quien estudió la eutrofización de los lagos y sus consecuencias nos menciona que la contaminación de los lagos acelera la parcial o total desaparición de especies de diferentes sistemas acuáticos, por lo que genera un desequilibrio ecológico en el ambiente, con efectos que en diversos casos pueden ser irreversibles. Asimismo, Díaz y Sotomayor (2013) nos menciona que Ibarra en el año 2008 nos menciona que la contaminación a los lagos acelera parcialmente o total a la desaparición de los diferentes sistemas acuáticos, además se genera causas naturales y antropogénicas de la eutrofización convirtiendo a un medio acuático en una zona deteriorada ocasionando un desequilibrio ecológico.

Tras obtener todos estos problemas causados por la eutrofización se determinó un método muy práctico que es la demanda biológica de oxígeno (DBO), es uno de los parámetros que mide la cantidad de oxígeno consumido en materia orgánica en muestra líquida, este método nos ayudará a determinar la existencia de eutrofización dentro de un cuerpo receptor que en este caso es el río Chillón. Asimismo, se comparan los resultados obtenidos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECAs) para agua, aprobados en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (Zevallos et al, 2018,

p.2). De esta manera poder plantear posibles soluciones para que el recurso hídrico sea útil en distintas actividades.

Nuestra investigación tiene como propósito en motivar a futuros trabajos de prevención y descontaminación en esta área, ya que a consecuencia de la eutrofización hay una gran cantidad de mortalidad entre los peces; asimismo se perderá la calidad del cuerpo de agua, impidiendo el uso recreativo, turístico y doméstico del mismo. Por lo tanto, es compromiso de todos, el cuidado y preservación de nuestro entorno natural.

1.2. Antecedentes

La calidad del agua es dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y de interacción con organismos vivos, una de las actividades más frecuentes en la cuenca son la acuicultura ya que es una actividad que a nivel nacional se ha incrementado considerablemente. Según Figueroa (2018) nos indica que en los últimos años la producción de especies se incrementó excesivamente. Asimismo, el aumento de la producción de la acuicultura se sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, con un incremento del suministro acuícola per cápita desde 0,7 kg en 1970 hasta 7,8 kg en 2010, lo que constituye un crecimiento medio anual del 6,6% (FAO, 2010, p.5). Es por ello que el incremento de la producción acuícola ha sido necesario para la reducción de captura de peces silvestres.

Sin embargo, según Muñoz (2021) menciona que el crecimiento en la producción agrícola es tan acelerado que ha desencadenado una fuerte competencia por los recursos

naturales como agua, tierra y un incremento en el impacto ambiental, y esto debido a la gran cantidad de desechos descargados en el cuerpo de agua, ya que la acuicultura como otros sectores de producción animal genera abundantes desechos. La producción de desechos en el sector de acuicultura se compone entre sólidos en suspensión y nutrientes a base de fósforo y nitrógeno disueltos, heces de peces y excreción (Guilpart et al, 2012, p.1).

Uno de los problemas principales en la producción acuícola es el aumento de materia orgánica, según Tacon y Foster (2003) se determinó que es uno de los mayores problemas ya sea por las excreciones de los peces, por el alimento no consumido y por otros insumos adicionados en los estanques (García et al, 2014, p.1) generando coliformes.

Al tener estos problemas se genera coliformes, es importante mencionar la contaminación bacteriológica y la determinación de los indicadores de la calidad de agua (coliformes termotolerantes) ya que nos permite tener como indicador de la calidad de ecosistema acuático (río chillón). Además, esta información nos permitirá alertar a las autoridades competentes, con el fin de implementar estrategias o tomar acciones para una adecuada vigilancia de los desechos vertidos al río (Sotil, 2017).

La agricultura tiene como potencial de contribuir la degradación de la calidad de agua en las aguas receptoras ya que estas descargas se generan en diferentes piscigranjas que contiene una gran cantidad de nutrientes que constituyen a elevarlos niveles de nitrógeno y fósforo en las aguas receptoras, lo que puede generar la eutrofización (Abeyasinghe et al, 1996). Los principales efectos de la eutrofización son la producción

de productores primarios (generalmente algas) y el aumento de biomasa, que altera las características de la masa de agua y, por tanto, altera la calidad de la masa de agua. En este caso si hablamos el fósforo sabemos que son nutrientes para las plantas que inducen el crecimiento de algas en las aguas superficiales, según Vásquez (2016), 1 g de fósforo (PO₄ - P) induce el crecimiento de hasta 100 g de algas, cuando estas algas mueren, su descomposición requiere alrededor de 150 g de oxígeno.

La eutrofización se consideraba anteriormente como un proceso natural resultante de la liberación exitosa de nutrientes, sedimentos y otras sustancias en el sistema hídrico durante millones de años. Según Silverio (2006), unos años más tarde el proceso se actualizó a "eutrofización cultural" con intervención humana. Es por eso que la eutrofización ha provocado un exceso de suministro de nutrientes en la cuenca, ya sean aguas residuales domésticas sin tratar, uso de fertilizantes, ganado o la combinación de ellos, es usualmente el proceso generador de los estados turbios. (Arohuanca, 2016)

Según Abella y Martínez (2012), se ha demostrado que la eutrofización es la principal causa de deterioro de la calidad del agua, y esto se puede ver en las empresas operadoras de acuicultura, en industrias y en el consumo. Asimismo, Ledesma (2013) afirma que la eutrofización es un fenómeno que afecta a los factores físicos, químicos, biológicos y sociales durante el periodo de estudio y uno de sus procesos puede ser irreversibles en los ecosistemas acuáticos lénticos que puede generar que en el sistema acuáticos sea perjuicio de la calidad de agua por el incremento de la densidad de las comunidades de fitoplancton los cuales poseen un periodo corto y se puede

descomponer por bacterias aeróbicas que pueden provocar la disminución del oxígeno disuelto en el agua.

Por otro lado, nos encontramos con la eutrofización que está relacionada con la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), según Campo (2015) el DBO representa la cantidad de oxígeno que requiere un ecosistema para consumir una cierta cantidad de contaminantes inorgánicos (DQO) u orgánicos (DBO), este parámetro se expresa en miligramos de oxígeno consumidos por litro durante 5 días a una temperatura de 20°, cuando mayor sea el DBO en ciertos cuerpos de agua, más oxígeno necesita un organismo aeróbico en el agua para procesar sus nutrientes.

Según Llerena (2012) nos menciona que cada especie tiene una variedad de acuerdo a cada parámetro de calidad del agua, cuando los niveles superan la tolerancia, se estresan y pueden no ser capaces de sobrevivir. Asimismo, los parámetros ambientales nocivos pueden afectar directamente a los peces, por ejemplo, daños en los tejidos debido a cambios en la calidad del agua o provocan indirectamente altos niveles de estrés, lo que lleva a una reducción de la resistencia a las enfermedades (Portocarrero 2018, p.3).

En muchos de estos casos, los parámetros para determinar la calidad del agua se utilizan para determinar el pH, temperatura, conductividad y el Oxígeno disuelto. Según Díaz y Sotomayor (2013), el pH mide la acidez o alcalinidad, la escala de valor es de 0 a 14 unidades, un pH inferior a 7 se considera ácida y si son superiores a 7 son básicas. Por otro lado, según García (2014), la temperatura es uno de los parámetros físicos más

importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos; asimismo, nos menciona que la temperatura recomendable en periodos extendidos de inmersión debe ser entre 15-35°C. En el caso de conductividad es una medida que posee las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, asimismo está relacionado con sólidos totales disueltos (STD), cuando la concentración de las sales llega a un cierto nivel, la conductividad eléctrica ya no está directamente relacionada con la concentración de las sales en el agua esto es porque se forman pares de iones (Mejía,2019). Por último, según Ayala (2017), el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua, para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua.

La importancia de realizar esta investigación es dar a conocer todos los parámetros y que se puede comparar con los Estándares de Calidad de Agua (ECA) para así determinar la presencia de la Eutrofización en el cuerpo hídrico lo cual origina una alteración de la microbiota y macro biota del río lo cual se considera un daño grave al ecosistema.

1.3. Fundamentos Teóricos.

1.3.1. Cuenca Hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son territorios naturales donde se realizan procesos socio-ecológicos que están ligados entre sí. El manejo es un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones mediante la participación organizada e informada de la población. Asimismo, es un espacio

territorial delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Como nos indica Ríos et al. (2013) la complejidad del manejo de cuenca hidrográfica requiere de acciones integrales y conceptualizar a la cuenca como un sistema complejo que a diversas escalas requiere del fomento de procesos colaborativos y de coordinación, temas que se abordan en un apartado especial.

1.3.2. Manejo de cuencas

Como nos indica Basurto (2009) nos indica que el manejo de cuencas es un proceso que organiza y guía el uso de las tierras y otros recursos naturales en las cuencas para generar bienes y servicios demandados por la sociedad, al tiempo se minimizan los impactos adversos al ambiente. El manejo de cuencas en la ejecución de obras y tratamiento, en la perspectiva se mantiene un equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico - biótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico (Pomca, 2019).

1.3.3. Precipitación

Según Ordoñez (2011) se denomina precipitación a todas las aguas meteorológicas que bajan a la superficie en forma de niebla blanca líquida (niebla, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.). Son causadas por cambios de temperatura o presión. Las precipitaciones son la única puerta de entrada importante al sistema hidrológico del continente.

La precipitación requiere de la condensación del vapor de agua atmosférico, la saturación es un proceso esencial para desbloquear la condensación. Hay varios procesos termodinámicos que generan la saturación de las partículas atmosféricas inicialmente no saturadas y causan su condensación. Según Ordoñez (2011) existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales, tal como se puede apreciar en la Figura 1.

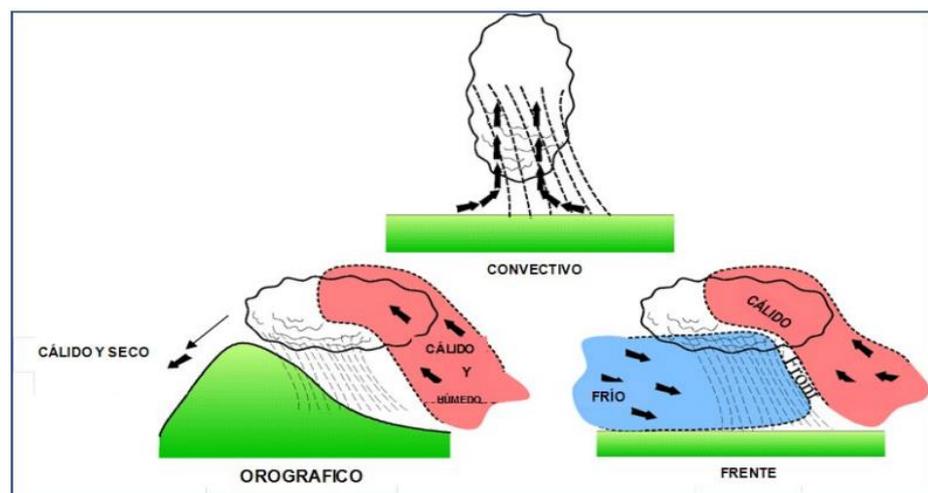


Figura 1: Principales tipos de precipitación: convectiva, orográficas y frontales Fuente: Ordoñez (2011)

1.3.4. Calidad del agua

Según Rubio (2014) nos indica que uno de los problemas es el crecimiento de la población, como también las industrias que crecen cada día y requieren la mayor demanda de agua dulce en el mundo. Por esta razón, es necesario diseñar herramientas que permitan ponderarla calidad del agua en un tiempo dado. Por ejemplo, un Índice de Calidad de Agua (ICA) que es una herramienta que permite diagnosticar la calidad de este recurso natural. Esta

metodología fue desarrollada, por primera vez, por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF-*National Science Foundation*) en los Estados Unidos de Norteamérica.

A la fecha, el uso del ICA es considerado como una de las herramientas más eficaces para la obtención y comparación de resultados. Según Rubio citado por Rosemond et al. 2008), Ghana (Banoeng-Yakubo et al. 2009), Corea (Song y Kim 2009), Brasil (Coletti et al. 2010), Chile (Espejo et al. 2011) y la India (Rajankar et al. 2011) hay diversos estudios que han sido desarrollados en todo el mundo como en Canadá en los cuales han identificado el nivel de contaminación en reservorios, lagos, ríos y en agua subterránea.

1.3.5. Contaminación de aguas superficiales

Las aguas superficiales son capaces de auto depurarse siempre que la concentración de materias orgánicas e inorgánicas no resalta ciertos límites y que la oxigenación natural del agua se realice de forma continua. Sin embargo, su calidad de sus aguas es muy criticada. Sus principales causas son la insuficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas, el vertimiento de las aguas residuales no tratadas, el mal manejo de los residuos sólidos, la presencia de los pasivos ambientales (mineros, hidrocarburos, agrícolas y la población) y por últimos las características naturales (MINAM, 2020).

