



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“IMPACTO DE LOS EFLUENTES DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
PUENTE PIEDRA EN LA CALIDAD DE LAS
AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BAJA
DEL RÍO CHILLÓN, 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Joel Isaac Salazar Lozano

Tiffany Yarin Aspajo

Asesor:

Ing. Carlos Alberto Alva Huapaya

<https://orcid.org/0000-0002-0983-3151>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Iselli Josylin Nohely Murga Gonzalez	44362724
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Kelly Milena Polo Herrera	41297911
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Juan Carlos Flores Cerna	18898536
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFOEME SIMILITUD

Tesis Final Joel y Tiffany

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Agustina Cortelezzi, Laura Estefanía Paz. "Macroinvertebrate biomonitoring in Latin America: Progress and challenges", *Freshwater Science*, 2023

Publicación

6%

2

Rebecca G. Cheek, Luis Alza, Kevin G. McCracken. "Down Feather Structure Varies Between Low- and High-Altitude Torrent Ducks (Armata) in the Andes ", *Cold Spring Harbor Laboratory*, 2017

Publicación

1%

3

Rojas García José Alfredo. "Simulación de la calidad del agua de corrientes superficiales para la determinación de límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales", *TESIUNAM*, 2002

Publicación

<1%

4

Río Sedas Mónica del. "Espacio lúdico itinerante, swatch", *TESIUNAM*, 2004

Publicación

<1%

DEDICATORIA

Queremos dedicar este trabajo a nuestros padres, Bernardino Yarin Terán, quien ahora se convirtió en nuestro ángel guardián, gracias a su incansable esfuerzo y por el apoyo constante que nos dedicó para terminar este proyecto de investigación, él siempre significará todo para nosotros y cada logro que alcancemos será en su nombre y a Mauro Salazar Cárdenas por darnos la confianza de creer en nuestros ideales para nunca rendirnos. De la misma forma a Dios por habernos brindado la fortaleza para seguir adelante frente a las adversidades, de la misma forma se lo dedicamos a nuestras madres Susana Aspajo Rojas y Elvira Lozano Torres, quienes siempre confiaron en nosotros y nos brindaron la fortaleza para seguir adelante junto a nuestros hermanos, sobre todo a Liseth Yarin Aspajo que de la misma forma nos brindó su gran apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro asesor de taller de tesis Ing. Carlos Alberto Alva Huapaya, por haber compartido con nosotros su valioso conocimiento y enseñanza, así mismo por su gran muestra de apoyo y dedicación en que culmináramos con éxito esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFOEME SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema General	13
1.2.1 Formulación de los problemas Específicos	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1 Objetivos Específicos	14
1.4. Hipótesis	15
1.4.1 Hipótesis Específicas	15
1.5. Justificación	15
1.6. Antecedentes	16
1.7. Marco teórico	24
1.7.1. Estrés hídrico	24
1.7.2. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR)	24

1.7.3.	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua	26
1.7.4.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puente Piedra	27
1.7.5.	Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)	27
1.7.6.	Aguas Residuales	27
1.7.7.	Carga Contaminante	28
1.7.8.	Parámetros físicos y químicos	28
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		31
2.1	Diseño de la Investigación	31
2.2	Población y Muestra	31
2.3	Técnicas e Instrumentos	32
2.4	Procedimiento de análisis de datos	33
2.5	Aspectos éticos	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS		40
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		69
4.1	Discusiones	69
4.2	Limitaciones	73
4.3	Implicancias	73
4.4	Conclusiones	74
REFERENCIAS		77
ANEXOS		84
ANEXO N° 1		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	25
Tabla 2.....	26
Tabla 3.....	34
Tabla 4.....	35
Tabla 5.....	37
Tabla 6.....	57
Tabla 7.....	58
Tabla 8.....	59
Tabla 9.....	60
Tabla 10.....	61
Tabla 11.....	61
Tabla 12.....	62

Índice de figuras

Figura 1	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de potencial de hidrógeno (pH) según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	40
Figura 2	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de potencial de hidrogeno (pH).....	41
Figura 3	Unidad hidrográfica Chillón: Valores de Aceites y grasas según categoría 3 subcategoría D1,20122021.....	42
Figura 4	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Aceites y grasas.....	43
Figura 5	Unidad hidrográfica Chillón: Demanda Bioquímica de Oxígeno según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	44
Figura 6	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	44
Figura 7	Unidad hidrográfica Chillón: Demanda Química de Oxígeno según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	45
Figura 8	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Demanda Química de Oxígeno.....	46
Figura 9	Unidad hidrográfica Chillón: Oxígeno Disuelto según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	47
Figura 10	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Oxígeno Disuelto.....	48
Figura 11	Unidad hidrográfica Chillón: Coliformes termotolerantes según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	49
Figura 12	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Coliformes termotolerantes.....	49
Figura 13	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cadmio según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	50
Figura 14	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cobre según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	51
Figura 15	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cromo según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	52
Figura 16	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Hierro según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	53
Figura 17	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Manganeso según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	54
Figura 18	Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Plomo según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021.....	55

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el impacto de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón, para ello se utilizó los monitoreos participativos de la ANA de los años 2012 al 2021 en la estación Rchil13, Rchil14, Rchil15, Rchil18 y el trabajo en campo en el EF01 (efluente), P01 (aguas arriba), P02 (aguas abajo) donde se analizaron los parámetros fisicoquímicos y biológicos. El resultado de los parámetros que excedieron los ECA fueron el pH, aceites y grasas, DBO₅, DQO, OD, coliformes termotolerantes, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso y plomo, así mismo los parámetros que excedieron los LMP fueron los aceites y grasas y los coliformes termotolerantes sobrepasando 1.3 y 5 veces respectivamente con elevada carga contaminante en el efluente. Por otro lado, el resultado del ICA-PE fue de estado de calidad “MALO” en todas las estaciones de monitoreo, concluyendo que la calidad de agua en la cuenca baja del río Chillón se encuentra amenazada por los diversos efectos de origen antrópico, lo cual resulta siendo no es apta para consumo humano ni para regadío o uso recreacional.

PALABRAS CLAVES: Calidad de agua, Carga contaminante, Índice de Calidad del Agua, Monitoreo de agua, Impacto de efluentes

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La calidad y cantidad de los recursos hídricos a nivel mundial, está siendo aprovechado día a día por el ser humano para diversos tipos de usos como el abastecimiento del servicio de agua para consumo humano, sistemas de riego, actividades industriales y domésticas, conservación de los ecosistemas y protección del recurso hídrico, siendo este un recurso indispensable, asimismo el 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, por lo que el 97.5% es agua salada y el 2.5% es agua dulce, es por ello que su disponibilidad se ve relacionado con el crecimiento de la población humana, así mismo la calidad del agua es fundamental para lograr el bienestar humano, sin embargo el recurso hídrico se está viendo afectado debido a las malas prácticas del ser humano como lo es la contaminación y su posterior deterioro de la calidad del agua (Coto & Salgado, 2010).

El agua superficial disponible en el Perú es abundante, se cuenta con 159 unidades hidrográficas por las que escurren 1 935 621 metros cúbicos al año, siendo uno de los 20 países más ricos del mundo en este recurso, sin embargo su calidad es crítica y deficiente en algunas regiones hidrográficas, por lo que una de las causas es el insuficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, lo cual indica que el 86% de estas aguas son vertidas a los cuerpos receptores sin recibir ningún tipo de tratamiento (MINAM, 2015).

Las constantes descargas que se vierten a los diferentes ríos en el departamento de Lima, es lo que deteriora la calidad del agua junto con el incremento de residuos de origen antrópico, efluentes industriales y domésticos que en la mayoría de los casos sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP), siendo

el río Chillón una de las segundas fuentes hídricas más afectadas y contaminadas (Vargas, 2015).

Es por ello que, “El río Chillón presenta 56 fuentes de contaminación identificadas en las que podemos resaltar los vertimientos de aguas industriales sin autorización con una cantidad de 31” (Autoridad Nacional del agua, 2019).

La cuenca del río Chillón es una de las tres cuencas más importantes de la ciudad de Lima, sus aguas debidamente tratadas se utilizan para el consumo poblacional, agricultura e industria, como consecuencia de las descargas de efluentes líquidos directamente al río sin tratamiento previo por parte de diversas industrias asentadas en la zona, se han registrado en los últimos años altas concentraciones de contaminantes en la cuenca baja del río Chillón, lo cual se estaría poniendo en riesgo la calidad de este recurso hídrico (Herrera & Terrones, 2015).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Puente Piedra de Sedapal vierte diariamente grandes cantidades de aguas residuales en la cuenca baja del río Chillón, específicamente en mayor proporción en los meses de abril a diciembre, esto ha producido que en los últimos años, debido al colapso y sobrecarga de su capacidad de tratamiento e infraestructura, resultan siendo insuficientes para tratar grandes volúmenes de agua, esto origina que los efluentes tratados que se vierten al cuerpo receptor excedan los Límites Máximos Permisibles (LMP) y por ello no se cumplan con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, contaminando así en gran magnitud el río Chillón formando parte del deterioro de su calidad, así mismo la emanación de olores desagradables de los

efluentes que resultan causando problemas y conflictos en las poblaciones aledañas (OEFA, 2014).

La calidad de agua de los recursos hídricos es un tema muy frecuente a nivel nacional e internacional, es por ello que la pregunta de investigación es ¿Cuáles son los impactos de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón? siendo el propósito del estudio determinar el impacto de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón, teniendo como variable los efluentes de la PTAR Puente Piedra, unidad de estudio la calidad de agua del río Chillón, delimitación geográfica y temporal la cuenca del río Chillón en el mes de abril del 2021.

1.2. Formulación del problema General

¿Cuáles son los impactos de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón?

1.2.1 Formulación de los problemas Específicos

- ¿De qué manera evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres?
- ¿Cómo calcular el Índice de calidad de agua (ICA) de la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres?

- ¿De qué manera determinar la carga contaminante del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Puente Piedra?
- ¿Cómo elaborar una propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres?

1.3. Objetivos

Determinar el impacto de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón, 2021

1.3.1 Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres
- Calcular el Índice de calidad de agua (ICA) de la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres
- Determinar la carga contaminante del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Puente Piedra
- Elaborar una propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres

1.4. Hipótesis

Los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra impactan negativamente en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón.

1.4.1 Hipótesis Específicas

- Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río chillón exceden la normativa peruana para los Límites Máximos Permisibles de efluentes y los Estándares de Calidad Ambiental para agua
- El Índice de calidad de agua (ICA) determina la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres
- Los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Puente Piedra presentan una elevada carga contaminante
- La propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales del río Chillón alcanza su buena calidad entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres

1.5. Justificación

La presente investigación se centra en la calidad de la cuenca baja del río Chillón que se encuentra impactado negativamente por los efluentes domésticos e industriales, a parte de la presencia de residuos sólidos domésticos y de material de construcción (escombreras); sin embargo, en mayor proporción de contaminación se suma a esta alteración de la calidad del río Chillón, los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra, debido específicamente a su débil capacidad de optimización del sistema de tratamiento que presenta la referida PTAR, además que esta se encuentra colapsada, por lo que sus efluentes

son vertidos al río Chillón con elevada carga contaminante. Es por ello la decisión en desarrollar esta investigación para conocer las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos que exceden la normativa peruana de los Límites Máximos Permisibles de efluentes y Estándares de Calidad Ambiental para agua, por lo que se pretende entonces brindar una evaluación y análisis actual del estado de la calidad del agua del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres, así como aportar información valiosa para las futuras investigaciones en la cuenca baja del río Chillón y generar conocimientos que ayuden al mejoramiento y optimización de la PTAR de Puente Piedra.

1.6. Antecedentes

- Antecedentes Internacionales
- Carrillo & Urgilés (2016) en su tesis “Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig” tuvo como objetivo principal determinar la contaminación fisicoquímica y microbiológica en los ríos Mazar y Pindilig, mediante la metodología del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA-NSF) en la zona de estudio, el cual hicieron uso del análisis estadístico en tres estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de turbiedad fue entre 6.1 y 228 NTU, temperatura con 14.98 °C, pH con 7.46 a 7.98, fosfatos con 0.186 a 2.991 mg/L, nitratos con 0.205 a 0.332 mg/L, sólidos disueltos totales con 65 a 78 mg/L, oxígeno disuelto con 7.9 a 8.30 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno con 0.53 a 1.03 mg/L, coliformes fecales (E. coli) con 220 a 14000 NMP/ 100 mL, finalmente se concluyó que el índice de la calidad de agua en los ríos Mazar y Pindilig fueron de 60.62 y 88.56 siendo de mediana calidad y buena

calidad respectivamente, el cual significó que los ríos se encontraron en un estado de salud moderado a bueno.

- Gualdrón (2016) en su investigación “Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos” tuvo como objetivo evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos en los ríos de Colombia, mediante la metodología del índice de calidad de agua (IQA) en la zona de estudio, el cual hicieron uso del método estadístico BMWP en cinco estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de conductividad fue de 54.5 uS/cm, sólidos disueltos totales con 190 mg/L, turbiedad 49.9 NTU, temperatura con 22.5 °C, pH con 7.2, nitratos con 3.13 mg/L, fosfatos con 0.69 mg/L, oxígeno disuelto con 9.57 mg/L, DBO₅ con 6.76 mg/L, DQO con 33.2 mg/L, por lo tanto se concluyó que el índice de la calidad de agua en el río de Colombia fue de 4.33 siendo de mala calidad y encontrándose altamente contaminado, así mismo la variable BMWP/col presentó un valor de 76.1 siendo de calidad moderada representando aguas ligeramente contaminadas.

- Aguilar & Solano (2018) en su estudio titulado “Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (Icomo) e caño grande, localizado en Villavicencio - Meta” tuvo como objetivo evaluar el impacto de los vertimientos de las aguas residuales, mediante la metodología del índice de contaminación (ICOMO) el cual se analizó en tres estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de pH fue de 7.9, conductividad con 232 uS/cm, oxígeno disuelto con 7.4 mg/L, temperatura con 24.3 °C, DBO₅ con 4 mg/L y coliformes totales con 15531 NMP/100mL excediendo este último los ECA, el cual se concluyó que el

índice de calidad de agua fue entre media y buena con un promedio de 4.8, debido a los aportes de la materia orgánica de los vertimientos domésticos que impactan en el río.

- Gil, Montaña & Vizcaino (2018) en su trabajo de tesis “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela” tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Guarapiche y encontrar las soluciones para el manejo adecuado de este, mediante el índice de calidad del agua, el cual se aplicó el análisis estadístico en dos estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de oxígeno disuelto fue entre 2.54 a 9.9 mg/L, temperatura con 26.31 °C, pH con 7.5 a 8.02, nitratos con 13.2 mg/L, sulfato con 40 mg/L, hierro con 2.55 mg/L, coliformes fecales con 11000 NMP/100ml, por lo que se concluyó que las aguas del río Guarapiche en la cuenca media y baja fue alterado por las actividades antropogénicas, el cual necesitó realizarse un tratamiento previo antes de ser consumido por los pobladores de la zona.

- Cabarcas & Medina (2019) en su trabajo de grado “Evaluación del Índice de Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Atlántico, Colombia” tuvo como objetivo evaluar el índice de riesgo de calidad del agua, mediante la metodología del índice de calidad de agua (ICA) en la zona de estudio, el cual hicieron uso del análisis estadístico en tres estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de sólidos disueltos totales fue entre 25 a 40 mg/L, temperatura con 45 °C, pH con 7.05 a 7.63, fosfatos con 2.622 mg/L, nitritos con 0.235 mg/L, por lo que se concluyó que el índice de la calidad de agua fue de 53,63 siendo de calidad media con un nivel de riesgo medio.

- Fernández & Guardado (2020) en su investigación “Evaluación del Índice de Calidad del agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba” tuvo como objetivo evaluar la

calidad del agua, mediante la metodología del índice de calidad del agua superficial en la zona de estudio, el cual hicieron uso del análisis de estadística multivariada en veinte puntos de muestreo, por lo que se calculó el ICAsup con un valor mínimo de 14 y 35 siendo contaminada, por lo que se concluyó que la calidad de las aguas están siendo degradadas debido a la alta carga contaminante proveniente de las descargas domésticas e industriales.

- Cárdenas (2020) en su tesis “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF” tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza, mediante la metodología del índice de calidad del agua en la zona de estudio, el cual se aplicó el análisis estadístico en cuatro puntos de monitoreo. El resultado para el parámetro de pH fue entre 8.48 a 8.3, temperatura con 18.2°C, turbiedad con 222.4NTU, fosfatos con 2.63 mg/L, nitratos con 1.37 mg/L, sólidos disueltos totales con 90.2 mg/L, oxígeno disuelto con 86%, DBO5 con 2.4 mg/L y coliformes fecales con 2300 NMP/100ml, por lo que se calculó el ICA con un valor mínimo de 60.24 y 73.63 siendo de regular a buena respectivamente, concluyendo que las aguas se pueden utilizar para fines recreativos, turismo y riego agrícola.

- Antecedentes Nacionales
- Palomino (2018) en su investigación “Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca 2016” tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en el río Mashcón, mediante el uso del análisis estadístico en cinco estaciones de muestreo. El resultado para el parámetro de turbiedad fue entre 6.1 y 228 NTU, temperatura con 14.98 °C, pH fue de 7.40, sólidos disueltos con 290 mg/L, temperatura con 14°C, cloruro con 0.92 mg/L, sólidos suspendidos con 3.2 mg/L, coliformes totales con 1400 NMP/ 100 mL,

demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) con 2 mg/L y demanda química de oxígeno (DQO) con 8 mg/L, por lo que se concluyó que los coliformes totales, DBO_5 y DQO exceden los estándares de calidad ambiental representando así que la calidad de agua es deficiente.

- Huaynate (2018) en su investigación “Identificación de los vertimientos y sus impactos ambientales en las aguas residuales domésticas generadas por la población de Rancas – distrito de Simón Bolívar – provincia de Pasco” tuvo como objetivo diagnosticar los vertimientos y sus impactos ambientales en el río San Juan, mediante la metodología de análisis de datos estadísticos en tres estaciones de monitoreo. El resultado para el parámetro de pH fue de 8.66, turbidez con 1.49 NTU y coliformes fecales con 180 NMP/100mL, por lo que se concluyó que todos los parámetros cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, en donde se evidenció que los vertimientos en el río son controlados reduciendo así el impacto de este cuerpo receptor.

- Puerta (2019) en su estudio titulado “Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA – PE” tuvo como objetivo determinar el estado de calidad del agua proveniente de los ríos Mayo y Huallaga, mediante la metodología del índice de calidad del agua (ICA - PE) donde se usó el análisis estadístico mediante la distribución t de Student en tres estaciones de monitoreo; sin embargo resultó que los parámetros fisicoquímicos cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mientras que los parámetros microbiológicos de coliformes termotolerantes exceden la normativa del ECA, finalmente se concluyó que la calidad de agua del río Huallaga es constantemente amenazada e influenciada significativamente por la calidad del río Mayo con índice de calidad de ambiental de 36.74 siendo de calidad malo.

- Jimenez & Llico (2020) en su investigación “Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el Índice de calidad ambiental para agua, Cajamarca 2019” tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua del río Muyoc según ICA-PE, mediante la metodología del índice de calidad del agua en la zona de estudio, el cual muestrearon en tres puntos de monitoreo, por lo que se calculó el ICA con un valor de 79.040, por lo que se concluyó que la calidad del agua es de nivel bueno, sin embargo solo los cloruros sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

- Salazar (2020) en su tesis “Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015 - 2019” tuvo como objetivo evaluar el impacto de las aguas residuales sobre la calidad de agua del río Tarma, mediante la metodología de análisis estadístico junto con el protocolo de monitoreo de aguas analizadas en cuatro puntos de monitoreo. El resultado para el parámetro de oxígeno disuelto fue de 4.26 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno con 34 mg/L, sólidos suspendidos con 75 mg/L, coliformes totales con 4600 NMP/100mL y conductividad eléctrica con 300uS/cm, por lo que se concluyó que solo los sólidos suspendidos y la conductividad eléctrica cumplieron con los Estándares de calidad ambiental (ECA) de modo que la calidad de agua del río Tarma es buena por lo que existen un menor impacto negativo por parte de los vertimientos.

- Antecedentes Locales

- Alvarez (2017) en su investigación “Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla Moringa (Moringa Oleífera) como coagulante orgánico en la cuenca baja del río Chillón – Carabayllo 2017” tuvo como objetivo evaluar el tratamiento de la calidad de agua en el río Chillón, mediante la metodología de análisis de datos para la eficiencia del coagulante Moringa, por lo que se usó el protocolo nacional para monitoreo

de recursos hídricos. El resultado para el parámetro pH fue de 7.50, conductividad con 1261 uS/cm, sólidos disueltos con 580 mg/L, temperatura con 19.2 °C y turbiedad con 589 NTU de los cuales excedieron la normativa de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), por lo tanto, se concluyó que el río Chillón presenta altos niveles de parámetros físicos y químicos, es por ello que se emplea semilla Moringa como método alternativo para el tratamiento de aguas superficiales.

- Tapia (2017) en su estudio “Impacto ambiental al recurso hídrico de la cuenca media del río Rímac a consecuencia de la minería, en el distrito Ricardo Palma, Chosica 2017” tuvo como objetivo determinar la calidad de agua en el río Rímac, mediante la metodología de análisis de datos para la prueba de test de normalidad y de hipótesis analizados en cuatro puntos de monitoreo con un volumen de 2L por cada muestra, por lo que el índice de calidad ambiental (ICA) resultó con un valor de 53.6 lo cual demostró la presencia de contaminación en la cuenca media, finalmente se concluyó que la concentración de contaminantes evaluados no superó los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 3, sub categoría D1 y D2, siendo de calidad buena, lo cual puede usarse para riego de vegetales.

- Gutiérrez & Linares (2018) en su propuesta de investigación “Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del río Chillón distrito de Puente Piedra en el año 2018” tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación en el río Chillón, donde se hizo uso de la técnica del número más probable (NMP) y análisis estadístico que se analizaron en 34 muestras de agua, lo cual presentó olores característicos y coloración turbia así mismo los parámetros microbiológicos de coliformes totales fue de 378.16 ± 96.03 UFC/100 mL y E. coli con 107.22 ± 43.16 UFC/100mL que superaron los

límites máximos permisibles donde se concluyó que la calidad del río es deficiente y se encuentra en deterioro por lo que no es apta para consumo humano sin tratamiento.

- Contreras (2019) en su estudio “La contaminación por hierro-plomo y su afectación en parámetros de calidad del agua en el río Chillón, estación San Diego – Noviembre, 2018” tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua superficial en el río Chillón, mediante la metodología de análisis estadístico descriptiva e inferencial junto con técnicas de absorción atómica y electrodos selectivos, por lo que resultó que el hierro y el plomo con valores de 1.5 mg/L y 0.17 mg/L respectivamente cumplieron los Estándares de calidad ambiental (ECA), así mismo los cloruros con 508.36 mg/L, conductividad con 1.62 mS/cm y el oxígeno disuelto (OD) con 7.78 mg/L siendo un nivel de riesgo moderado, mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con 887.32 mg/L presentó un nivel de riesgo alto, finalmente se concluyó que el nivel de contaminación por hierro y plomo no afectó la presencia de cloruros, OD, DQO y conductividad siendo de riesgo moderado.

- Díaz (2019) en su trabajo de tesis “Determinación de variables con mayor impacto en la calidad de agua de la cuenca baja del río Chillón” tuvo como objetivo determinar la calidad de agua en el río Chillón, mediante la metodología del Índice de Calidad ambiental del agua (ICA) y el software RapidMiner que estudiaron en seis estaciones de monitoreo, por lo que el ICA determinó que la calidad de agua se encuentra entre mala y pésima, los parámetros microbiológicos para Coliformes Termotolerantes y el parámetro físico de conductividad excedieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), finalmente se concluyó que tanto los coliformes termotolerantes como la conductividad afectaron la calidad de agua que se debió a su elevada carga contaminante siendo variables de mayor afectación en la cuenca baja del río Chillón.

- Pacherras (2019) en su investigación “Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos” tuvo como objetivo determinar la calidad de agua de los parámetros físico-químicos en los ríos Chillón, Rímac y Lurín, mediante la metodología de análisis de datos para el nivel de concentración que analizaron en cinco estaciones de muestreo con un total de 105 muestras de agua, por lo que resultó que las concentraciones de cobre, plomo, cadmio y pH sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, así mismo los parámetros microbiológicos donde se encontraron 8 cepas excedieron el ECA mientras que la demanda bioquímica de oxígeno cumplió el ECA, finalmente se concluyó que en el río existió una alta concentración de contaminantes debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas y municipales sin tratamiento.