1.3.6. Eutrofización

Según Bermúdez (2010) la eutrofización se conoce como el excesivo enriquecimiento de nutrientes de las aguas, lo cual genera el crecimiento de

algas y un gran incremento del desarrollo de la flora acuática, las cuales al morir se depositan en el fondo de los cuerpos de agua generando residuos orgánicos, luego se descomponen y consumen un gran porcentaje de oxígeno disuelto, debido a esto la flora y fauna acuática se ve afectada y en algunos casos mueren por asfixia.

La eutrofización según García y Miranda (2018) es un proceso de manera natural que deteriora la calidad del recurso agua, se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional. La eutrofización es un proceso gradual y lento a diferencia a las artificiales o cultural donde ocurre la aceleración que genera un aumento desordenado de la biomasa fitoplanctónica, por lo que ocurre una incorporación de sistemas acuáticos, provocando así un desequilibrio ecológico (Bem et al, 2013)

1.3.7. Causas de la eutrofización

La causa principal es un aumento en el suministro de nutrientes (especialmente fósforo y nitrógeno) de diversas formas. Esto puede ser causado por cargas externas (materiales, agrícolas, industriales y domésticos transportados por precipitación y erosión en la cuenca). Cada año, los ríos y otros recursos retienen nutrientes en función de la cantidad de agua que reciben, según la capa, la escorrentía, la litología y la vegetación. Por otra parte, en sistemas lénticos se acumulan grandes materiales desde la cuenca generando como consecuencia un estado trófico (Mateu, 2016).

A. Piscicultura

Es la actividad productiva de crianza de peces, a lo largo de muchas zonas del país, en general la actividad acuícola se ha incrementado considerablemente luego del interés del gobierno por nuevas alternativas a la producción de alimentos de consumo humano. Para la realización de esta actividad es esencial el cuidado desde su primera etapa de vida para alejarlos de las bacterias, virus o parásitos o incluso de residuos químicos como residuos de medicamentos, plaguicidas y metales pesados. El objetivo de estas empresas dedicadas a esta crianza no solo se basa en la crianza sino también se orienta a la mejora de la calidad de las especies que se ofrecen. Por lo cual dentro de sus buenas prácticas de producción incluyen los pasos de selección adecuada de área de cultivo, programas de monitoreo de sus aguas, alimentos, fármacos e inspección del producto ofrecido. (Oliva, 2011).

B. Agricultura

Es una de las actividades con la mayor causa de la eutrofización, ya que hay diferentes cantidades de fertilizantes, pesticidas, nitratos y fosfatos que se utilizan con mayor frecuencia. Según Mateu (2016), nos indica que dentro de las actividades antropogénicas más peligrosas están la agricultura y ganadería, pues, aportan en alto grado fertilizantes y restos orgánicos procedentes de los animales y plantas. Además, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002) afirma que la agricultura contamina de una manera muy considerativa a través de las actividades del sistema

hidrográfico que posee contaminantes procedentes de los insumos agrícolas, tales como: sales, insecticidas, herbicidas, potasio y nitrógeno que incrementan la producción de algas y los niveles de eutrofización de los cuerpos de agua, además de la permanencia de algunos químicos (Citado en Pérez y Aguilar, 2012).

C. Residuos Urbanos

En esta actividad se aportan los nutrientes y materias orgánicas principalmente, ya que el producto de limpieza son los principales componentes de las aguas residuales domésticas y aportan gran cantidad de nitrógeno y fósforo (Bermúdez, 2010). Uno de los productos más utilizados son los detergentes, en el medio hídrico son muy peligrosos debido a su toxicidad para la vida acuática y por aportar una gran cantidad de fósforo. Esta sustancia es soluble en agua, la cual al ser ya utilizada es descargada en los ríos y lagos (Aguirre et al, 2016).

D. Actividades forestales

Los residuos forestales abandonados o desechados en los cuerpos de agua se degradan y aportan los nutrientes que tenía la planta, principalmente nitrógeno por la materia orgánica disuelta, favoreciendo así a la proliferación de algas. Los microorganismos que se encuentran en condiciones aeróbicas provocan la actividad biológica causando un desequilibrio del oxígeno presente (Raffo & Ruiz, 2014).

E. Ganaderas

La contaminación del agua es por la explotación de ganaderías por lo que es causada por compuestos orgánicos y biológicos de los desechos industriales y por aguas residuales. El agua que se usa en granjas, especialmente para las operaciones de limpieza, pueden transportar estiércol, lodos y residuos de pesticidas de animales, si los estanques no están bien construidos o son impermeables, contaminan el suelo y darán como resultados el nivel freático (Blanca & Hervás, 2010)

F. Actividades industriales

Debido al incremento de diferentes y numerosas empresas, de diversos campos laborales como el textil, hidrocarburos, entre otras las cuales generan una mayor cantidad de empleo a las ciudades. Es por ello que las aguas residuales producidas por estas industrias no cuentan con un buen sistema de tratamiento. En resumen, las actividades económicas están en aumento y tienen una mala gestión de sus desechos los cuales se convierten en focos o fuentes de contaminación. A su vez estos son arrastrados por escorrentía o infiltración de la zona hacia las aguas subterráneas convirtiéndolos en fuentes de nutrientes perfectos para generar las áreas de eutrofización en distintas zonas (Aranda, 2004).

G. Vivienda y turismo

Durante los periodos de vacaciones realizadas por las personas tanto en vacaciones como en épocas festivas se puede observar un incremento elevado de las personas que realizan turismo en diversas ciudades, por lo cual esto incrementa la manera en cómo se producen los aportes de desechos y de manera directa estas van a las aguas de los cursos hídricos tanto por las personas propias del lugar como los turistas nacionales y extranjeros (Aranda, 2004).

1.3.8. Trófico

Para determinar el estado de trófico en los cuerpos de agua, se necesita en crear un índice que mediante la evaluación de determinadas variables sea posible obtener las condiciones de los cuerpos de agua, esta herramienta es muy importante para establecer clasificaciones tróficas, brindan información conveniente para implementar criterios de manejo en los cuerpos de agua, así como determinar la situación de los estos. Según Gómez (2021) nos indica que cuantificar los nutrientes de los cuerpos de agua se vuelve esencial para la evaluación de la dinámica trófica. La medición de estos permite a los cuerpos clasificarlos desde oligotróficos hasta hipertróficos donde los nutrientes se vuelven excedentes. Aunque existen diversos estados tróficos, sus características carecen de ciertos grados de subjetividad, pues, principalmente es por la falta de límites que permiten asignar de manera precisa la condición trófica de un cuerpo de agua.

Como nos indica Muciño (2017) nos indica que las herramientas que proporcionan información sinóptica sobre el estado trófico de los ecosistemas, lo cual permite generar criterios ecológicos para definir acciones de gestión y conservación de estos ambientes.

A. Oligotrófico

Según el Government of Alberta (2015), este es un estado muy característico de los lagos y embalses en las cuales la presencia de nutrientes es muy baja al igual que los niveles de fósforo, esto ocasiona que el espacio cuente con una menor cantidad de especies de algas y una baja concentración de clorofila. Es característico ver que sus aguas son claras permitiendo que la luz atraviese de manera más fácil, todo este ambiente contiene buenas cantidades de oxígeno para que de esta manera se desarrollen con mayor facilidad peces y diversas especies acuáticas (citado en Zambrano, 2018).

B. Mesotrófico

El estado mesotrófico de los cuerpos de agua es señalado como aquellos cuerpos de agua que cuentan con un nivel intermedio de productividad, por lo que cuentan con niveles intermedios de nutrientes lo cual genera la presencia de plantas acuáticas y de igual manera aún contienen un mayor desarrollo de organismos. Aun en estas situaciones la presencia de sus aguas es evidentemente claras y la luz aún puede penetrar en estas (Peñaherrera, 2010).

C. Eutrófico

Son aquellas masas o cuerpos de agua que se encuentran ricas en nutrientes, estos a su vez facilitan la proliferación de las algas, por consiguiente, estas algas cumplen su ciclo de vida y al morir son descompuestas mediante los procesos aeróbicos los cuales son procesos naturales y propios de bacterias, estos procesos aeróbicos consumen el oxígeno del medio acuático. Al producirse el proceso de descomposición se consume el oxígeno del lugar lo cual causa que los restos caigan o sean depositados en las profundidades y por propios procesos anaeróbicos se genere y desprende Sulfuro de hidrógeno el cual le da el olor desagradable a las aguas en las cuales llega a existir niveles altos de eutrofización (Moreta,2008).

D. Hipereutrófico

La hipereutrofia es aquel estado que sigue después del estado de eutrofia, esto debido a que el medio es enriquecido de maneras excesivas por las diferentes materias nutritivas y las concentraciones del oxígeno disuelto disminuye en grandes proporciones esto debido al proceso de descomposición de las bacterias descomponedores propias del lugar. En estos casos las aguas cambian de coloración debido a la cantidad de materia que se encuentra en las profundidades. (Zouiten, 2012).



Figura 2: Clasificación de los estados tróficos.

Fuente: Zambrano (2018)

1.3.9. Nitratos

Están conformados por aquellos compuestos solubles moleculares de nitrógeno y oxígeno, en general en el ambiente el nitrito (NO_2^-) se convierte fácilmente en nitrato (NO_3^-), lo cual nos quiere decir que el nitrito no se encuentra de manera frecuente sino raramente en las aguas subterráneas. Pero el Nitrato es una fuente muy importante para el crecimiento de las plantas, por lo cual está presente en muchos tipos de fertilizantes y lo producen dentro de las industrias en grandes proporciones. Este compuesto tiene una gran solubilidad y las actividades humanas incrementan sus niveles en el suelo, a su vez el nitrato

forma parte del ciclo natural del nitrógeno. Es importante mencionar que las aguas naturales cuentan con 2 tipos de fuentes contaminantes generadas por compuestos nitrogenados; la primera de ellas es la puntual, esta está asociada a aquellas actividades de origen industrial, urbano o ganadero por medio de sus vertidos de residuos industriales o aguas residuales. Por último, la contaminación dispersa o difusa generada directamente por la actividad agronómica (Bolaños et al, 2017).

1.3.10. Ciclo del Nitrógeno

Este ciclo se puede explicar generalmente como la serie de procesos naturales continuos mediante los cuales el nitrógeno se transforme y/o convierta en sus distintos estados de oxidación y reducción, como lo son desde el nitrógeno molecular (N_2), hacia el amoníaco (NH_3), estos se descomponen a compuestos orgánicos carbonos nitrogenados, óxidos de nitrógeno y por último para volver a N_2 . Debido a la producción acelerada de fertilizantes y la combustión acelerada de combustibles fósiles, estos han acelerado el desbalance del ciclo del nitrógeno generando en muchos lugares fenómenos como la eutrofización en cuerpos de agua y el efecto invernadero reforzado. (Sánchez y Sanabria, 2009)

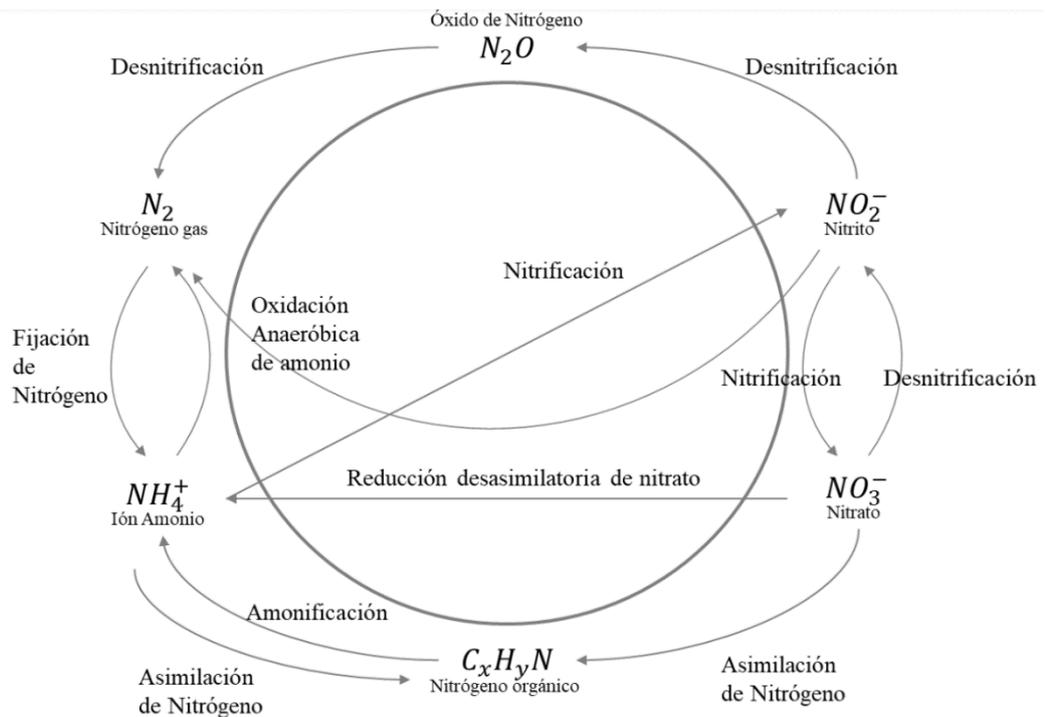


Figura 3: Ciclo del Nitrógeno.