1.7. Marco teórico

1.7.1. Estrés hídrico

Se da cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible, muchas veces es conocida también como escasez de agua, es por ello que empiezan a haber conflictos entre usuarios e insatisfacción de estos, generando competencias económicas por la cantidad y calidad del agua (FAO, 2017).

1.7.2. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR)

“Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o

puede causar daños a la salud, al bienestar y al ambiente” (Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, 2010, Artículo 2).

Tabla1

Límites máximos permisibles para PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6,5-8,5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Nota. Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>

1.7.3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua

“Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo” (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017, Artículo 31).

Tabla2

ECA, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

PARÁMETRO	UNIDAD	D1: Riego de vegetales
Aceites y grasas	mg/L	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4
pH	unidad	6,5 – 8,5
Temperatura	°C	Δ3
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000

Nota. Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

1.7.4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puente Piedra

La PTAR de Puente Piedra fue un proyecto impulsado por la empresa estatal SEDAPAL, para tratar los desagües provenientes de los distritos de Carabayllo, Los Olivos, San Martín de Porres, Ventanilla y Puente Piedra. Como parte de su infraestructura, actualmente opera con un caudal promedio de tratamiento de 671 L/s con dos canales laterales, la referida PTAR cuenta con los siguientes sistemas de tratamiento que son: Pretratamiento (rejas y desarenador), Tratamiento biológico (lodos activados), Desinfección (aplicación de cloro), todo esto con la finalidad de eliminar y descontaminar las aguas que llegan a la planta, teniendo como resultado un efluente apto para riego en la zona agropecuaria y áreas verdes (Observatorio del agua Chillón Rímac Lurín, 2016).

1.7.5. Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)

“Constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua, siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0-100” (Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, 2018, p. 8).

1.7.6. Aguas Residuales

Son aquellos residuos líquidos que poseen altas concentraciones de contaminantes que se dan como resultado de la mezcla de las actividades domésticas e industriales que son conducidas por el alcantarillado, requiriendo un tratamiento previo antes de ser vertidos a los cuerpos de agua, de lo contrario se convierte en una potencial amenaza para todo ser vivo (OEFA, 2014).

1.7.7. Carga Contaminante

“Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día” (Secretaría de Ambiente, 2021, p. 5).

$$CC = Q * C * 0,0036 * t$$

Dónde:

CC = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

1.7.8. Parámetros físicos y químicos

Aceites y grasas (mg/L)

“Cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente. La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado” (Ministerio de Energía y Minas, 2010, p. 7).

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

Son bacterias que se encuentran en los desechos humanos y animales por lo que la presencia de estos organismos en cuerpos de agua nos indica contaminación fecal (MINEM, 2010).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

“Es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener CO₂ y H₂O. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua” (MINEM, 2010, p. 7).

Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

“Es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte” (MINEM, 2010, p. 7).

Oxígeno Disuelto (mg/L)

“Medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática” (MINEM, 2010, p. 7).

pH

“Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima alcalinas)” (MINEM, 2010, p. 6).

Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)

Son aquellas partículas en suspensión después de ser filtrados en un volumen de una muestra de agua, la determinación de este parámetro se puede aplicar en aguas superficiales, residuales y potables (MINEM, 2010).

Temperatura (°C)

Es una magnitud física que indica la energía interna del medio ambiente en general. La temperatura de las aguas residuales es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno (MINEM, 2010).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la Investigación

Según Hernández et al. (2006) mencionaron que el diseño de investigación se define como “El término diseño de investigación, se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea” (p. 121), debido a que se busca explicar el impacto de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón, mediante el cual para esta investigación el diseño viene a ser no experimental, la misma que fue sustentada por Palella y Martins (2012) “El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes” (p. 87).

Entonces coincidiendo con la definición de Palella y Martins (2012) de tal manera se dice que el diseño es no experimental, ya que no abra manipulación de la variable en el ambiente habitual.

2.2 Población y Muestra

➤ Población

Según Hernández et al. (2006) indican que la población se define como “La totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades poseen características en común, las cuales se estudian y dan origen a los datos de investigación” (p. 239), siguiendo lo mencionado la población de estudio corresponde al área total de la cuenca baja del río Chillón siendo 641km^2 ($640,690,567\text{ m}^2$), así como se muestra en la ANEXO 1.

➤ Muestra

La muestra seleccionada para el presente estudio abarcó 7 puntos de muestreo, los cuales 3 de ellos corresponden a los puntos EF01 (efluente), P01 (aguas arriba), P02 (aguas abajo) y los 4 restantes corresponden a los puntos Rchil13, Rchil14, Rchil15, Rchil18 que corresponden al monitoreo participativo de la calidad de la cuenca baja del río Chillón, todos estos abarcando un área total de 0.93km^2 ($927,474\text{ m}^2$) perteneciente dentro de la cuenca baja del río Chillón, así como se muestra en el ANEXO 2.

2.3 Técnicas e Instrumentos

La presente investigación describe la recolección de información a través de una revisión sistemática de diversos artículos científicos, tesis de posgrados, monitoreos participativos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y estudios del Ministerio del Ambiente (MINAM) junto con el sistema de información geográfica Google Earth.

Por otro lado, se utilizó los siguientes informes técnicos de la ANA: informe técnico N° 099-2021-ANA-AAA.CF-AT/PMO, informe técnico N° 101-2020-ANA-AAA.CF-AT/AFP, informe técnico N° 351-2019-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/JLTV, informe técnico N° 210-2017-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/CLLC, informe técnico N° 002-2016-ANA-AAA.CF/SDGCRH, informe técnico N° 111-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV, informe técnico N° 050-2013-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/JESM e informe técnico N° 062-2012-ANA-DGCRH/MBR; todo ello fue obtenido a través del Repositorio Digital de Recursos Hídricos ubicado en la página web de la ANA. Además, se utilizó como instrumento el procedimiento del cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) aprobado por la ANA a través de la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA. Por otro lado, se llevó a cabo la técnica de trabajo en campo la cual consistió en la observación y verificación en la cuenca baja del río Chillón entre los sectores de los distritos de Puente

Piedra y San Martín de Porres, en donde se realizó el muestreo de la calidad del agua del río Chillón para posteriormente tener los resultados de análisis de los parámetros de aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), pH, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), temperatura y coliformes termotolerantes, mediante un laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Estos resultados de análisis de calidad de agua fueron evaluados con la normativa de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, aprobado por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En tanto para el muestreo de efluentes de la PTAR de Puente Piedra propiedad de Sedapal se tomaron los parámetros de aceites y grasas, DBO_5 , demanda química de oxígeno (DQO), pH, SST, temperatura y coliformes termotolerantes, los mismos que fueron evaluados a través de la normativa de los Límites Máximos Permisibles (LMP) aprobado por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

2.4 Procedimiento de análisis de datos

Los procedimientos que se realizaron en campo para el muestreo de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón, siguieron los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, las mismas que se describen a continuación:

a. Identificación de los puntos de monitoreo

Se identificaron 3 estaciones de monitoreo distribuidos como EF01 para efluente y en el cuerpo receptor P01 aguas arriba y P02 aguas abajo, así mismo en cada punto se

ubicarán las coordenadas tomadas con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) junto con la descripción de cada punto de monitoreo, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla3

Georreferenciación de los puntos de monitoreo

Punto de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM	Zona
	Efluente, en la margen izquierda de la cuenca baja del río Chillón entre los sectores Puente Piedra y San Martín de Porres. Presencia de vegetación, emanación de malos olores y residuos sólidos.	8678128N 270974E	18L
EF01			
	Río Chillón, 100 metros aguas arriba del punto de vertimiento de la PTAR de Puente Piedra, con nula vegetación en ambas riberas.	8678183N 271016E	18L
P01			
	Río Chillón, 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento de la PTAR de Puente Piedra, con alta presencia de residuos sólidos en ambas riberas.	8678241N 270813E	18L
P02			

b. Equipos de protección personal (Ver ANEXO 4)

Colocarse todos los implementos de seguridad como las botas de jebe (caña alta), guardapolvo, tyvek, mascarilla KN95, protector facial, lentes de seguridad junto con los guantes de látex antes de empezar a tomar la muestra en cada punto de monitoreo.

c. Toma de muestra (ver Anexo N°5)

Se coloca el frasco de plástico o vidrio limpio en sentido contrario a la salida del efluente a un tercio del tirante de la superficie, evitando tomar las muestras cerca de la superficie o del fondo y sedimentos, material flotante o partículas grandes. Se tomaron en total 15 muestras de agua, siendo 10 muestras en el cuerpo receptor y 5 en el efluente, con un volumen total de 12 000mL, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla4

Volúmenes de los parámetros en los puntos de monitoreo

PARÁMETROS	EF01	P01	P02	N° de frascos
	Efluente	Aguas Arriba	Aguas abajo	
Aceites y grasas	1000mL	1000mL	1000mL	3
DBO5	1000mL	1000mL	1000mL	3
DQO	500mL	NO APLICA	NO APLICA	1
SST	1000mL	1000mL	1000mL	3
Coliformes termotolerantes	500mL	500mL	500mL	3
OD	NO APLICA	500mL	500mL	2

d. Registro de información

Los parámetros que se miden en campo son la temperatura en forma inmediata, para obtener la confiabilidad de la toma de datos se requiere lo siguiente:

- Los equipos a usar deben estar correctamente calibrados antes y después de su uso
- Las mediciones no deben realizarse directamente en el flujo del agua residual
- Registrar las características de la muestra (color, olor, etc.)

e. Preservación, etiquetado, rotulado y transporte

Etiquetar o rotular los frascos antes de tomar la muestra, conteniendo la siguiente información:

- Nombre y denominación del punto de monitoreo
- Número de muestra según orden
- Fecha y hora
- Tipo de reactivo de preservación utilizado (in-situ)
- Operador del muestreo

Una vez recolectado, preservado y rotulado cada envase, se colocará en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (Ice pack).

f. Llenado de la cadena de custodia (ver Anexo N°6)

Se procede a llenar todos los datos que están dentro de la cadena de custodia como la descripción de la muestra, ensayos solicitados, parámetros en campo, responsable del muestreo, entre otros.

g. Materiales (ver Anexo N°7)

Tabla 5

Listado de materiales para el muestreo

Materiales	Equipos
-Cadena de custodia	
-Caja térmica (con hielo u otro refrigerante)	
- Cinta adhesiva	
-zapatos de seguridad	
- Equipos de protección personal (guantes de látex, botas caña alta, tyvek, guardapolvo, protector facial, lentes de seguridad y mascarilla KN95)	- Celular con cámara fotográfica -GPS - Multiparámetro
- Frascos de plástico y vidrio rotulados	
- Agua destilada	
-Plumón indeleble	

Una vez realizado los pasos anteriormente mencionados, se procedió a llevar la muestra al laboratorio PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. certificado por el instituto Nacional de Calidad (INACAL) para su posterior análisis de todas las muestras, después de 4 días hábiles se obtendrán los resultados de todos los parámetros de estudio para luego realizar el análisis y tablas estadísticas por cada punto de monitoreo y ser comparados con la normativa peruana de los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental para agua.

➤ Caracterización del área de estudio

La cuenca baja del río Chillón se ubica en el departamento de Lima entre las coordenadas geográficas de 11°18'40" hasta 11°58'17" latitud Sur y 76°23'60" hasta 77°09'60" latitud Oeste, abarca los distritos del cono norte como Puente Piedra, Carabayllo, Comas, Los Olivos, San Martín de Porres junto con la provincia constitucional del callao en Ventanilla y la provincia de Canta, abarca un área de 641km² con un área de drenaje de 1126, 14 km² a una altura de 0 y 1100 m.s.n.m. El área de estudio en donde se realiza el análisis de la presente investigación conjuntamente de los datos de los monitoreos en la cuenca baja del río Chillón por parte de la ANA, abarca una extensión de 0.93km² (927,474 m²) perteneciente a la jurisdicción de los distritos Puente Piedra y San Martín de Porres. Respecto a la hidrografía del río Chillón pertenece a la vertiente del pacífico teniendo fuente de agua superficial regulada, no regulada, subterránea y de recuperación, por otro lado respecto a sus principales características climatológicas se tiene una temperatura promedio de 14.8 °C y 34.1 °C, precipitación media entre 0°C y 1.9°C, humedad relativa media de 73.5%, velocidad del viento entre 0.9 m/s y 1.4 m/s, el resultado geomorfológico en la cuenca del chillón es por el desgaste glacial, aluvial y pluvial, que posee diversas rocas intrusivas, sedimentarias, volcánicas, metamórficas, pliegues, fallas, irregular de fuerte pendiente con fisiografía escarpada cortada, siendo las principales actividades poblacional, agrícola, industrial y pecuario (ANA, 2019).

2.5 Aspectos éticos

El presente estudio de investigación no atenta contra ningún aspecto ético ya que se realizó el estudio sin ningún tipo de riesgo que afecte en contra del ser humano ni del ecosistema, así mismo se ha respetado la información de cada autor mencionado, respetando

la norma APA 7ma edición, correctamente citados junto con las fuentes de información proporcionada por cada institución respetando su originalidad sin adulterar ni modificar el contenido, por lo que se ha mencionado todas las fuentes bibliográficas que se usaron, de modo que se realizó con el propósito de estudio y ayude en futuros proyectos de investigación.

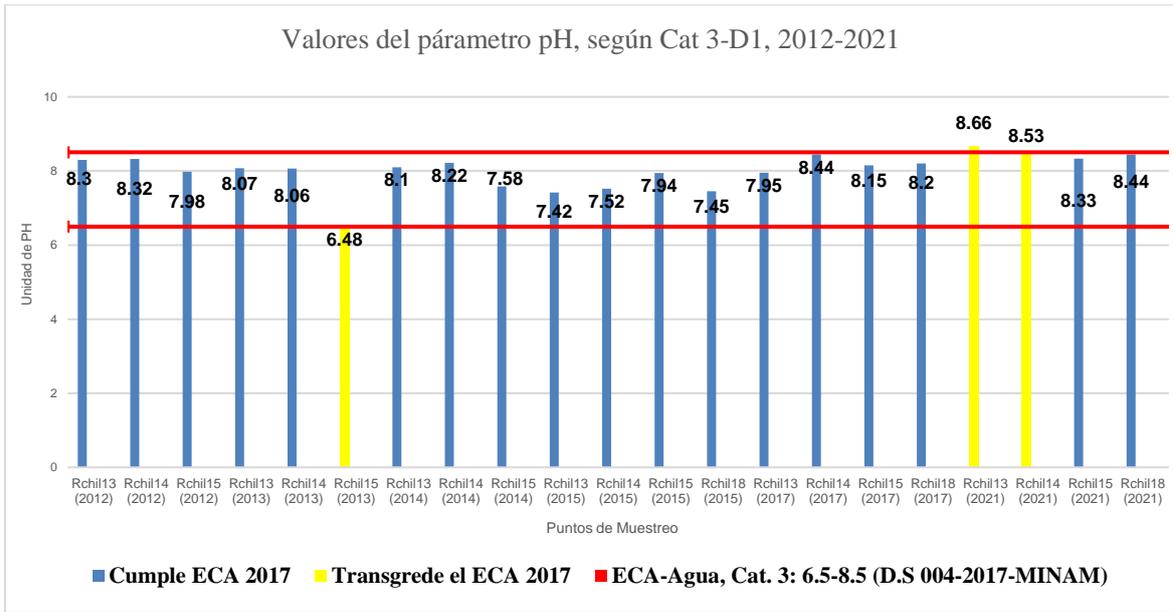
CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres

En la figura 1, el parámetro de pH presenta un valor superior al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 y Rchil14 en el año 2021 siendo ligeramente alcalino mientras que en la estación Rchil15 del año 2013 se muestra ligeramente ácido, es por ello que en la estación Rchil13 del año 2021 sobrepasa el ECA agua con 0.16 unidades de pH. Se ha verificado una ligera variación de pH en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 6.48 y un valor máximo de 8.66. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) se ha mantenido en 8.44 unidades de pH, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 2 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual se observó que el pH cumple con la normativa ECA agua en el punto P01 aguas arriba y P02 aguas abajo, por lo que la variación se ha mantenido constante en ambos, con un valor de 7.96, de igual manera en la estación EF01 efluente se cumple con la normativa de los LMP de PTAR.

Figura 1

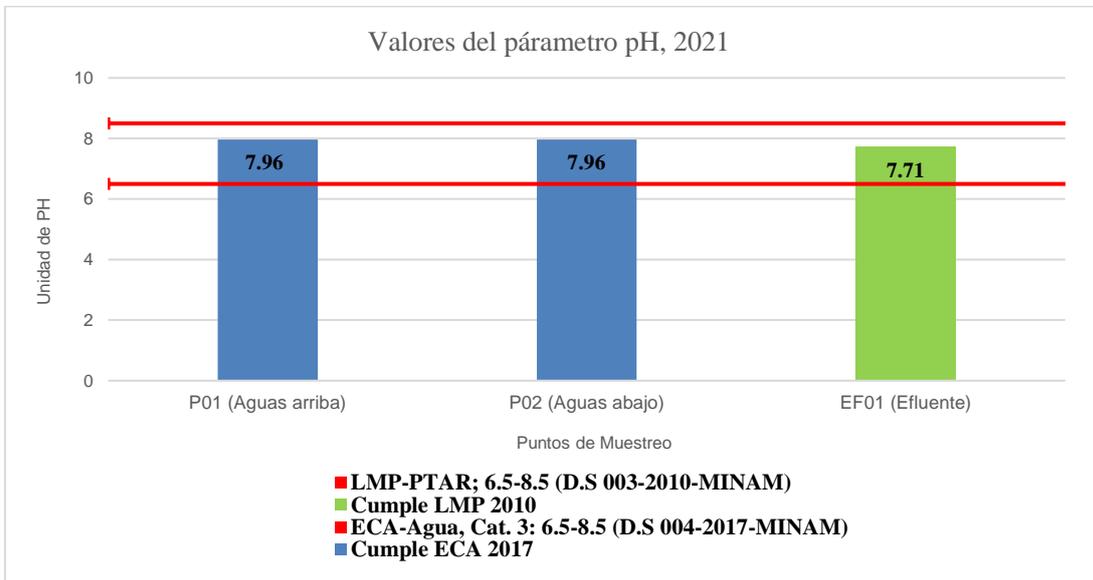
Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de potencial de hidrógeno (pH) según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 2

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de potencial de hidrogeno (pH)

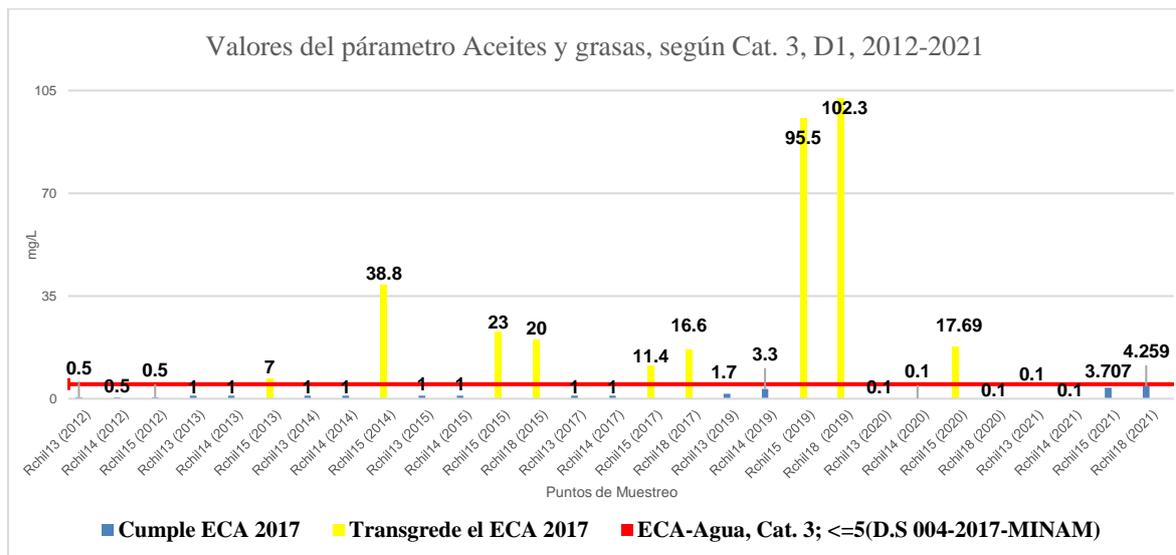


En la figura 3, el parámetro de Aceites y grasas presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos

de muestreo: Rchil15 en el año 2013, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020 y Rchil18 en el año 2015, 2017 y 2019, es por ello que en la estación Rchil18 del año 2019 sobrepasa 19.46 veces la normativa ECA agua con 97.3 mg/L de diferencia. Se ha verificado una variación considerable de aceites y grasas en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.1 y un valor máximo de 102.3. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 4.259 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 4 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual se observó que los aceites y grasas cumple con la normativa ECA agua en el punto P01 aguas arriba y P02 aguas abajo, por lo que la variación se ha mantenido constante en ambos con un valor de 4 mg/L, mientras que en la estación EF01 efluente excede la normativa de los LMP de PTAR en 0.31 veces según lo establecido.

Figura 3

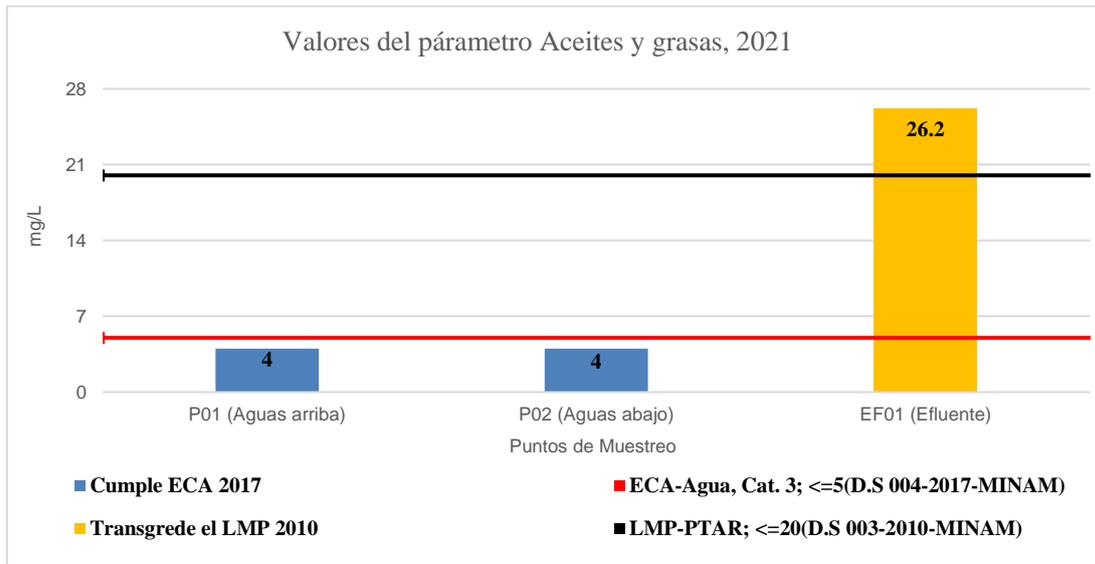
Unidad hidrográfica Chillón: Valores de Aceites y grasas según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 4

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Aceites y grasas

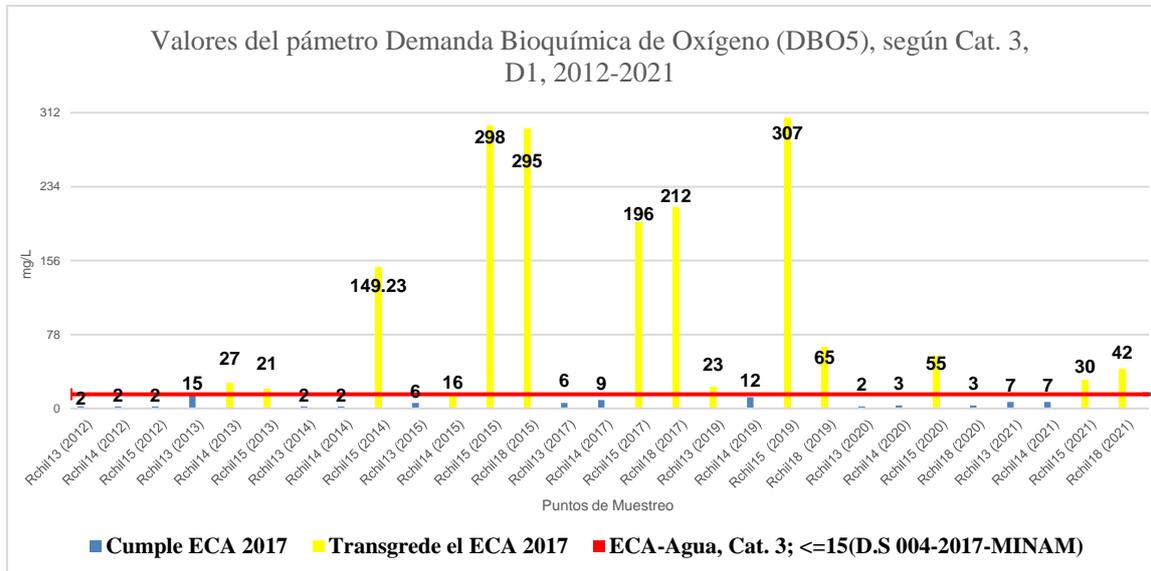


En la figura 5, el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2019, Rchil14 en el año 2013, 2015, Rchil15 en el año 2013, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 y Rchil18 en el año 2015, 2017, 2019 y 2021, es por ello que en la estación Rchil15 del año 2019 sobrepasa 19.47 veces la normativa ECA agua con 292 mg/L de diferencia. Se ha verificado una notable variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 2 y un valor máximo de 307. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha aumentado en 42 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 6 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual

se observó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno cumple con la normativa ECA agua en el punto P01 aguas arriba pero que no cumple en el P02 aguas abajo, excediendo 0.53 veces comparado con la norma con una diferencia de 8 mg/L, por lo que la variación ha aumentado del P01 al P02 con un valor de 18 mg/L, mientras que en la estación EF01 efluente si cumple con la normativa de los LMP de PTAR.