Fuente: Warakomski et al. (2007), citado en Sánchez y Sanabria (2009)

1.3.11. Fosfatos

Los fosfatos o ion fosfato (PO_4^{3-}) está formado o generado a partir del fósforo inorgánico existente como mineral y forma parte del ciclo natural del fósforo. Los fosfatos son fundamentales para el crecimiento de las algas debido a que son una fuente importante de nutrientes para estas, por consiguiente, se deduce que, si en un cuerpo de agua existe una mayor concentración de fosfatos, se incrementará en gran magnitud el crecimiento de las algas, lo cual afecta de manera directa a todo el medio debido a que mientras existan más algas la cantidad de oxígeno disminuye drásticamente. Como consecuencia de lo anteriormente mencionada existirá un mayor crecimiento de materia orgánica viva lo cual nos lleva a precisar un incremento sustancial en la tasa de

descomposición y todo esto finalmente conlleva a un proceso exacto de eutrofización del medio (Bolaños et al, 2017).

1.3.12. Ciclo del Fosforo

Bruning (2018) indica que el fósforo se encuentra de manera natural como fosfato inorgánico y ortofosfatos, los cuales constituyen las diversas estructuras de los seres vivos. El fósforo es uno de los elementos más importantes y vitales para el metabolismo de los organismos que habitan en las aguas. La manera directa por la cual llega al cuerpo de agua es por medio de la lixiviación de las rocas fosfatadas y por la escorrentía de los suelos. Se encuentra en el agua en su forma de ortofosfato el cual es consumido por algas y bacterias, las cuales al morir sedimentan y liberan fósforo el cual retorna al ciclo natural del fósforo.

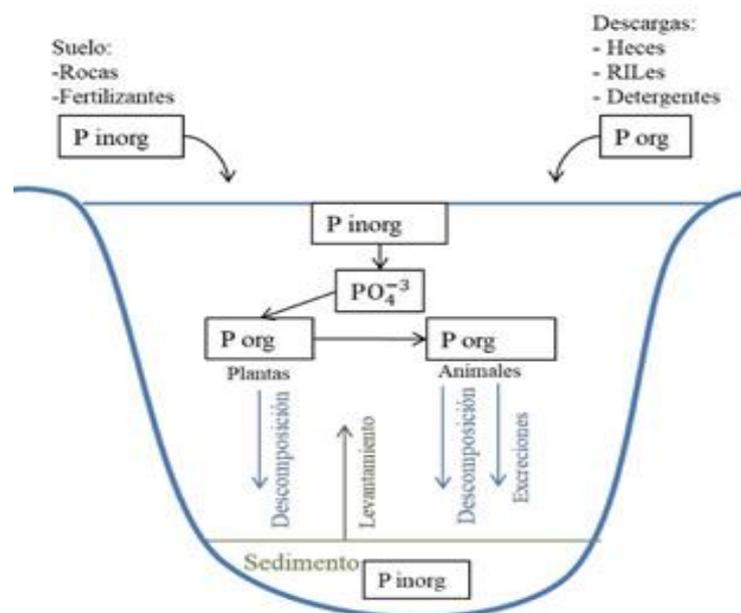


Figura 4: Representación del Ciclo del fósforo dentro de un lago.

Fuente: Bruning (2018)

1.3.13. Coliformes Termotolerantes

Los coliformes termotolerantes (CF), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte del microbiota normal. Por esto, algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes. (Sotil, 2017)

1.3.14. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) se utiliza para medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar los materiales orgánicos biodegradables presentes en una muestra de agua después de la oxidación aeróbica. Asimismo, nos menciona que el DBO se determina a una temperatura de 20°C en un plazo de 5 días, por lo que se expresa en mg/l. La DBO es una de los indicadores más reconocidos en las mediciones de contaminación en aguas residuales (AR), asimismo en agua potable. Las bacterias aerobias necesitan oxígeno para consumir la materia orgánica biodegradable presente en la (AR), la cantidad consumida de oxígeno, se mide en la diferencia entre la cantidad de oxígeno al inicio y al final de la prueba. Otras aplicaciones para el DBO, se requiere de una medición de la calidad de aguas superficiales, establecerlos

Límites Máximos Permisibles (LMP) y diseñar las unidades de tratamiento biológicos (Raffo y Ruiz, 2014).

1.3.15. Transparencia

La transparencia es un parámetro importante para el desarrollo de la vida acuática, nos permitirá analizar el nivel de la eutrofización del cuerpo del agua en relación del fitoplancton; asimismo, es la luz que se transmite (traspasa) en el cuerpo de agua con dificultad para el crecimiento de flora béntica productora de oxígeno se minimiza y queda en la oscuridad. Esta variable nos ayuda a determinar ciertas características de lagos (tipo de lago, flora, fauna, propiedades de agua, etc.) (Moreta, 2008).

1.4. Justificación

Esta investigación es importante debido que mediante el análisis y evaluación de los parámetros indicadores se podrá determinar el estado trófico de la cuenca alta del río chillón y a su vez concluir si las actividades del lugar (ganadería, piscigranjas, agricultura, etc.) generan un efecto negativo en el ecosistema como también la presencia de eutrofización en sus aguas.

1.5. Formulación del Problema

¿Existe eutrofización en la cuenca alta del río Chillón?

1.6. Objetivo

1.6.1. Objetivo General

Evaluar la eutrofización del río chillón a través de los parámetros indicadores y el Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA)

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar los niveles de cada uno de pH, temperatura, demanda biológica de oxígeno, conductividad, oxígeno disuelto, nitratos, fósforo total y coliformes termotolerantes evaluados presentes en la cuenca alta del río Chillón.
- Analizar si la actividad productiva de la piscigranja está ocasionando una alteración en la calidad del agua y la composición natural del medio acuático, por medio de los resultados evaluados de temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto y compararlos con el Estándar de Calidad Ambiental de agua (ECA agua).
- Evaluar los valores obtenidos de la metodología del DBO de los efluentes para compararlos con los valores del Estándar de Calidad Ambiental de agua (ECA agua).

1.7. Hipótesis de la Investigación

1.7.1. Hipótesis General

El grado de eutrofización de las aguas de la cuenca alta del río Chillón, según los indicadores biológicos es muy elevado, lo cual califica como riesgo

latente debido a la alteración que causa la eutrofización al cuerpo hídrico de la zona.

1.7.2. Hipótesis Específicas

- Los niveles de eutrofización están disminuyendo en gran cantidad la cantidad de microorganismos y diversas especies por la variación de la calidad del agua del río.
- El índice biótico para algas y microorganismos consumidores de nitratos y fosfatos está incrementando por el vertimiento de aguas con carga de alimento de los peces.
- Los parámetros indicadores de la calidad del agua del río de la ciudad de Canta superaron los valores establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental de Agua (ECA – agua).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La metodología de investigación que se usó en el proyecto es de tipo Cualitativo-Descriptivo; porque, como entes observadores, se describen los hechos, que se suscitan, durante todo el proceso, con determinación del Método Inductivo, donde, se analizan solo casos particulares, cuyos resultados, son tomados para extraer conclusiones de carácter general. A partir de las observaciones sistemáticas de la realidad, se descubre la generalización de un hecho y una teoría.

Las aguas del río chillón son utilizadas por las piscigranjas, para que luego de pasar por las pozas de crianza vuelvan a ser vertidas de las piscigranjas hacia el río y esto se enlaza con la hipótesis la cual nos indica el medio causal de la eutrofización y por ello es de tipo cualitativo y descriptivo.

Por ello la investigación correlaciona los datos y los compara dándole la forma de Grupo (compuesto por los parámetros), y observación, mediante la cual se comparan los resultados mediante el ECA para aguas.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población se encuentra constituida por las piscigranjas que se encuentran ubicadas dentro del área o zona de estudio elegida que se encuentra ubicada en el distrito de San Buenaventura, provincia de Canta, departamento de Lima; la cual se encuentra dentro de la cuenca del río Chillón entre los

meridianos $76^{\circ}22'$ y $77^{\circ}08'$ de longitud oeste y los paralelos $11^{\circ}19'$ y $11^{\circ}57'$ de latitud sur; y en lo que se refiere a altitud va desde los 5000 msnm hasta los 0 msnm.

2.2.2. Muestra

Las unidades de muestra que se consideraron estuvieron representadas específicamente por muestras de agua. Se consideró un número de 4 muestras de agua del río Chillón, de las cuales se refiere a 2 muestras para cada punto de muestreo establecido de los cuales cada punto de extracción de las muestras será en el ingreso de las piscigranjas (aguas arriba) y en el desfogue de las piscigranjas hacia el río (aguas abajo).

2.2.3. Muestreo y análisis de parámetros físico - químicos

Para el muestreo correspondiente a estos parámetros se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales, dentro de la cual se mencionan de manera detallada cada uno de los pasos, planificación previa, cadena de custodia y la logística general necesaria para el correcto análisis de las muestras, dicho muestreo fue realizado por la Autoridad Nacional del Agua como parte de su proceso de monitoreos participativos los cuales son realizados cada año.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Como parte de los instrumentos utilizados para la realización del trabajo de investigación se utilizaron los informes de muestreo participativo realizados por la

Autoridad Nacional del Agua la cual nos detalla los materiales e instrumentos utilizados para la realización del muestreo los cuales se detallan a continuación:

2.3.1. Materiales

Para la recolección de datos del estudio se dividió por etapas debido a que es un proceso que implica diversos lugares como para el área de toma de muestras y el área de análisis de muestras en laboratorio, para lo cual la Autoridad Nacional del Agua (ANA) dividió los procedimientos en las siguientes etapas.

2.3.1.1. Gabinete

- Análisis de la problemática presentada en la cuenca del río
- Evaluación geográfica de la cuenca
- Se establece la codificación de cada uno de los puntos de muestreo
- Formulación del cumplimiento del plan establecido para el monitoreo.

2.3.1.2. Campo

- **Uso de GPS:** Para georreferenciación por el sistema de coordenadas UTM WGS 84 - zona 18S
- **Multiparámetro:** Usado para la medición de parámetros por medio de multiparámetro GAMA ODEON, PONSEL MESURE
- Recolección para su pronta preservación y almacenamiento para el inicio de la cadena de custodia.

- **Etiquetas y fichas de campo:** Para la rotulación de muestra extraída y para evitar confusiones
- **Cadena de custodia**
- Transporte de muestras recolectadas a laboratorio acreditado

2.3.1.3. Post Campo

- Análisis y evaluación de los resultados obtenidos por el laboratorio
- Comparación de los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental para el agua.

2.3.2. Instrumento

- Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016).
- Guía de vigilancia sanitaria de piscinas según Decreto Supremos N° 007 - 2003 SA.
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017).
- Water Analysis Handbook (HachCompany, 2019)

2.3.3. Métodos

Se utilizaron tanto métodos analíticos como descriptivos los cuales se correlacionaron de manera directa para la correspondiente determinación de la existencia de eutrofización la cual es el objeto de estudio en esta investigación.

Es por ello que en específico marco teórico a partir de la revisión documental resulta imprescindible, ya que, fundamentalmente esta nos permite delimitar con mayor precisión nuestro objeto de estudio y constatar el estado de la cuestión. Según La Torre (2003) antes de iniciar la revisión bibliográfica, debemos tener una idea aproximada sobre el tópico que pretendemos trabajar. Esto nos quiere decir, como el proceso dinámico que consiste esencialmente en la recogida, clasificación, recuperación y distribución de la información. (Herrera, 2019).

De tal forma, el proyecto realizará las siguientes actividades: Recopilación y revisión de la información sobre el proyecto; elaboración del protocolo de trabajo; planificación y coordinación de las actividades a desarrollarse en la fase de campo y laboratorio.