Figura 5

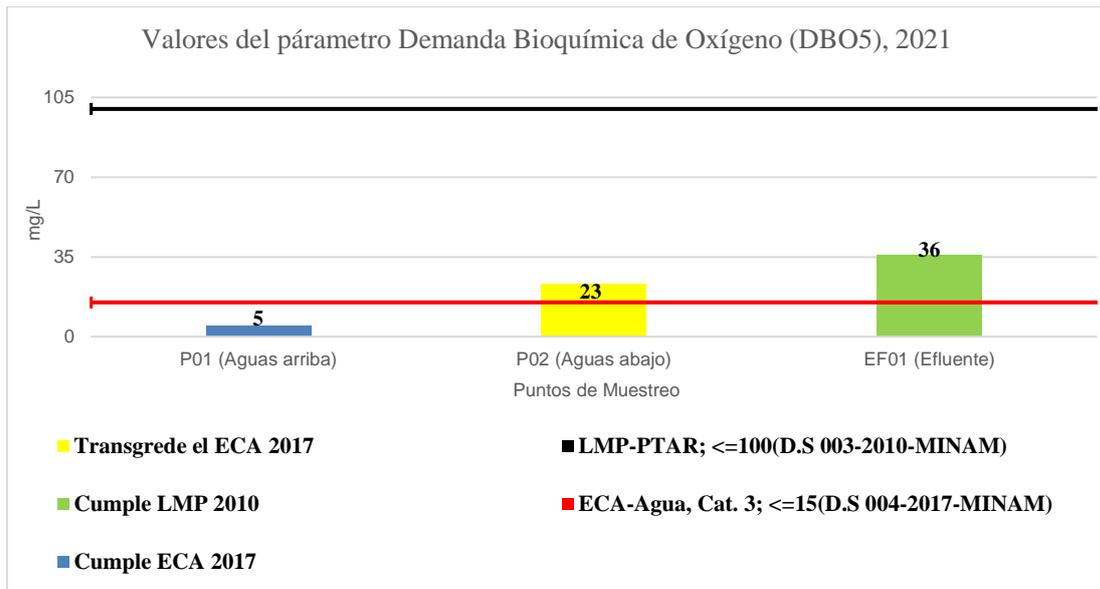
Unidad hidrográfica Chillón: Demanda Bioquímica de Oxígeno según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 6

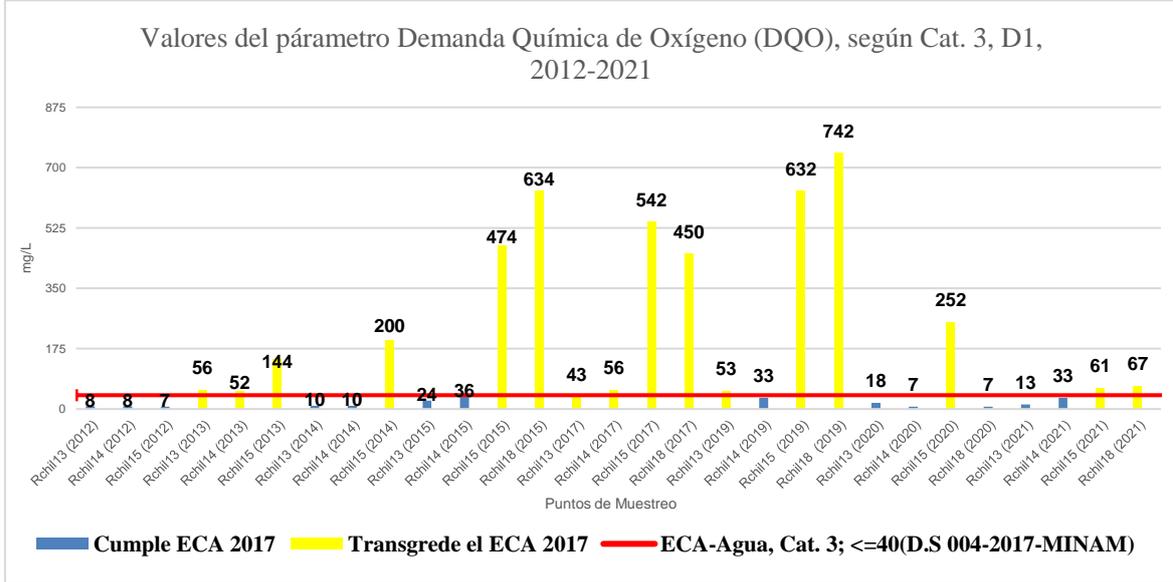
Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno



En la figura 7, el parámetro de Demanda Química de Oxígeno presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2013, 2017, 2019, Rchil14 en el año 2013, 2017, Rchil15 en el año 2013, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 y Rchil18 en el año 2015, 2017, 2019, 2021, es por ello que en la estación Rchil18 del año 2019 sobrepasa 17.55 veces la normativa ECA agua con 702 mg/L de diferencia. Se ha verificado una gran variación de la Demanda Química de Oxígeno en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 7 y un valor máximo de 742. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha aumentado en 67 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 8 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual se observó que la Demanda Química de Oxígeno en la estación EF01 efluente cumple con la normativa de los LMP de PTAR.

Figura 7

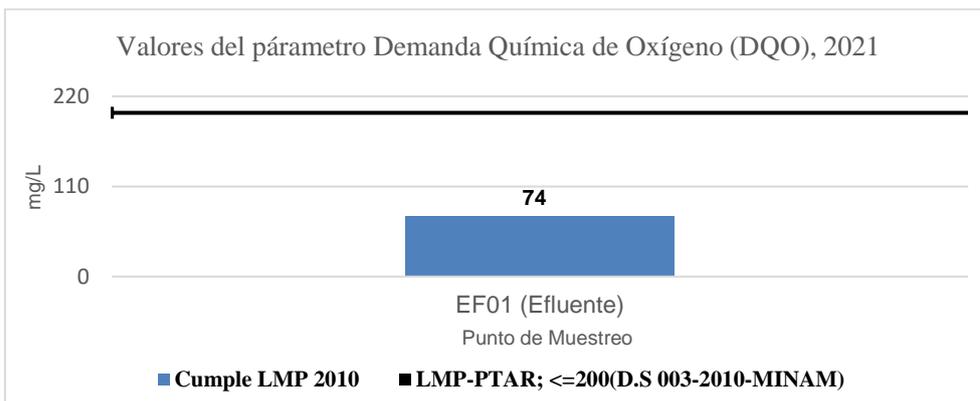
Unidad hidrográfica Chillón: Demanda Química de Oxígeno según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 8

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Demanda Química de Oxígeno

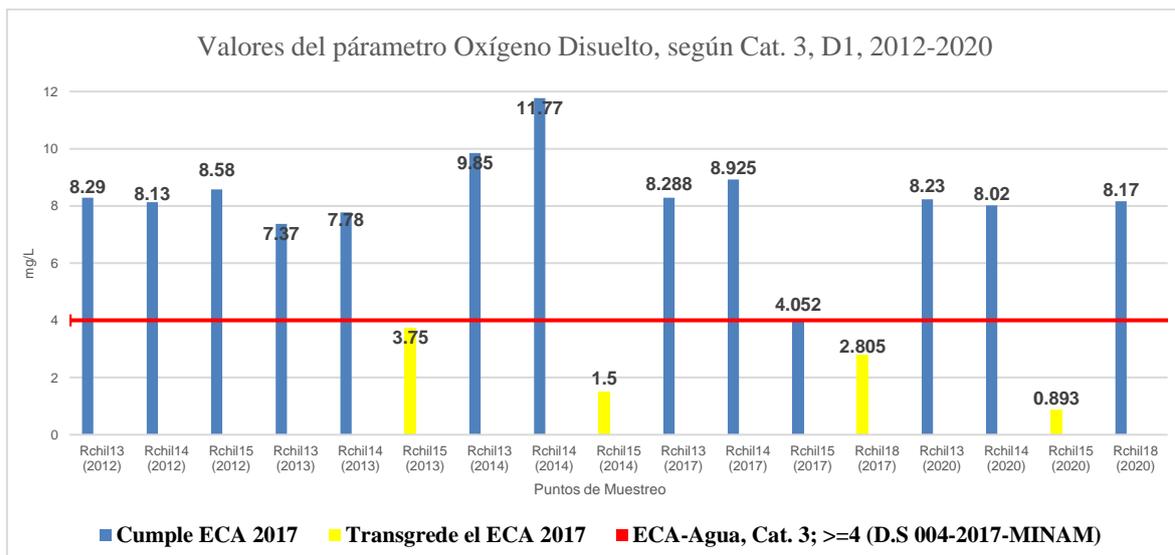


En la figura 9, el parámetro de Oxígeno Disuelto presenta un valor inferior al valor mínimo establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil15 en el año 2013, 2014, 2020 y Rchil18 en el año 2017, es por

ello que en la estación Rchil15 del año 2020 se encuentra 1.29 veces muy por debajo de la cantidad mínima requerida para el ECA con 3.107 mg/L de diferencia, presentando una ligera situación anóxica. Se ha verificado una ligera variación de oxígeno disuelto en los años 2012 al 2020 con un valor mínimo de 0.893 y un valor máximo de 11.77. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2020) ha aumentado en 8.17 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 10 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual se observó que el oxígeno disuelto cumple con la normativa ECA agua en el punto P01 aguas arriba y P02 aguas abajo, por lo que la variación ha disminuido entre los dos puntos con un valor de 1.4 mg/L, siendo el mayor valor de 5.9 mg/L.

Figura 9

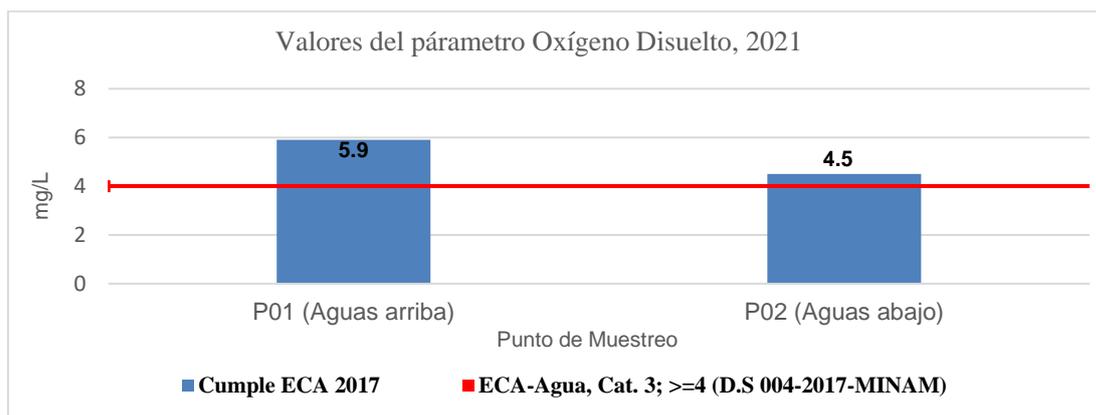
Unidad hidrográfica Chillón: Oxígeno Disuelto según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 10

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Oxígeno Disuelto

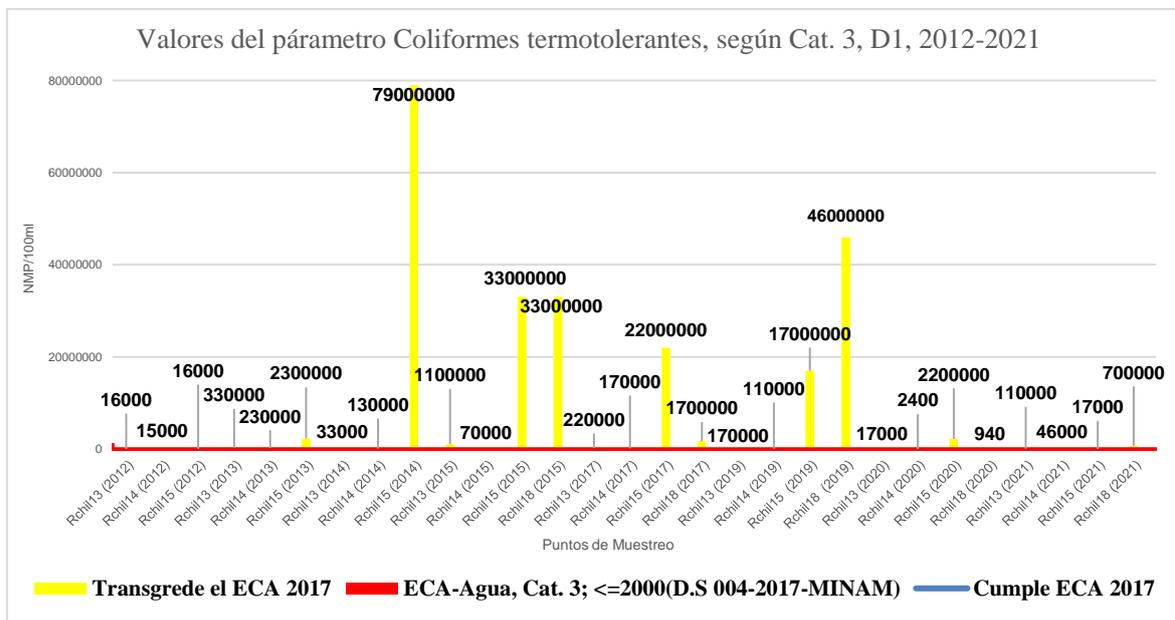


En la figura 11, el parámetro de Coliformes termotolerantes presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en todos los puntos de muestreo: Rchil13, Rchil14, Rchil15, Rchil18 desde el año 2012 al 2021 a excepción de la estación Rchil18 del año 2020 que, si cumple con la normativa, es por ello que en la estación Rchil15 del año 2014 sobrepasa 39499 veces la normativa ECA agua con 78998000 mg/L de diferencia. Se ha verificado una descontrolada variación de los coliformes termotolerantes en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 940 y un valor máximo de 79000000. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha aumentado en 700000 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental. Por otro lado, en la figura 12 se describe la evaluación de los resultados de muestreo realizados en campo el 3 de mayo del 2021, el cual se observó que los Coliformes termotolerantes no cumplen con la normativa ECA agua en el punto P01 aguas arriba y en el P02 aguas abajo, excediendo 3.7 y 54 veces

respectivamente de acuerdo a la norma, por lo que la variación ha aumentado con un valor de 100600 mg/L, mientras que en la estación EF01 efluente no cumple con la normativa de los LMP de PTAR excediendo 4.4 veces lo establecido.

Figura 11

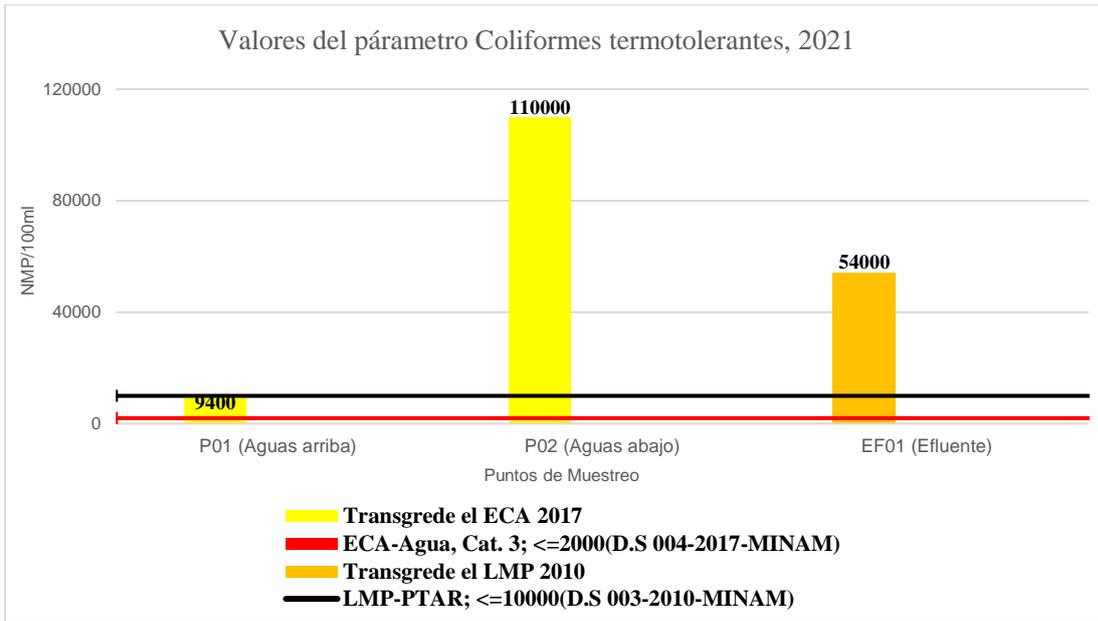
Unidad hidrográfica Chillón: Coliformes termotolerantes según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

Figura 12

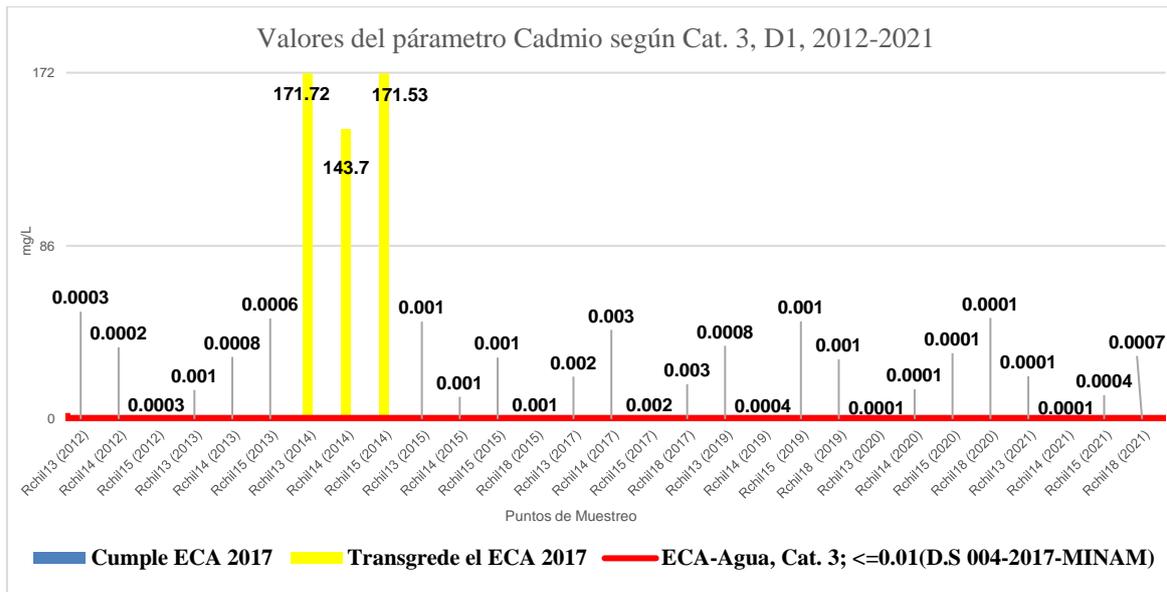
Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Coliformes termotolerantes



En la figura 13, el parámetro de Cadmio presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13, Rchil14 y Rchil15 en el año 2014, es por ello que en la estación Rchil13 del año 2014 sobrepasa 17171 veces la normativa ECA agua con 171.71 mg/L de diferencia. Se ha verificado una ligera variación de Cadmio en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.0001 y un valor máximo de 171.72. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 0.0007 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 13

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cadmio según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021

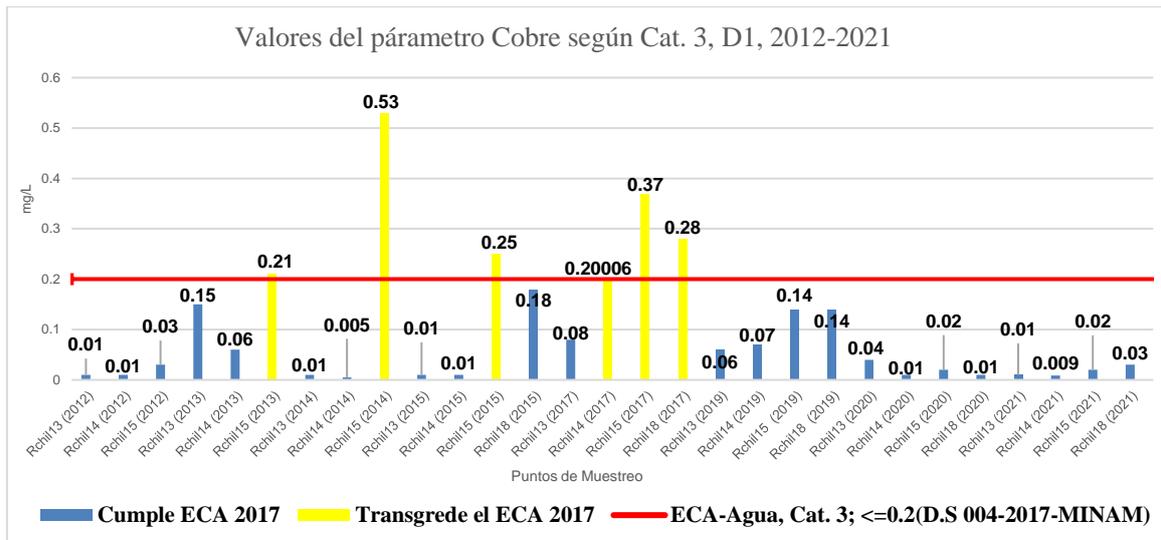


Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

En la figura 14, el parámetro de Cobre presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil14 en el año 2017, Rchil15 en el año 2013, 2014, 2015, 2017 y Rchil18 en el año 2017, es por ello que en la estación Rchil15 del año 2014 sobrepasa 1.65 veces la normativa ECA agua con 0.33 mg/L de diferencia. Se ha verificado una ligera variación de cobre en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.005 y un valor máximo de 0.53. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 0.03 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 14

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cobre según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021