Mediante esta etapa se realiza de manera general la planificación del monitoreo tomando como base distintos protocolos y guías que serán tomados de referencia y en particular para este caso se realiza una adaptación correspondiente a la unión del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y la Guía de Vigilancia Sanitaria de piscinas la cual será tomada en cuenta debido a que se realizarán tomas de muestra tanto en el recurso hídrico como en las piscigranjas (se toma en cuenta los métodos de recolección de muestras y el índice de calidad de esta guía por la naturaleza del medio de estudio). Dentro de este momento de Gabinete se establecen las siguientes fases:

- Planificación según los protocolos para la realización del monitoreo

- Codificación de los puntos de monitoreo
- Parámetros recomendados a evaluar en el monitoreo para establecer la calidad de los recursos hídricos
- Preparación correspondiente del material (cooler, botellas de muestreo, EPPs, etc)
- Protocolo de medidas de seguridad en el trabajo de campo.

2.3.3.1. Evaluación de Campo

En esta parte del proyecto se realiza la observación participativa ya que el trabajo de campo es un método experimental, de prueba de hipótesis, de modelos teóricos o de simple obtención de datos específicos, para responder preguntas concretas y su ventaja que actúa sobre el terreno en donde se dan los hechos, utilizando técnicas distintas al trabajo en gabinete o laboratorio.

En esta fase el proyecto se realizará acciones para cumplir con lo estipulado en los objetivos, como: la agenda de actividades a desarrollarse in situ; revisión de equipos, de las normas legales, de los lugares a monitorear y análisis de parámetros registrados (pH, Temperatura, Conductividad, Turbidez y DBO5). Por último, las acciones desarrolladas en este momento de la investigación son las siguientes:

- Reconocimiento adecuado del entorno o zona de estudio
- Medición correspondiente a las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marinas costeras.
- Georreferenciación exacta de los puntos de monitoreo

- Toma de muestra según los pasos del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales
- Medición de los parámetros de campo (pH, conductividad y temperatura)
- Preservación adecuada de las muestras dentro del cooler refrigerante.
- Seguir con los pasos según el llenado de la cadena de custodia
- Aseguramiento de la calidad de transporte
- Transporte de las muestras
- Aseguramiento de la calidad de los resultados

2.3.3.2. Fase de Laboratorio

En esta fase se sintetiza la información obtenida en las dos etapas anteriores: Gabinete y campo.

En el proyecto a ejecutarse, se desarrollarán actividades de cumplimiento de las normas legales vigentes peruanas y control del cronograma propuesto, para establecer los monitoreos en los puntos antes de ingresar a la piscigranja y por último fuera de la piscigranja donde se encuentra la zona de mezcla con las aguas del río Chillón, así mismo los parámetros establecidos en la Matriz de Consistencia: pH, Temperatura, Conductividad, Turbidez y DBO5. Del mismo modo, se discutirán los resultados, comparándolos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECAs) para agua, aprobados en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y se harán las sugerencias del caso y se redactará el trabajo culminado. De manera detallada se establecen los siguientes procedimientos a realizarse en este momento de la metodología:

- Análisis de las muestras realizadas por parte de un laboratorio acreditado por INACAL.
- Procesamiento y análisis respectivo de los datos brindados por el laboratorio.

2.3.3.3. Análisis de muestras

Todos estos análisis se realizaron siguiendo los pasos según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

El análisis se realiza In Situ, en el cual se analizaron parámetros, como:

- Temperatura
- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5)

2.4. Procedimiento

2.4.1. Descripción del área de estudio

La cuenca del río Chillón se encuentra ubicada dentro de las coordenadas 76°20' y 77°10' longitud oeste, 11°20' y 12°00' Latitud Sur. La presente cuenca cuenta con una extensión de 2444 km² aproximadamente. Nace de 3 lagunas nacies de la cordillera la Viuda; prácticamente recorre el departamento de lima de manera transversal de Este a Oeste para finalmente desembocar en el Océano Pacifico (subgerencia de Defensa Civil, 2013).



Figura 5: Representación de la cuenca Chillón.

La temperatura promedio de la cuenca está dividida en 2 debido a que en la zona más cercana al mar es de 20°C y en la parte alta la temperatura promedio es de 13 °C.

Este río tiene muestra una pendiente variable conforme se va acercando a la zona donde desemboca con el océano Pacífico, en la ciudad de Canta muestra una pendiente del 6% y luego de Santa Rosa de Quives la pendiente disminuye a un valor de 2%; en este tramo forma finalmente un cono de deyección en el cual es de vital importancia para la producción agrícola de la zona.



Figura 6: Representación de la cuenca y el río Chillón, junto a los distritos que atraviesa.

La cuenca recibe el nombre debido al río principal de la cuenca que es el río Chillón, el cual tiene su origen en la laguna de Chonta, recorriendo una distancia de 126 kilómetros desde su origen en la cordillera de la Viuda hasta llegar a su desembocadura en el Océano Pacífico. Este río cuenta con un régimen irregular, el cual se encuentra regulado sobre todo por las lagunas Chuchún, Leóncocha y Azulcocha las cuales están presentes en su parte alta y también debido a las épocas de estiaje en los cuales el río presenta su mayor etapa de déficit por lo que registra un valor promedio de 1.5 m³/s.

2.4.2. Determinación del número de muestras

Según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, se establece una fórmula específica para determinar la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento, esta fórmula es la siguiente:

$$L_{ZdM} = \left(\frac{W^2 U}{f \pi c d \sqrt{g d s}} \right)$$

Ecuación 1: Determinación de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

L_{ZdM}: Es la extensión de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento (m)

W: es el ancho promedio del cuerpo de agua (m)

u: es la velocidad de flujo promedio del río en la ubicación del vertimiento (m/s).

f: es un factor que considera la ubicación del vertimiento: $f=2$ para un vertimiento en la orilla; $f = 8$ para un vertimiento en el centro del río/quebrada

c: es el factor de irregularidad del cauce observada en campo:

c =0.1 para ríos rectos con cauce rectangular

c =0.3 para ríos canalizados

c =0.6 para cauces naturales con serpentear moderado

c =1.0 para cauces naturales con serpentear significativa

c =1.3 para ríos con cambios de dirección bruscos de 90° o mayor

d: es la profundidad media del río aguas abajo del vertimiento (m).

g: es la aceleración por gravedad = $9,80665 \text{ m/s}^2$

s: es la pendiente del cauce aguas abajo del vertimiento (m/m) determinada con base en el mapa topográfico o medición en campo con GPS.

*Evitar zonas de embalse o turbulencia.

*Ubicar el punto de monitoreo en el lugar donde el cuerpo natural de agua presente cauce regular y uniforme.

2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron ordenados y clasificados en una hoja de Excel, seguidamente se agrupan y ordenan de acuerdo a las exigencias de los análisis que se realizaron, luego los datos obtenidos en la cuenca Chillón desde el año 2012 al 2015 realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) se realizó la compararon a través del ECA.

2.5.1. Técnicas

- Técnica de compilación, selección y síntesis bibliográfica, el estudio se fundamenta en la investigación de textos escritos y de internet, para tener una visión general del problema y cumplir con los objetivos planteados.
- Técnica descriptiva, porque señala las características del objeto sin llegar a profundizar sus causas.

2.5.2. Instrumentos

- Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016).
- Guía de vigilancia sanitaria de piscinas según Decreto Supremos N° 007 - 2003 SA.
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), se toma la información perteneciente al Ministerio del Ambiente (MINAM), correspondiente al Estándar de Calidad Ambiental para aguas, en el cual se establecen los parámetros a estudiar y evaluar y valores, los cuales serán de vital importancia para realizar la comparación con los valores tomados durante los momentos de monitoreo y laboratorio.

Tabla 1: Estándar de calidad ambiental (ECA) para aguas; categoría 3.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2:
		Agua para riego no restringid o (c)	Agua para riego restringid o	Bebida de Animales Bebida de animales
FÍSICOS – QUÍMICOS				
Conductividad	(μ S/cm)	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/ L	15		15
Nitratos (NO₃ - - N) +	mg/ L	100		100
Oxígeno Disuelto	mg/ L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
Fósforo Total	mg/ L	0.05		0.05

Fuente: MINAM 2017

Tabla 2: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2012)

CATG.	N°	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		Altura (msnm)
				WGS 84, ZONA 18S		
				ESTE	NORTE	
RÍO CHILLÓN						
	1	137556 Rchil1	Río Chillón, 50 m después de confluencia con la quebrada Torococha.	341335	8740975	4036
	2	137556 Rchil2	Puente Huaros, Km 120 carretera Lima Caantes del poblado de Huaros aguas arriba.	330786	8738406	3474
1-A1	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100 m aguas arriba de puente camino a Obrajillo.	323206	8733632	2722
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo.	323026	8733409	2721

Fuente: ANA (2012)

Tabla 3: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2013)

CATG.	N°	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		Altura (msnm)
				WGS 84, ZONA 18S ESTE	NORTE	
RÍO CHILLÓN						
			Río Chillón, 50 metros después de la confluencia con la quebrada			
	1	137556 Rchil1	Torococha que trae las aguas de la Laguna Torococha y Chuchón Km 134.5 carretera Lima-Canta.	341300	87441016	4019
1-A1	2	137556 Rchil2	Puente Huaros Km 120 carretera Lima Canta, antes del poblado Huaros aguas arriba.	330786	8738406	3460
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100 m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2662
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo	323064	8733477	2682

Fuente: ANA (2013)

Tabla 4: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2014)

CATG.	N°	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		Altura (msnm)
				WGS 84, ZONA 18S ESTE	NORTE	
RÍO CHILLÓN						
	1	137556 Rchil1	Río Chillón, 50 m. aguas debajo de la confluencia con la quebrada Torococha (procede de la laguna Torococha y Chuchón, km. 134.5 Carretera Lima-Canta).	341300	8741016	4036
1-A1	2	137556 Rchil2	Río Chillón, puente Huaros, km. 120 Carretera Lima-Canta, aguas arriba del poblado Huaros.	330786	8738406	3474
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100 m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2722
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo	323064	8733477	2721

Fuente: ANA (2014)

Tabla 5: Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2015)

CATG.	N°	Pto. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		Altura (msn m)
				WGS 84, ZONA		
				18S		
		ESTE	NORTE			
RÍO CHILLÓN						
	1	137556 Rchil 1	Río Chillón, 50 m después de confluencia con la quebrada Torococha que trae las aguas de la Laguna Torococha y Chuchón Km 134.5 carretera Lima -Canta	341300	8741016	4019
1-A1	2	137556 Rchil2	Puente Huaros, Km 120 carretera Lima Canta antes del poblado de Huaros aguas arriba	330786	8738406	3460
	3	137556 Rchil 3	Río Chillón, aprox. 100 m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2662
	4	137556 Rchil 4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo	323064	8733477	2682

Fuente: ANA (2015)

2.6. Aspecto Ético

Según el punto de vista ético se deben cumplir con las normas técnicas tanto nacionales e internacionales y cumplir con los estándares mínimos para evaluar todos los parámetros y no crear ningún otro tipo de afectación o daño al medio en nuestro papel de investigadores debido a que no solo se interactúa con el medio ambiente sino también con las comunidades, respetando sus costumbres y su cultura.

Del mismo modo en el cumplimiento de los protocolos establecidos por el estado para la protección personal de la población durante el estado de emergencia por la pandemia.

Es por todo ello que por medio de este trabajo de investigación se busca realizar un correcto análisis de los parámetros establecidos anteriormente en la metodología planteada y de igual manera comparar los análisis con sus respectivos estándares de calidad ambientales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de Parámetros Físico - Químicos.

Luego de haber sido establecidos los puntos de muestreo que se indican en los anexos 1, 2, 3 y 4, se evalúan los parámetros fisicoquímicos de cada uno de los puntos monitoreados con respecto a cada uno de los años evaluados según la información proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua por medio de sus monitoreos realizados desde el año 2012 los cuales corresponden a distintas temporadas por lo cual se reflejan diversas variaciones en los valores.

3.1.1. Potencial Hidrógeno (pH)

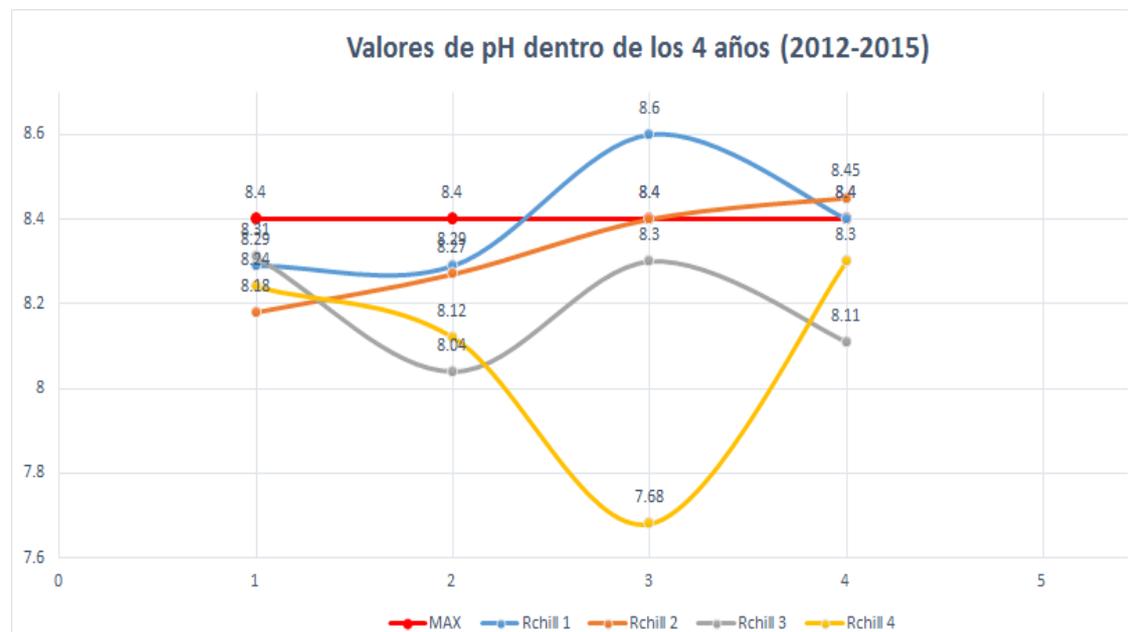


Figura 7: Representación de valores de pH desde el año 2012 hasta el año 2015.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Tabla 6: Datos representados en la figura 7

ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	8.29	8.29	8.6	8.4
Rchill 2	8.18	8.27	8.4	8.45
Rchill 3	8.31	8.04	8.3	8.11
Rchill 4	8.24	8.12	7.68	8.3
MIN	6.5			
MAX	8.5			

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

De acuerdo a los valores mostrados (Figura 7) durante los cuatro años de estudio, se determinó un rango de altos y bajos resultados de pH, teniendo en cuenta la representación del valor máximo según ECA. Nuestros resultados Rchill 1 en el año 2014 sobrepasa el valor máximo teniendo un pH de 8.6 por lo que puede generar daños a los seres vivos acuáticos como estrés o daños a la piel, asimismo en nuestros resultados de Rchill 2 en el año 2015 se obtuvieron un pH de 8.45, todos los resultados de pH superior a 7 indica una condición básica o alcalina.

3.1.2. Temperatura

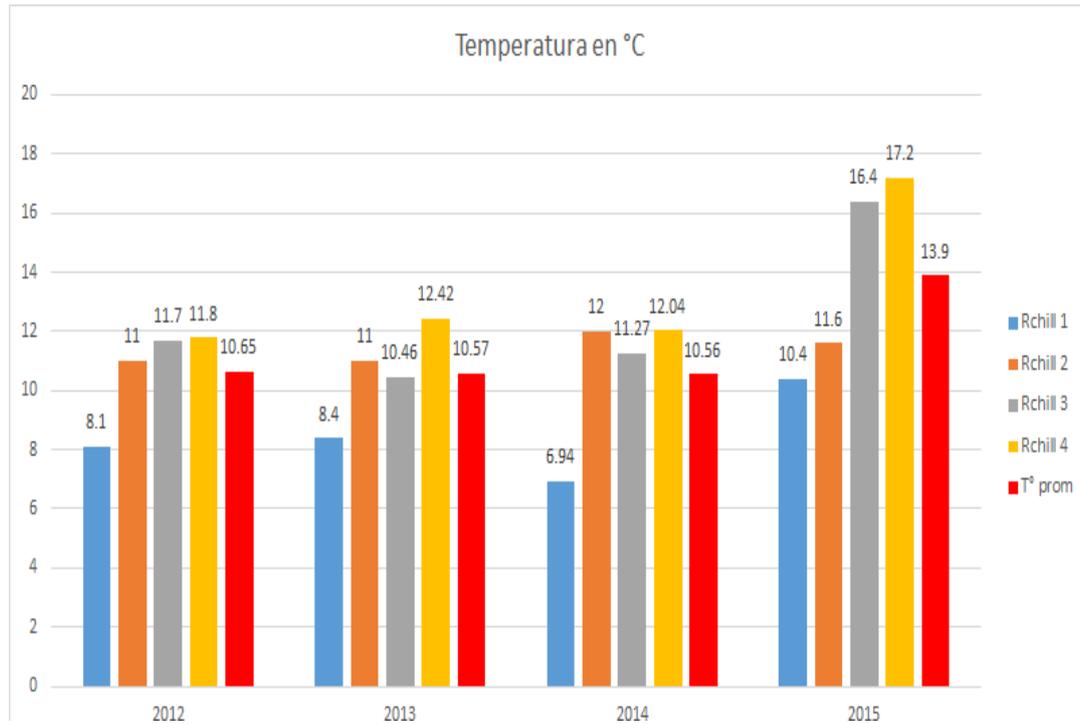


Figura 8: Representación de valores de temperatura desde el año 2012 al 2015

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Tabla 7: Datos representados en la figura 8

ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	8.1	8.4	6.94	10.4
Rchill 2	11	11	12	11.6
Rchill 3	11.7	10.46	11.27	16.4
Rchill 4	11.8	12.42	12.04	17.2
T° prom	10.65	10.57	10.56	13.9

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Los valores recopilados por los estudios realizados por la Autoridad Nacional del Agua desde el año 2012 hasta el año 2015 nos muestran como varía la temperatura con respecto a la altitud correspondiente de cada uno de los puntos de muestreo. Según el ECA la temperatura no establece un valor específico, pero si establece un valor de variación que puede causar pérdida de biodiversidad, el cual para este caso no es de importancia significativa ya que la temperatura obtenida en los años 2012 al 2015 están en los valores promedio por lo cual cumplen con lo establecido en los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce ya que no sobrepasan el límite establecido.

3.1.3. Conductividad

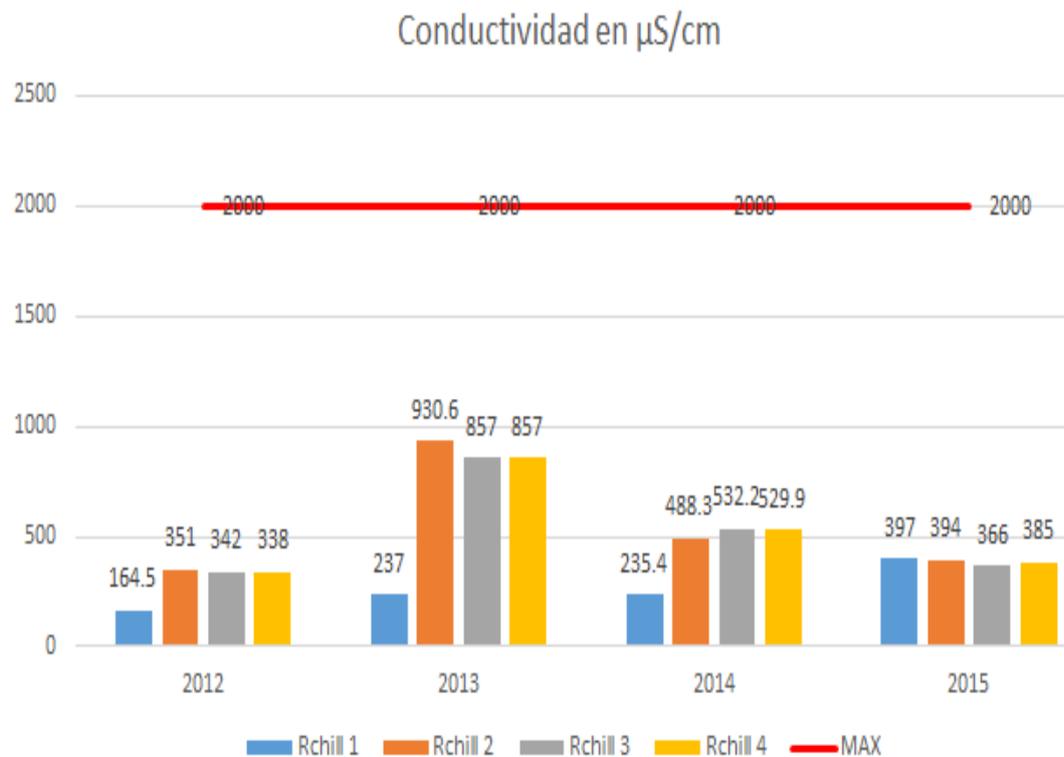


Figura 9: Representación de valores de Conductividad desde el año 2012 al 2015.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Tabla 8: Datos representados en la figura 9.

ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	164.5	237	235.4	397
Rchill 2	351	930.6	488.3	394
Rchill 3	342	857	532.2	366
Rchill 4	338	857	529.9	385
MAX	2000	2000	2000	2000

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Para el caso de Conductividad el Estándar de Calidad Ambiental establece un valor de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como máximo, los valores obtenidos entre los años 2012 al 2015 no sobrepasa los límites, por lo cual estos valores mostrados en la tabla 8 si cumplen con lo que establece el Estándar de Calidad Ambiental y no causan un daño o alteración al medio acuático por ende tampoco a las especies que lo conforman.

3.1.4. Oxígeno Disuelto

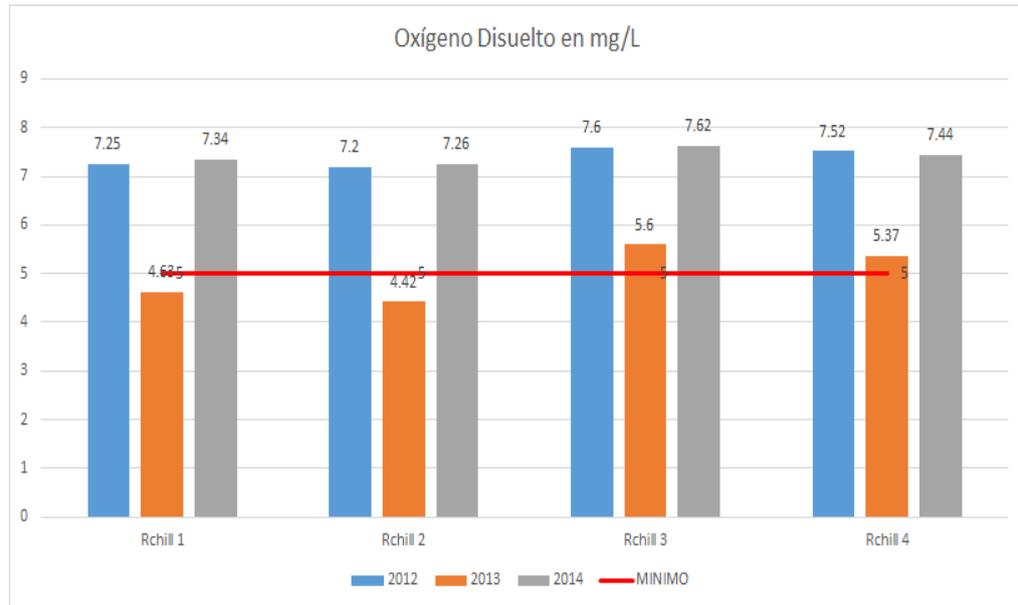


Figura 10: Representación de valores de Oxígeno Disuelto desde el año 2012 al 2015.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2014).

Tabla 9: Datos representados en la figura 10

AÑO			
ESTACIÓN	2012	2013	2014
Rchill 1	7.25	4.63	7.34
Rchill 2	7.2	4.42	7.26
Rchill 3	7.6	5.6	7.62
Rchill 4	7.52	5.37	7.44
MÍNIMO	5	5	5

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2014).

En lo que respecta a este parámetro, se presentan valores que van desde 7.44 mg/L como máximo y 4.42 mg/L como mínimo, los valores obtenidos en

los años 2012 y 2014 son datos muy importantes, pues la presencia de oxígeno es una señal muy positiva, en cambio los valores obtenidos en el 2013 están por debajo por lo que nos indica que mientras que su ausencia nos indicaría que existe fuerte contaminación que puede ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismo acuáticos. Los valores obtenidos están por encima del rango de los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional ubicándose dentro de la categoría A1 en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, cuyo rango es de ≥ 6 , – 2017 MINAM. DS N° 004. No se muestran valores para el año 2015 debido a que no se evaluó este parámetro en los datos recopilados de la Autoridad Nacional del Agua.