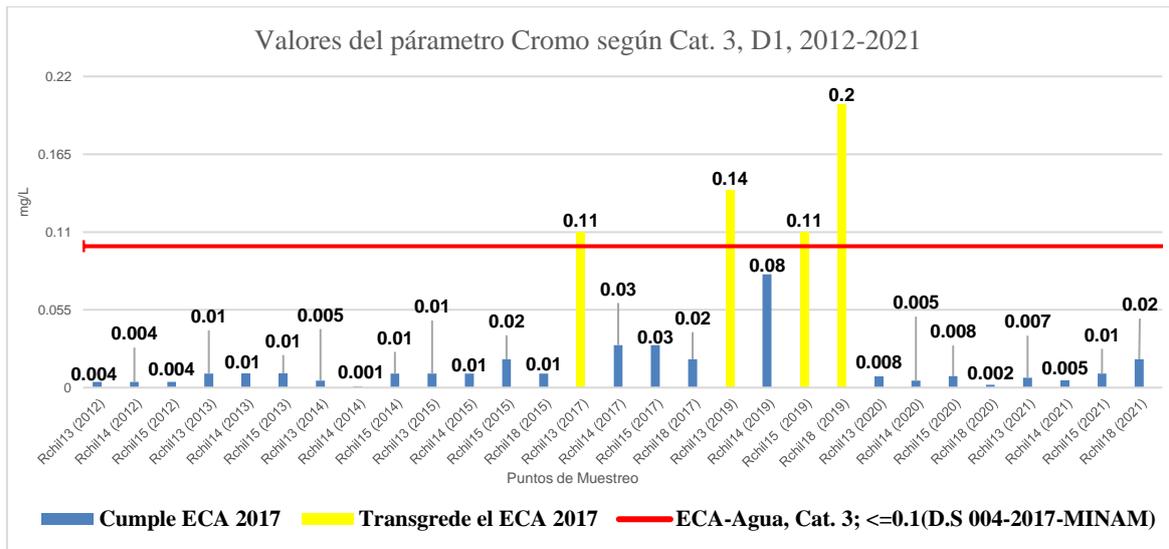


Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

En la figura 15, el parámetro de Cromo presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2017, 2019, Rchil15 en el año 2019 y Rchil18 en el año 2019, es por ello que en la estación Rchil18 del año 2019 sobrepasa 1 vez la normativa ECA agua con 0.1 mg/L de diferencia. Se ha verificado una ligera variación de cromo en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.001 y un valor máximo de 0.2. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 0.02 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 15

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Cromo según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021

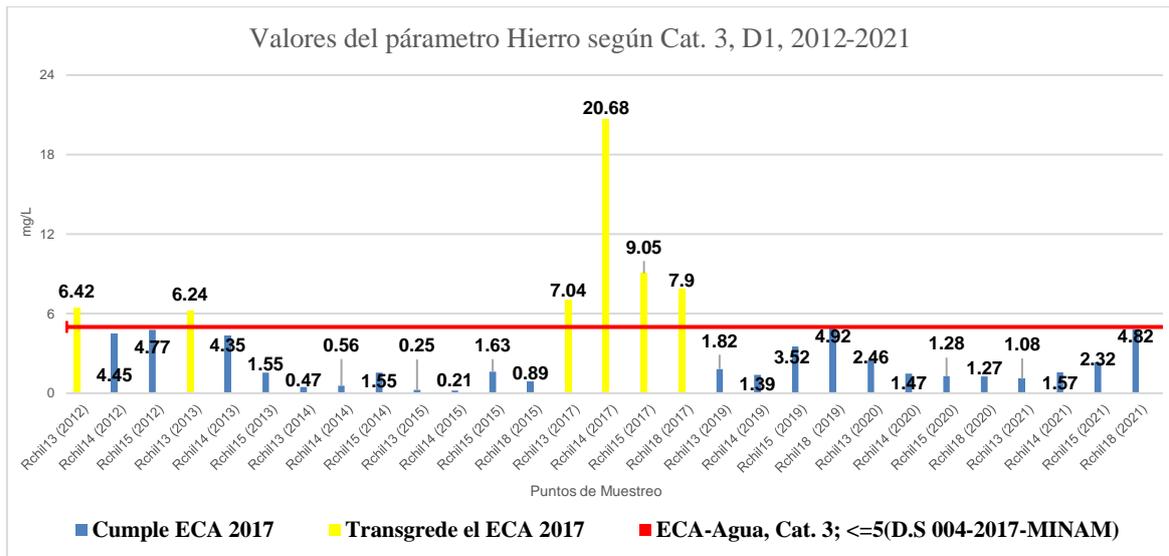


Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

En la figura 16, el parámetro de Hierro presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2012, 2013, 2017, Rchil14 en el año 2017, Rchil15 en el año 2017 y Rchil18 en el año 2017, es por ello que en la estación Rchil14 del año 2017 sobrepasa 3.14 veces la normativa ECA agua con 15.68 mg/L de diferencia. Se ha verificado una ligera variación de hierro en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.21 y un valor máximo de 20.68. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 4.82 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 16

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Hierro según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021

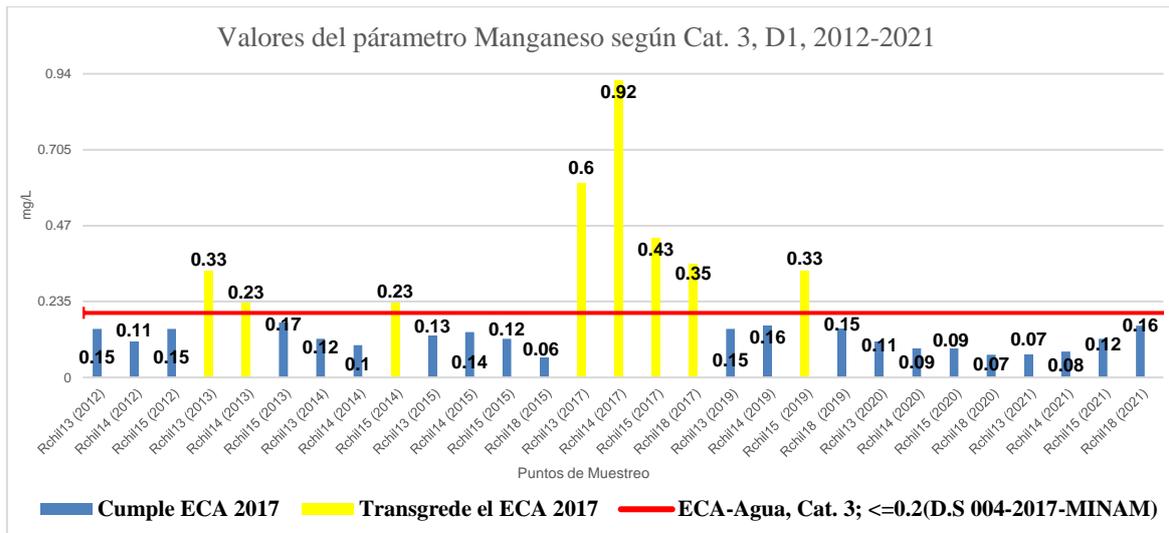


Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

En la figura 17, el parámetro de Manganeseo presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2013, 2017, Rchil14 en el año 2013, 2017, Rchil15 en el año 2014, 2017, 2019 y Rchil18 en el año 2017, es por ello que en la estación Rchil14 del año 2017 sobrepasa 3.6 veces la normativa ECA agua con 0.72 mg/L de diferencia. Se ha verificado una considerable variación de manganeseo en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.1 y un valor máximo de 0.92. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 0.16 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 17

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Manganeseo según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021

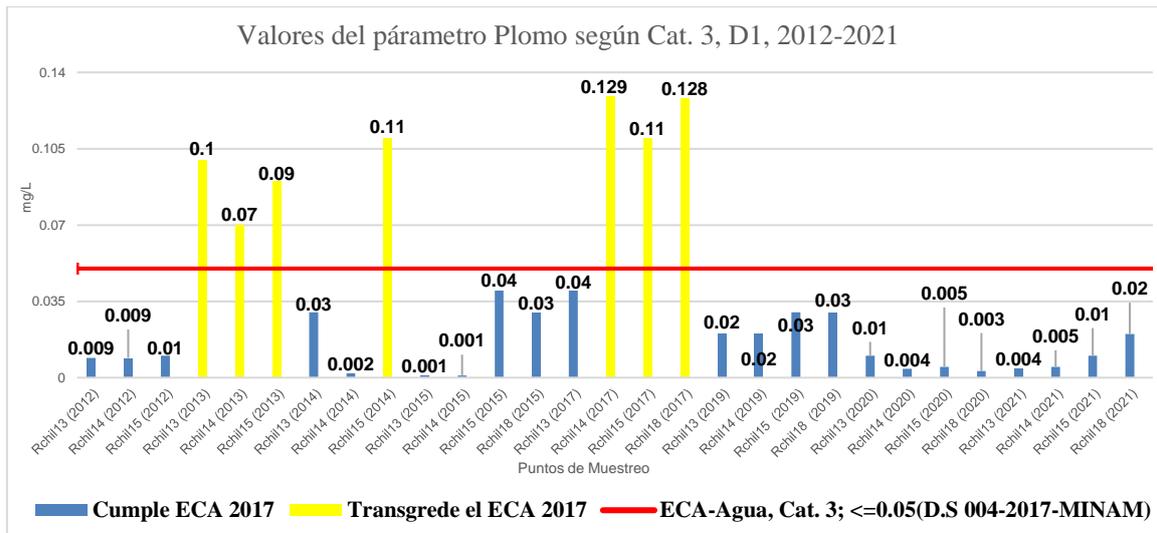


Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

En la figura 18, el parámetro de Plomo presenta valores superiores al valor establecido para el ECA agua, Categoría 3-D1: Riego de vegetales, en los siguientes puntos de muestreo: Rchil13 en el año 2013, Rchil14 en el año 2013, 2017, Rchil15 en el año 2013, 2014, 2017 y Rchil18 en el año 2017, es por ello que en la estación Rchil14 del año 2017 sobrepasa 1.58 veces la normativa ECA agua con 0.079 mg/L de diferencia. Se ha verificado una ligera variación de plomo en los años 2012 al 2021 con un valor mínimo de 0.001 y un valor máximo de 0.129. Además, la concentración en la última estación (Rchil18 del 2021) ha disminuido en 0.02 mg/L, sin embargo, en las demás estaciones de muestreo se encuentran cumpliendo con la normativa ambiental.

Figura 18

Unidad Hidrográfica Chillón: Valores de Plomo según categoría 3 subcategoría D1, 2012-2021



Nota. Gráfico elaborado por los autores de la investigación en base a los datos de los informes del monitoreo de la ANA.

3.2 Índice de calidad de agua (ICA) de la cuenca baja del río chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres

En base a los informes técnicos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el marco de control y vigilancia de los recursos hídricos, propio del estudio de los monitoreos participativos de la calidad de los cuerpos de aguas superficiales realizadas en la cuenca baja del río Chillón en los años 2012, 2013, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020 y 2021, el cual se utilizaron en su evaluación los datos de 24 parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas, Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Litio, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc y Coliformes Termotolerantes), esta metodología se evaluó con los Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría 3-D1: Riego de vegetales aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aplicando la metodología del Índice de Calidad de

Agua (ICA-PE), aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales con Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, la cual se encuentra en el ANEXO 8, notándose que en las estaciones Rchil13, Rchil14, Rchil15, Rchil18 dieron como resultado del cálculo matemático los siguientes valores de 38, 39, 33 y 36 respectivamente, el cual representa y describe el estado de la calidad del agua siendo “MALO” en todas las estaciones de monitoreo (tal y como se visualiza en la tabla 6), indicando que la calidad natural en la cuenca baja del río Chillón se encuentra amenazada y/o dañada por los diversos efectos de origen antrópico e industrial, posterior a ello se procedió a realizar un mapa de forma representativa, siendo todos los resultados de color naranja el cual fue asignado de acuerdo al valor de la calificación ICA-PE para todos los puntos de monitoreo distribuidos en la cuenca baja del río Chillón con la finalidad de observar el estado de calidad en cada red de monitoreo y tener un resultado que se muestre representado y ubicado mediante sus coordenadas en el mapa, tal y como se muestra en el ANEXO 9.