3.1.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno

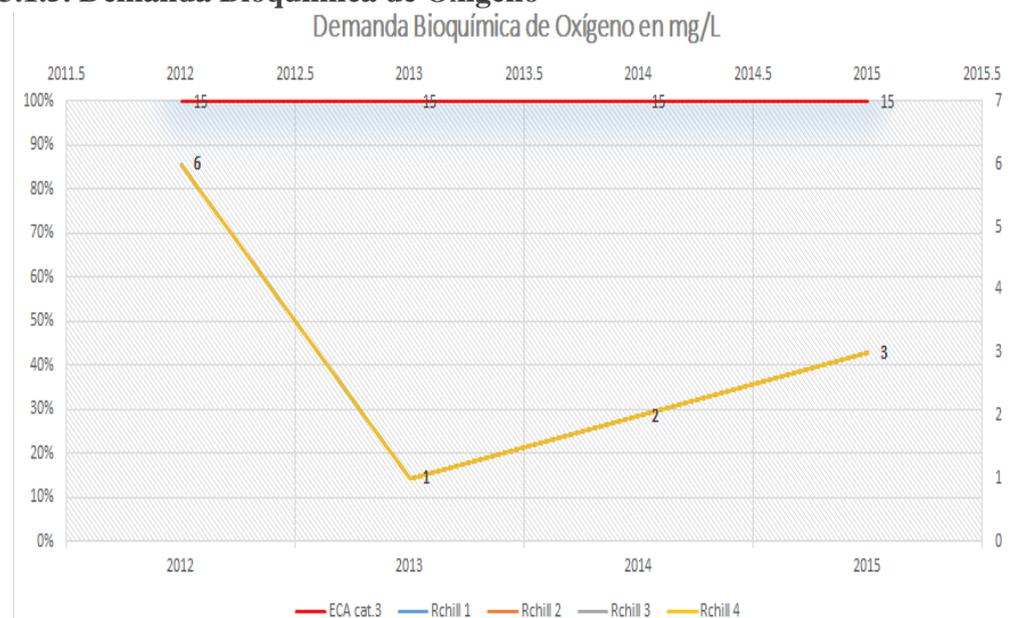


Figura 11: Representación de valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) desde el año 2012 al 2015

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Tabla 10: Datos representados en la figura 11.

AÑO ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	<6	<1	<2	<3
Rchill 2	<6	<1	<2	<3
Rchill 3	<6	<1	<2	<3
Rchill 4	<6	<1	<2	<3
ECA cat.3	15	15	15	15

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

El factor DBO5 es una medida aproximada de la cantidad de materia orgánica biodegradable y es definido como la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar mediante bacterias aeróbicas la materia orgánica presente hasta una forma inorgánica estable. Con respecto a este parámetro, no se reportó presencia en las muestras de agua, ya que las concentraciones que pudiera haber están por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) ya que este establece un valor de 15 y en los valores recopilados se tiene un valor máximo de 6 lo cual representa la falta de existencia de la eutrofización al ser este parámetro el principal indicador de este fenómeno.

3.1.6. Nitratos

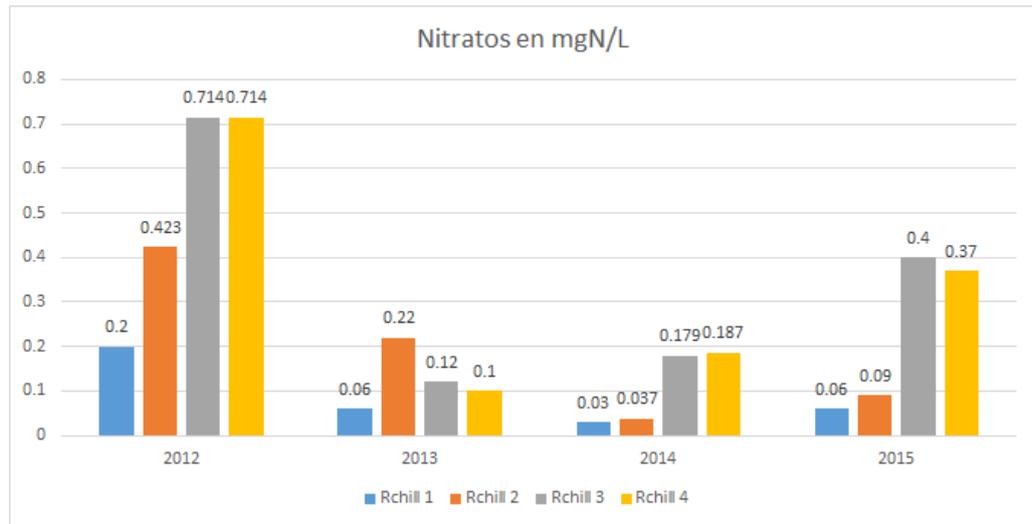


Figura 12: Representación de valores de Nitratos desde el año 2012 al 2015

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Tabla 11: Datos representados en la figura 12.

AÑO ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	0.2	0.06	0.03	0.06
Rchill 2	0.423	0.22	0.037	0.09
Rchill 3	0.714	0.12	0.179	0.4
Rchill 4	0.714	0.1	0.187	0.37
MAX (mgN/L)	100	100	100	100

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015).

Los valores obtenidos en este parámetro fluctúan en cuatro muestras a lo largo de la cuenca con valores que van desde to., aunque estos parámetros resultaron bastante bajos con respecto a los estándares de calidad ambiental para agua. Cuando existen actividades antrópicas, las aguas superficiales pueden tener concentraciones de hasta 5 mg/L, pero normalmente menores a de 1 mg/L. Concentraciones por encima de los 5 mg/L de NO₃, usualmente indican contaminación, ya sea por desechos domésticos, de animales o escorrentía. (Sierra, 2011),

3.1.7. Fósforo Total

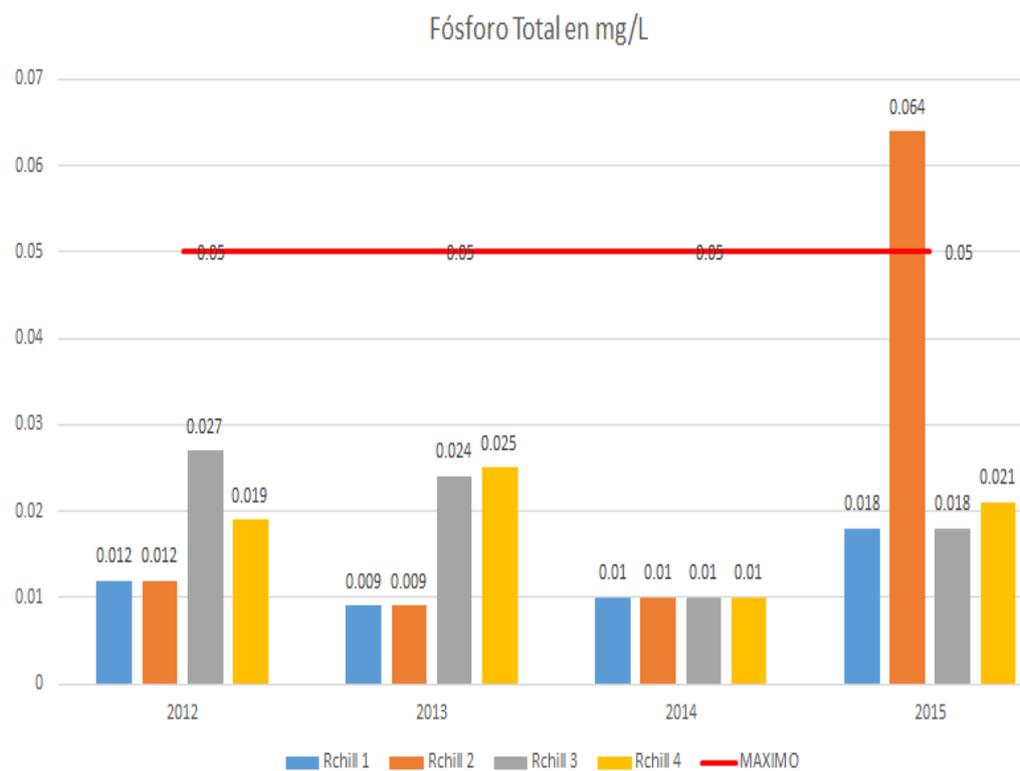


Figura 13: Representación de valores de Fósforo Total desde el año 2012 al 2015.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015)

Tabla 12: Datos representados en la figura 13.

AÑO				
ESTACIÓN	2012	2013	2014	2015
Rchill 1	0.012	0.009	0.01	0.018
Rchill 2	0.012	0.009	0.01	0.064
Rchill 3	0.027	0.024	0.01	0.018
Rchill 4	0.019	0.025	0.01	0.021
MÁXIMO	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015)

Con respecto a la presencia de fósforo se reportó presencia muy baja en las muestras de agua, estos resultados se confirman con los datos reportados de la presencia de oxígeno en las muestras de agua con valores bastante importantes, en cambio en los resultados de la muestra Rchill 2 del año 2015 sobrepasa el límite, según Teves (2016), quien menciona que un incremento desmesurado de fosfatos en el agua puede ocasionar problemas de agotamiento de oxígeno del agua y exceso de materia orgánica producida, las cuales dan lugar a la eutrofización.

3.1.8. Coliformes Termotolerantes

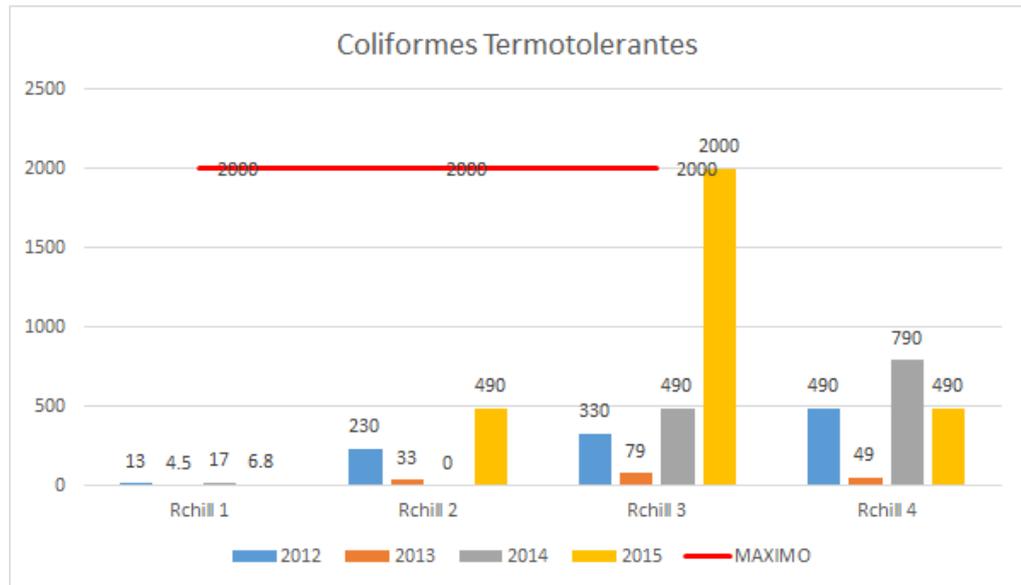


Figura 14: Representación de valores de Coliformes Termotolerantes desde el año 2012 al 2015.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015)

Tabla 13: Datos representados en la figura 14

AÑO	2012	2013	2014	2015
ESTACION				
Rchill 1	13	4.5	17	6.8
Rchill 2	230	33	0	490
Rchill 3	330	79	490	23000
Rchill 4	490	49	790	490
MAXIMO	2000	2000	2000	2000

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2012-2015)

La figura 14 nos muestra un valor representativo en el año 2015 el valor excede el valor establecido por la norma, para una mejor visualización se coloca en la figura el valor de 2000-

Los valores obtenidos se encuentran por debajo de lo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para agua debido a que el valor máximo es de 2000 NMP/100mL; la principal excepción es la mostrada en el año 2015 con un valor de 23000 NMP/100mL el cual excede en una gran cantidad al límite establecido por el ECA y esto a su vez conlleva a analizar qué es lo que estaría afectando en gran proporción debido a lo elevado de este valor lo cual podría desencadenar una serie de problemas tanto para el medio acuático como para la población.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El pH del agua representa el nivel en el que se encuentra el medio el cual muestra niveles que van desde acidez o alcalinidad. La escala de valores es de 0 a 14 unidades de pH. Las aguas que tienen un pH inferior a 7 son ácidas y las superiores a 7 son básicas (Díaz y Sotomayor, 2013). En este estudio el pH tiene un rango entre 6.5 a 8.5 (Tabla 7). Los valores de pH mayores de 8 afectan negativamente a los seres vivos que se encuentran en la cuenca, una de ellas son las truchas que alteran su salud, causando problemas por destrucción casi total de la piel de las branquias (Potocarrero, 2018). Esto se corrobora con los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 7), el pH muestra una asociación altamente significativa, y el mayor rango se encuentra en el año 2015 con un pH mayor a lo recomendado.

La temperatura según García (2014) es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos; asimismo, nos menciona que la temperatura recomendable en periodos extendidos de inmersión debe ser entre 15-35°C; sin embargo, el Río Chillón varía por diferentes puntos, según la Municipalidad Metropolitana de Lima la temperatura varía entre menor de 6°C en la parte alta de la cuenca, en cambio el rango de temperatura en la cuenca media es de 6°C a 12 °C y por último la temperatura de la cuenca baja es de 12°C a 18°C. En nuestro estudio

obtuvimos una temperatura promedio entre 10.65°C a 13.9°C (Tabla 8), por lo que el rango establecido por la ECA.

La conductividad eléctrica está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con sólidos totales disueltos (STD), cuando la concentración de las sales llega a un cierto nivel, la conductividad eléctrica ya no está directamente relacionada con la concentración de las sales en el agua esto es porque se forman pares de iones (Mejía, 2019). Los resultados de conductividad eléctrica en sedimentos permiten establecer una estimación cuantitativa de las sales que contienen dichos sedimentos. Los resultados obtenidos en Cepsa Perú (2014) nos indican que el contenido de las sales en los sedimentos, en su mayoría, son despreciables ya que según los valores encontrados son sedimentos no salinos debido a que la conductividad eléctrica está por debajo de los 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ya sea por su temporada húmeda o por la toma de muestra. Según el Estándar de Calidad de Ambiente (ECA) (Tabla 1) la conductividad está en un rango de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en cuando nuestros resultados obtuvimos una categoría de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para el caso de Oxígeno disuelto se obtuvieron solo tres años, obteniendo en el año 2012 el mayor OD de 7.52 mg/L, en el año 2013 OD de 5.6 mg/L y por último en el año 2014 el OD es de 7.62 mg/L, estos valores son bastante importantes, pues la presencia de oxígeno es una señal muy positiva, mientras que su ausencia nos indicaría que existe fuerte contaminación (Ayala, 2017). Los valores obtenidos en el año 2012 y 2014 (Tabla 10) están por encima del

rango de los estándares de calidad ambiental esto puede ser por la variación de la temperatura y de la altitud.

Para el Río Chillón se obtuvieron los resultados de la DBO₅ en los años 2012 al 2015 como se aprecia en la Tabla 11 tales valores obtenidos no superan los ECA para agua Categoría 3, destinada al Riego de Vegetales y Bebida de Animales establecidas en el D.S. 004 – 2017 – MINAM en la mayoría de los puntos de muestreo, según Campo (2015), si los resultados de DBO sobrepasa los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS.002-2008.MINAM, sería por la presencia de temporada de lluvia o temporada estiaje.

Según Bolaños (2017), la concentración de nitratos en los cuerpos hídricos varía según el tipo de actividad que se desarrolle en las zonas aledañas dentro de las cuales se tiene a las áreas de descarga o efluente de descargas de aguas residuales tanto urbanas como industriales, y por otro lado la mayor variación la genera la actividad agronómica esto debido al uso de las aguas del río para el riego y usan los diferentes tipos de fertilizantes los cuales aportan los compuestos nitrogenados los cuales por el ciclo del nitrógeno se convertirá en nitratos; comparando los resultados obtenidos por la información mostrada en la figura 12 se identifica que los niveles de nitratos son muy bajos los cuales se encuentran muy por debajo del máximo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3, por ende esto es un claro indicador que las zonas aledañas estarían vertiendo sus aguas residuales de manera tratada y de

igual manera las aguas provenientes del riego no estarían generando una alteración al Río Chillón que es el objeto de este estudio.

Por otro lado, Marín (2010) menciona que la concentración de nitratos se debe a la disolución de rocas y minerales, descomposición de materias vegetales y animales, y contaminación por efluentes tanto agrícolas como industriales. La concentración de nitrato que se muestra en la figura 12 está por debajo de los valores establecidos por el ECA ya que se muestra como mínimo el valor de 0.03mg/L y el máximo es de 0.7 mg/L en la tabla 12.

Si los resultados sobrepasan, las causas se deberían la agricultura y ganadería que eleva los niveles de nitratos en el medio por la descomposición de sustancias nitrogenadas como la urea y proteínas Sierra (2011), como se observa en la figura 12 se muestran niveles de nitratos muy bajos lo cual comparando estos resultados con lo mencionado en el estudio de Sierra (2011) los vertidos se estarían descomponiendo de manera natural en el medio lo cual es un indicador que los vertimientos de zonas urbanas y agrícolas son bajos en concentración lo cual permite que el cuerpo receptor descomponga de manera natural el nitrato sin causar afectación considerable de la fauna acuática debido a que el exceso de este compuesto genera la toxicidad en los peces generando una grave alteración en la hemoglobina de los peces.

En los peces, la toxicidad del nitrato de debe fundamentalmente a que una vez reabsorbido vuelve a la hemoglobina en hemocianina lo cual hace que estas especies sean capaces de transportar y liberar oxígeno (metahemoglobina, metahemocianina), pudiendo producir cianosis (Cheng y Chen, 2002). Se debe

tener en cuenta que, debido a la competencia con la absorción de cloruro, el nitrato es generalmente más tóxico para los peces de agua dulce, que para los de agua de mar, siendo los salmónidos una de las especies más sensibles (Jensen, 2003). Ahora nuestro resultado demostró un valor dentro del rango considerado seguro para la especie acuática y no afectó negativamente a la especie acuática en largo plazo.

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato en el agua, puede producirse la eutrofización; 1 g de fosfato-fósforo ($\text{PO}_4\text{-P}$) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 g. Vásquez et al. (2016) nos indica que las muertes de las diferentes especies presentes en el ecosistema como lo son las algas principalmente son las que elevan en mayor proporción las cantidades de fósforo presente en las aguas esto producto de su descomposición, por ello en las aguas del río Chillón se muestran la presencia de diversas actividades como la agricultura, piscicultura producto de esta actividad las heces de las truchas y el vertido de los aguas provenientes del riego de las áreas de producción se convierten en las mayores fuentes que elevan los valores de fósforo representado en los resultados de la tabla 13; al realizar la comparación de los resultados obtenidos con el ECA obtenemos valores bajos con la excepción de una de las estaciones de muestreo la cual excede este valor en gran cantidad lo cual simboliza un problema que desencadena el consumo del oxígeno presente en el

agua según lo explicado por Vásquez et al. (2016) pero en su gran mayoría los resultados mostrados en la figura 13 son bajos lo cual también representa a la capacidad de depuración que tiene el río la cual no se ha considerado en diversos estudios y esto se evidencia en los valores más bajos obtenidos en la parte baja de la cuenca del río Chillón.

Arroyo (2019) nos menciona en su investigación que la contaminación principal de los ríos es causada por las aguas negras que al no ser tratadas transportan diversas cantidades de bacterias y sólidos en suspensión por ende esto se relaciona directamente con los coliformes termotolerantes. Estas aguas que nos menciona al no ser tratadas no cumplen con lo establecido por la norma y por ende conllevan a un deterioro en la calidad del agua de los recursos hídricos y una alteración biológica en las especies del lugar. En los resultados obtenidos por nuestra investigación todos los valores para coliformes termotolerantes están muy por debajo de lo que lo establece el ECA con la excepción de una en el año 2015 en el punto de muestreo Rchill 3 en el cual supera los 2000 NMP/100 mL obteniendo un valor de 23000 NMP/100 mL; esto conlleva a definir de la misma manera que lo menciona Arroyo (2019) que el motivo de la variación elevada de coliformes es debido a las aguas residuales que no están registradas o reguladas por el ANA y no cuentan con el conexionado correcto para su identificación y estos generan las variaciones con respecto al valor elevado de coliformes presentados en la investigación.

La eutrofización es un proceso que se da de manera natural en la mayoría de cuerpos hídricos y que deteriora las aguas y su calidad propia de estas, esto

sucede por el excesivo enriquecimiento de nutrientes por parte de la descomposición de materia orgánica según lo que nos menciona García y Miranda (2018), pero esta información se contrarresta debido a que la existencia de efluentes y diferentes fuentes de contaminación las cuales estarían modificando y elevando de manera acelerada las propiedades que darían acceso al acelerado proceso de eutrofización y esto a su vez causando daños a las especies propias del lugar y al ecosistema.

Según Boyd y Gautier (2000), las descargas durante el intercambio de agua y la cosecha contienen nutrientes, materia orgánica y sólidos en suspensión. Estas sustancias representan un potencial de contaminación ya que pueden deteriorar la calidad del agua en los cuerpos receptores. Estos efluentes son considerados como el mayor problema ambiental en el cultivo de los peces; a pesar de que el agua de los efluentes de los estanques no tiene altas concentraciones de contaminantes de materia orgánica y generalmente posee valores aceptables en el pH y temperatura, la variable que parece ser más problemática en cuanto a la calidad del agua en los efluentes es la cantidad de partículas sólidas en suspensión tiende a ser algo más alto a lo establecido a la normatividad.

4.2. Conclusiones

El estudio nos brinda una conclusión por medio de la representación gráfica de sus parámetros que el agua del río Chillón cuenta con un estado oligotrófico el cual muestra la presencia de algas y el crecimiento de microorganismos de manera estabilizada lo cual de igual manera permite la

permanencia y convivencia de las especies al comparar este estado con los niveles del ECA.

Por medio de los niveles evaluados como parte del estudio se logró concluir que las aguas del río Chillón presentan los valores de los parámetros evaluados por debajo de lo que establece la norma con la excepción de los puntos que representan una variación la cual podría significar un daño para el medio acuático, pero al no ser representativos estos dan como resultado un agua de buena calidad al no tener valores elevados de DBO el cual es el parámetro que representa la calidad del agua.

Por medio de la investigación mostrada se comprobó mediante la presentación de los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) que no existe la presencia de Eutrofización en la cuenca alta del río Chillón lo cual representaría que la hipótesis presentada solo aplicaría para las áreas donde específicamente se produce un vertimiento constante de aguas provenientes de las piscigranjas o actividades que dañen el ecosistema acuático superficial del lugar.

Se determina que el estado trófico de la cuenca alta del río Chillón según el análisis de los muestreos realizados en diferentes años el estado de oxígeno disuelto presenta el estado mesotrófico debido a que se evidencia que existe un consumo elevado por parte de las especies presentes en el lugar por lo que los valores se encuentran muy cercanos al mínimo e inclusive por debajo del mínimo que plantea el ECA para aguas de categoría 3. Mientras que por medio

del análisis de resultados de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y nitratos se considera un estado oligotrófico debido a que los valores se encuentran por debajo del ECA para aguas de categoría 3. Estos valores nos indicarían que la hipótesis es negativa debido a que se mantienen los niveles de cantidad de microorganismos en muchos de los lugares analizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, J., & Martínez, M. (2012). Contribución de un Afluente Tributario a la Eutrofización del Lago de Tota . Boyaca, Bolivia: Rev.Colomb.Quim. vol.41 N°.2. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042012000200006&lang=es
- Abeyasinghe, D., Shanableh, A., & Rigden, B. (1996). Biofilters for water reuse in aquaculture. Australia: Ciencia y Tecnología del Agua Vol. 34: 253 - 260. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396008451>
- ANA, A. N. (2012). Informe Técnico de Resultados del Primer Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón. Lima: Informe Técnico N° 062 -2012-ANA-DGCRH/MBR. Recuperado de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2971>
- ANA, A. N. (2013). Informe Técnico de Resultados del Segundo Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón. Lima: Informe Técnico N° 050 - 2013- ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/JESM. Recuperado de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2767>
- ANA, A. N. (2014). Informe del Primer Monitoreo 2014 de la Calidad de Agua Superficial en la Cuenca Del Río Chillón . Lima: Informe Técnico N° 111-2014-

ANA·AAA·CF·ALA·CHRL/JLTV . Recuperado de
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2073>

ANA, A. N. (2016). Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la
Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón - 2015. Huaral: Informe Técnico
N° 002 - 2016- ANA-AAA·CF/SDGCRH. Recuperado de
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2191>

Aranda, N., Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical (2004).
Barcelona, España. Recuperado
de <https://core.ac.uk/download/pdf/16209667.pdf>

Arohuanca, C. (2016). Evaluación de la Carga de Nitrógeno y Fósforo en los Principales
Fuentes Puntuales que Vierten al Lago Titicaca como Fuente de Eutrofización
Puno 2015. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
Recuperado de
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2783/AMarcaca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arroyo, E. (2019). Determinación de la Calidad Bacteriológica de las aguas de Río
Chili, durante los meses de Marzo - Mayo 2019. Arequipa . Recuperado de
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9651/BIaragey.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ayala, M. (2017). Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiayacu
y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos. Mayobamba:

Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2723>

Basurto, A. (2009). Gestión de Cuenca para el manejo de los Recursos Naturales. Lima.
Recuperado de
http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina_apoyo__enlace/manejo_de_cuencas__agrorural.pdf

Bem, C. B. (2013). Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso. Brasil: REGA
– Vol. 10, no. 1, p. 41-50. Recuperado de https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/127/13b3132a7e34eb7e2be412df85ac302a_2b72ac1d4962572e2efe59ee2914a278.pdf

Bermúdez, M. (2010). Contaminación y Turismo Sostenible, CETD S.A. Recuperado de <https://docplayer.es/12809064-Contaminacion-y-turismo-sostenible-01-01-2010-cetd-sa-msc-mauricio-bermudez.html>

Blancas, C., & Hervás, E. (2001). Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud. España: Manual de Salud Ambiental 3. Recuperado de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/salud_5af065353ff4b_contaminacion_aguas_por_nitratos.pdf

Bolaños, J., Cordero, G., Segura, G. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica) (2017). Costa Rica.

Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

Boyd, C.; Gautier, D. 2000. Effluent composition and water quality standards. Global Aquaculture Advocate.66p.

Bruning, M. Estudio del aporte de carga de nutrientes por fuentes contaminantes y análisis de escenarios de descontaminación mediante un modelo de Calidad de aguas en el lago Villarrica. (2018). Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168255>

Campo, E. (2015). Estudio de los Efectos de las Actividades Ribereñas de la Población en el Comportamiento de la Laguna de Ñahuinpuquio - Chupaca. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru - Escuela de Posgrado. Recuperado de:

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4609/Campos%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CepSA Perú (2014). *EIA del Proyecto "Programa de Perforación de 05 pozos Exploratorios y 04 Pozos Confirmatorios en el Lote 114"*. Lima. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/4_1_5%20Hidrolog%C3%83%C2%ADa.pdf

Chávez, J., Leiva, D., Rascón, J., Hojos, I., & Corroto, F. (2016). Estado trófico del lago Pomacochas a través de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Recuperado de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/77>

- Díaz, A., & Sotomayor, L. (2013). Evaluación de la Eutrofización de la Laguna Conococha - Ancash. Huaraz: Universidad Nacional - "Santiago Antúnez de Mayolo". Recuperado de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, A., Carolyn, B., Zrllers, A., Edwards, W., . . . Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Los Angeles: ScienceDirect, Volumen 77, números 1 a 2. Recupero de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X13006097>
- FAO. (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture . Roma: FAO , ISSN 1020 5489. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1820e.pdf>
- Figueroa, J. (2018). Biofiltros con *Furcraea andina* y *Eucalyptus globulus* para mejorar la calidad del efluente de la piscigranja de Acopalca - Ancash - 2018. Lima: Universidad César Vallejo - Facultad de Ingeniería . Recuperado en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18369/Figueroa_JJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fontúrbel, F. (2005). Indicadores Fisiquímicos y Biológicos del Proceso de Eutrofización del Lago Titikaka. Bolivia: Ecología Aplicada. Vol 4 (2005): 135 - 141. Recuperado en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a18v4n1-2.pdf>
- García, F., & Miranda, V. (2018). Eutrofización, una Amenaza para el Recurso Hídrico. Toluca, Estado de México. Recuperado de http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf

- García, J. (2014). Caracterización de los Efluentes en los Estanques de Piscicultura del IIAP - Huánuco. Tingo María : Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado en https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/ppp-%20GARCIA%20NAMUCHE.pdf
- Gómez, R. Tovilla, C., Barba, E., Castañeda, O., Valle, F., Romero, E., & Ramos, E. (2021). Índices tróficos de importancia ecológica y su relación con algunas variables físico-químicas en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas. México: Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras vol. 31, NO. 2, ISSN 0138-8452, pp. 47-57.
- Guilpart, A., Roussel, J.-M., Audin, J., Caquet, T., Marle, M., & Bris, H. (2012). The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. Francia : Ecological Indicators Vol. 23: 356- 365. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X12001811>
- Jensen, F. B. (2003). Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 135(1), 9-24
- Ledesma, C., Bomansea, M., Rodríguez, C., & Sánchez, A. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba. Argentina. Argentina : *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 419-425. Recuperado de

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902013000300002

Llerena, T. (2012). Asistencia Técnica Dirigida en Control Sanitario de la Crianza de Truchas. Huancavelica: Universidad Nacional Agraria La Molina- UNALM. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/037-b-piscicultura.pdf>

Mateu, A. (2016). Problems of eutrophication of surface waters in relation to agriculture. Gandia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78548/MATEU%20-%20Los%20problemas%20de%20eutrofizaci%C3%B3n%20de%20las%20aguas%20superficiales%20en%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20agricultura.pdf?sequence=1>

Mejía, G. (2019). Índice de Calidad Ambiental del Agua del Recurso Hídrico del Río Cueva de las Lechuzas y Río Coloado del Parque Nacional de Tingo María. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

MINAM. (2020). Estudio de Desempeño Ambiental 2003 - 2013. Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/esda/8-1-1-calidad-de-las-aguas-continentales-superficiales/>

Moreta, J. (2008). La Eutrofización de los Lagos y sus Consecuencias. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Escuela de Nutrición y Salud Comunitaria .

Recuperado de

https://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias_Ibarra_2008

Muciño, R. A. (2017). Evaluación del estado trófico en lossistemas fluvio lagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, Campeche. México: Hidrobiológica Vol 27 (3): 281-291. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324506904_Evaluacion_del_estado_trofico_en_los_sistemas_fluvio-lagunares_Pom-Atasta_y_Palizada_del_Este_Campeche_Mexico

Muñoz, M. (2012). Sistemas de Recirculación Acuapónicos . Colombia: Edición 76, Enero - Diciembre 2012, p 123 - 129. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317121095_Sistemas_de_recirculacion_acuaponicos

Oliva, G. Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arcoíris (2011). Recuperado de https://www.academia.edu/16717998/19_Manual_Buenas_Pr%C3%A1cticas_Acu%C3%ADcolas_en_el_cultivo_de_la_trucha_Arco_Iris

Ordoñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Lima: Zaniel I. Novoa Goicochea. Recuperado de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf

Peñaherrera, D. Estudio sobre el estado trófico actual de la Laguna de Limonocha
(2010). Recuperado de

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/417/3/Resumen%20Ejecutivo-%20Diana%20Pe%C3%B1aherrera%2C%202010.pdf>

POMCA. (2019). Reunión Consejo de Cunca del Río Nare. Ecuador . Recuperado de
<https://es.scribd.com/presentation/427597278/Presentacion-POMCA-Nare>

Portocarrero, S. (2018). Evaluación de la Influencia de la Calidad del Agua y el Manejo en la Condición Sanitaria de la Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en Piscigranjas de la Región Amazonas. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Recuperado de
<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1521/Portocarrero%20Villegas%20Segundo%20Melecio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Lima: Industrial Data, vol. 17, núm. 1. Recuperado de
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Ríos, E., Cotler, H., González, I., & Galindo, A. (2013). Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas para su Manejo y Gestión. México. Recuperado de
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>

- Rubio, H. O. (2014). Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua . México: Índice de calidad de agua (ICA), Vol. 1: 139 -150 . Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Sanchez, J., Sanabria J. (2009). Metabolismos microbianos involucrados en procesos avanzados para la remoción de Nitrógeno, una revisión prospectiva. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XI No. 1 . Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/26849647_Metabolismos_microbianos_involucrados_en_procesos_avanzados_para_la_remocion_de_Nitrogeno_u_na_revision_prospectiva
- Sierra, C. (2011). Calidad del Agua - Evaluación y diagnóstico. Medellín. Sello Editorial de la Universidad de Medellín. pp 47-69
- Smith, T., & Smith, R. (2007). Ecología. Madrid: Pearso Addisson Wesley, Ecología. 6° edición. Recuperado de https://bgf-info9.webnode.com/_files/200000679-4ac514ac53/Ecologia.6ed.Smith.PDF.pdf
- Sotil, H. (2017). Análisis de Indicadores de Contaminación Bacteriológica (Coliformes Totales y Termotolerantes) en el Lago de Moronacocha. San Juan: Universidad Científica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/274/SOTIL-1-Trabajo-An%C3%A1lisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=%2DCharacter%C3%ADsticas%3A%20Los%20coliformes%20termotolerantes%20son,grado%20klbsiella%2C%20Enterobacter%20y%20Citrobacter.>

- Teves, B. (2016). Estudio Fisicouímico de la calidad del agua del Río Caca. San Miguel: Pontificia Universidad Católica del Perú - Escuela de Posgrado. Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6797/TEVES_AGUIRRE_BETTY_ESTUDIO_FISICOQUIMICO_AGUA_RIO_CACR_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNESCO - United Nations Educational, S. a. (2009). Water Security. Londres. Recuperado de <https://en.unesco.org/themes/water-security> .
- Vásquez, W., Talavera, N., & Inga, M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido ala producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa. Puno: Rev. Soc. Quím. Perú vol.82 no.1 . Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100003&lang=es
- Zambrano, A. (2018). Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año. Calceta. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/798/1/TMA171.pdf>
- Zevallos, S. (2018). Calidad de Agua, Bioacumulación de Metales Pesados y Niveles de Estrés en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuachi Apurímac. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia . Recuperado de https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3645/Calidad_ZevallosDeLaTorre_Samanta.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zouiten, H. Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: Aplicación a masas de aguas Atlánticas y mediterráneas.

(2012).

Recuperado

de

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96870/TesisHZ.pdf?sequence=1>

ANEXOS
Anexo 01 . Estándar de Calidad Ambiental (2017)

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos (NO ₃ --N) + Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	100	100
Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4

Sulfatos	mg/L	1 000	1 000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo Total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05

Zinc	mg/L	2	24	
ORGÁNIC				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045	
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35	35	
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0,004	0,7	
Clordano	µg/L	0,006	7	
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30	
Dildrín	µg/L	0,5	0,5	
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01	
Endrin	µg/L	0,004	0,2	
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03	
Lindano	µg/L	4	4	
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1	11	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**

Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**
---------------------	---------	---	---	----

Fuente: MINAM (2017)

Anexo N°2, Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2012)

CAT G.	N °	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTMWGS 84, ZONA 18S		Altura (msnm)
				ESTE	NORTE	
RIO CHILLÓN						
1-A1	1	137556 Rchil1	Ria Chillón, 50m después deconfluencia con la quebrada Torococha	341335	8740975	4036
	2	137556 Rchil2	Puente Huaros, Km 120 carretera Lima Caantes del poblado de Huaros aguas arriba	330786	8738406	3474
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323206	8733632	2722
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo	323026	8733409	2721
RIO CHILLÓN						
CAT G.	N °	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84, ZONA 18S		Altura (msnm)
				ESTE	NORTE	
RIO CHILLÓN						
1-A1	1	137556 Rchil1	Río Chillón, 50 metros después de la confluencia con la quebrada Torococha que trae las aguas de la Laguna Torococha y Chuchón	341300	87441016	4019
	2	137556 Rchil2	Km 134.5 carretera Lima-Canta. Puente Huaros Km 120 carretera Lima Canta, antes del poblado Huaros aguas arriba.	330786	8738406	3460
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2662
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraiillo	323064	8733477	2682

Anexo N°3, Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2013).

CAT G.	N °	Pta. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84, ZONA 18S		Altura (msnm)
				ESTE	NORTE	
RIO CHILLÓN						
1-A1	1	137556 Rchil1	Río Chillón, 50 m. aguas debajo de la confluencia con la quebrada Torococha (procede de la laguna Torococha y Chuchón, km. 134.5 Carretera Lima-Canta).	341300	8741016	4 036
	2	137556 Rchil2	Río Chillón, puente Huaros, km. 120 Carretera Lima-Canta, aguas arriba del poblado Huaros	330786	8738406	3 474
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2 722
	4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obrajillo	323064	8733477	2 721

Anexo N°4, Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2014)

CATG	N°	Pto. Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84, ZONA 18S		Altura (msnm)
				ESTE	NORTE	
RIO CHILLÓN						
1-A1	1	137556 Rchil1	Río Chillón, 50m después de confluencia con la quebrada Torococha que trae las aguas de la Laguna Torococha y Chuchón Km 134.5 carretera Lima -Canta	341300	8741016	4019
	2	137556 Rchil2	Puente Huaros, Km 120 carretera Lima Canta antes del poblado de Huaros aguas arriba	330786	8738406	3460
	3	137556 Rchil3	Río Chillón, aprox. 100m aguas arriba de puente camino a Obrajillo	323190	8733627	2662

4	137556 Rchil4	Río Chillón, aprox. 200m aguas abajo vertimiento VDI-2 de la localidad de Obraillo	323064	8733477	2682
---	------------------	--	--------	---------	------

Tabla 12: Anexo N°4, Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2015)