Tabla 6

Resultados del ICA-PE en la cuenca baja del río Chillón en base a los datos del 2012 al 2021 de la ANA

PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO DEL ICA-PE
Rchil13	Río Chillón, puente Chillón – Panamericana Norte	38 MALO

Rchil14	Río Chillón, aprox. 100m aguas arriba de la captación de agua de la Comisión Regantes Chuquitanta	39	MALO
Rchil15	Río Chillón, aprox. 700m aguas arriba puente Néstor Gambeta	33	MALO
Rchil18	Río Chillón, aprox. 100m aguas abajo del vertimiento municipal de la PTAR Puente Piedra	36	MALO

3.3 Carga contaminante del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Puente Piedra

Para el cálculo de la carga contaminante en el efluente de la PTAR, se multiplicó el valor del caudal por la concentración de cada uno de los parámetros analizados en el efluente, tal y como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Carga contaminante en el EF01 efluente

PARÁMETROS	Q (L/s)	Concentración (mg/L)	Carga contaminante (Kg/día)
Aceites y grasas	671	26.2	1518.93
DBO5	671	36	2087.08
DQO	671	74	4290.11

SST	671	108	6261.24
Coliformes termotolerantes	671	54000	3130617.6

Para el cálculo de la carga contaminante en el río Chillón, se multiplicó el valor del caudal del río por la concentración de cada uno de los parámetros analizados aguas arriba, tal y como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Carga contaminante en el P01 Aguas Arriba

PARÁMETROS	Q río (L/s)	Concentración (mg/L)	Carga contaminante (Kg/día)
Aceites y grasas	14800	4	5114.88
DBO5	14800	5	6393.6
SST	14800	23	29410.56
Oxígeno disuelto	14800	5.9	7544.45
Coliformes termotolerantes	14800	9400	12019968

Para el cálculo de la carga contaminante resultante, se realizó la suma de la carga contaminante en el efluente y la carga contaminante aguas arriba, el cual fue dividido entre la suma del caudal del río chillón y el caudal del efluente, tal y como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Concentración de los parámetros aguas abajo

PARÁMETROS	Carga contaminante en el EF01 efluente (kg/día)	Carga contaminante en el P01 aguas arriba (kg/día)	$Q_{\text{río}} + Q_{\text{efluente}}$ (kg/día)	Concentración de los parámetros aguas abajo (kg/día)
Aceites y grasas	1518.93	5114.88	1336694400	4.9628×10^{-6}
DBO5	2087.08	6393.6	1336694400	6.3445×10^{-6}
SST	6261.24	29410.56	1336694400	2.6687×10^{-5}
Coliformes termotolerantes	3130617.6	12019968	1336694400	0.01133437

En la tabla 10, se observa la concentración resultante de cada parámetro comparado con el ECA categoría 3 sub categoría D1 para verificar su cumplimiento, es por ello que el parámetro de coliformes termotolerantes no cumple con la normativa establecida, sobrepasando 5 veces la normativa ECA agua, por lo que la carga contaminante impacta en la calidad del río Chillón.

Tabla 10

Cumplimiento de los ECA cat3-D1: riego de vegetales

PARÁMETROS	C_R (mg/L)	ECA Cat.3-D1 (mg/L)	Cumplimiento
Aceites y grasas	4.96	5	Si cumple
DBO5	6.34	15	Si cumple
SST	26.69	No aplica	-
Coliformes termotolerantes	11334.37	2000	No cumple

Para el cálculo de la carga contaminante en el río Chillón, se multiplicó el valor del caudal del río por la concentración de cada uno de los parámetros analizados aguas abajo, tal y como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Carga contaminante en el P02 aguas abajo

PARÁMETROS	Q río (L/s)	Concentración (mg/L)	Carga contaminante (Kg/día)
Aceites y grasas	14800	4	5114.88
DBO5	14800	23	29410.56
SST	14800	69	88231.68

Oxígeno disuelto	14800	4.5	5754.24
Coliformes termotolerantes	14800	110000	140659200

En la tabla 12, se observa las siguientes concentraciones en el P01 aguas arriba, P02 aguas abajo y EF01 en el efluente para calcular cuánto es el aporte por parte de los parámetros del efluente en el río Chillón, por lo que aguas abajo existe un incremento por parte del efluente con un aporte de contaminante en la demanda bioquímica de oxígeno con 18 mg/L, sólidos suspendidos totales con 46 mg/L y coliformes termotolerantes con 100600 mg/L, notándose así que está afectando en la parte baja de la cuenca del río Chillón debido a la alta concentración de la carga contaminante proveniente del efluente, a excepción del parámetro de aceites y grasas en el cual no aporta ninguna cantidad. Por otro lado, no se contempla el parámetro de oxígeno disuelto en el efluente, pero nos da a entender que aguas arriba se tiene un óptimo oxígeno disuelto que, si cumple con la normativa ECA agua, sin embargo, al estar en contacto con las aguas de la PTAR de Puente Piedra, se verifica una disminución del oxígeno disuelto en 1.4 mg/L, por lo que la capacidad recuperadora del curso de agua y la subsistencia de los organismos acuáticos se está viendo afectada.

Tabla 12

Aporte de la carga contaminante del efluente de la PTAR de Puente Piedra a las aguas superficiales en la cuenca baja del río Chillón

PARÁMETROS	Concentración	Concentración	Concentración	Aporte (mg/L)
	en el P01 Aguas arriba (mg/L)	en el P02 Aguas abajo (mg/L)	en el EF01 efluente (mg/L)	
	Aceites y grasas	4	4	
DBO5	5	23	36	18
SST	23	69	108	46
Oxígeno disuelto	5.9	4.5	No aplica	1.4
Coliformes termotolerantes	9400	110000	54000	100600

3.4 Propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres

➤ Gestión de tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Puente Piedra

La base de todas nuestras propuestas de mejora tiene como punto principal a ley de recursos hídricos N° 29338 por el importante trabajo en conjunto propuesto entre las entidades públicas y privadas. Es por ello que se propone desarrollar una serie de acciones ambientales que tendrán como partida la gestión a la planta de tratamiento de Sedapal para buscar optimizar los resultados en la calidad del agua, aplicado a los parámetros más altos los cuales se deben controlar con el desarrollo de buenas tecnologías que garanticen resultados óptimos en el tratamiento.

Mejorar las técnicas de tratamiento de las aguas residuales del sector industrial, tanto de las empresas privadas como empresas estatales. Realizar los monitoreos ambientales antes que los efluentes sean vertidos en al río. La infraestructura y la tecnología debe estar de acorde a las necesidades para obtener buenos resultados de tratamientos de aguas residuales es por ello que debe haber una gestión en conjunto con el ministerio de vivienda para esa forma buscar lasos de compromiso para poder optimizar la planta de tratamiento.

El apoyo de la SSUNAS será importante para lograr diagnósticos detallados de los nuevos resultados que se obtendrán por la optimización de la planta. Finalmente, el Ministerio de Salud, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Autoridad Nacional del Agua, deberán cumplir sus respectivas funciones según sus competencias en el tema de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

➤ **Gestión de Residuos Sólidos Municipales**

Los actores claves en el proceso de tratamiento de residuos sólidos son las autoridades en sus tres niveles, las empresas y los ciudadanos. El manejo de los residuos no es solo un tema de gobierno, sino que debe empezar por los mismos ciudadanos.

Debería tener en cuenta una gestión integrada de segregación de residuos sólidos fomentada por las autoridades gubernamentales, tanto locales como del gobierno central. La participación vecinal y del sector industrial debe ir de la mano en la disposición de los RRSS. Así mismo realizar las coordinaciones de la ANA a través de la ALA CHIRILU en coordinación con la municipalidad de san Martín puente piedra para fortalecer la defensa de los ríos, mediante la descolmatación del cauce del río. Se debe identificar los puntos críticos

de acumulación de los residuos peligros para que su disposición final no sea las riberas del río.

La gestión de RRSS debe tener punto de inicio en los colegios para garantizar una adecuada segregación con aprendizajes en temas de reciclajes y de esa forma evitar que las riberas de los ríos sirvan como botaderos.

Con la finalidad de buscar una buena gestión de los RRSS la OEFA deberá brindar asistencia y supervisión de los correctos procedimientos en la gestión de RRSS. En conjunto con las autoridades municipales para garantizar las buenas acciones de gestión de RRSS. Otra institución que debería trabajar en la gestión de RRSS es El MINAM como ente rector de la gestión de residuos sólidos debe garantizar las estrategias y métodos para poder tener una correcta segregación y poderla aplicar en las comunidades cercanas a la ribera del río Chillón.

➤ **Gestión de educación ambiental**

Los gobiernos locales deben fomentar la participación de la comunidad en temas de buenas prácticas para disposición de residuos sólidos, mediante talleres participativos. Así mismo se debe llevar la educación ambiental a las empresas mediante programas de educación ambiental los cuales deben ser requisitos principales para el funcionamiento de las industrias.

Mediante talleres de participación vecinal fomentados por las autoridades locales y centrales. Estas deben desarrollarse en auditorios y se debe disponer de material informativo para que la comunidad puede tener una adecuada educación que los involucre en las buenas prácticas de cuidados ambientales de su comunidad.

Como base principal el reto es educativo debe estar enfocado en ser conscientes que no hay que ensuciar los ríos. Hay que aprender a poner la basura en su lugar y a pagar por la gestión de los residuos sólidos. Esta tarea le compete al Ministerio de educación que quien debe ser la principal gestora para que desde los colegios ya se conozca la educación ambiental.

Entre los principales ejes de la educación ambiental del MINEDU tiene como principal gestor al proyecto educativo ambiental integrado (PEAI) esta estrategia integradora movilizara el enfoque ambiental en la gestión escolar, los principales temas estarán orientados en el sembrado de plantas con la finalidad de recuperar las áreas verdes, también la segregación de residuos sólidos será un tema de aprendizaje que debe fortalecerse y finalmente conocer los contenedores donde se hará la disposición ordenada de los residuos sólidos. Todos estos trabajos deben tener un carácter de conciencia en toda la comunidad educativa con la finalidad de atender una problemática ambiental identificada en las instituciones educativas de la jurisdicción de los distritos que se encuentran en la zona geográfica de la ribera del río Chillón.

➤ **Reforestación de las riberas**

Los gobiernos locales deben trabajar en el sembrado de plantas para poder recuperar las áreas verdes a lo largo de la ribera del río Chillón en especial en la zona colindante con el sector urbano. Esta gestión debe llevarse a cabo con las autoridades responsables que tiene dentro de su territorio la planta de tratamiento y en conjunto con la ALA CHIRILU se deberá hacer las coordinaciones para una reforestación.

Los estudios de los suelos deben llevarse a cabo en etapas de monitoreo, los cuales servirán para definir los tipos flora que puede sembrarse en la zona a recuperar.

Es importante indicar que la reforestación tendrá un proceso comprendido por etapas las cuales inician con el sembrado, conservación y sostenibilidad. Y deberá pasar por una estricta supervisión periódica con fechas coordinadas con las autoridades y las comunidades aledañas a las zonas de recuperación.

Este trabajo debe estar conformado por una comisión multisectorial para que la reforestación que se planea ejecutar tenga a los actores principales involucrados en el tema, como son el ministerio del ambiente, la ANA Chirilu y el consejo de la cuenca Chirilu, son estas instituciones quienes deben enviar a los técnicos y especialistas para a realizar los monitoreos a lo largo de la cuenca baja del Río Chillón.

3.5 Impacto de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón

Los resultados de los siguientes parámetros que no cumplen con la normativa de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) agua categoría 3: riego de vegetales, excedieron en 0.02 veces para el pH, 19.46 veces para los Aceites y grasas, 19.47 veces para la Demanda Bioquímica de Oxígeno, 17.55 veces para la Demanda Química de Oxígeno, 1.29 veces para el Oxígeno Disuelto, 39499 veces para los Coliformes Termotolerantes, 17171 veces para el Cadmio, 1.65 veces para el Cobre, 1 ves para el Cromo, 3.14 veces para el Hierro, 3.6 veces para el Manganeso y 1.58 veces para el Plomo, así mismo los parámetros que no cumplen con los ECA agua realizados en el año 2021 del monitoreo en campo excedieron en 0.53 veces para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el P02 aguas abajo y Coliformes Termotolerantes en el P01 aguas arriba y P02 aguas abajo en 3.7 y 54 veces respectivamente, mientras que los parámetros que no cumplen con los Límites Máximos Permisibles de PTAR excedieron en 0.31 veces para los aceites y grasas y 4.4 veces para los Coliformes

Termotolerantes, por lo que el resultado del ICA-PE en las estaciones Rchil13, Rchil14, Rchil15 y Rchil18 se obtuvieron valores de 38, 39, 33 y 36 respectivamente, representando la calidad del agua como “MALO” para cada una de las estaciones de monitoreo. Por otro lado, la carga resultante de los Coliformes Termotolerantes fue de 11334.37 mg/L el cual no cumple con la norma ECA agua excediendo en 4.67 veces, mientras que la Demanda bioquímica de oxígeno y los aceites y grasas si cumplen con la normativa ambiental, respecto a los aportes de la carga contaminante por parte de los efluentes de la PTAR de Puente Piedra, se evidenció un incremento de los parámetros de estudio en el punto P02 aguas abajo como la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un aporte de 18 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales con un aporte de 46 mg/L, Coliformes Termotolerantes con un aporte de 100600 NMP/100mL y Oxígeno disuelto con un aporte de 1.4 mg/L, notándose así que el aumento de recarga del contaminante afecta todos estos parámetros mencionados junto con el incremento de la afectación de la calidad en los coliformes termotolerantes, incrementando el deterioro de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Chillón, el cual se está viendo impactado negativamente por las descargas de la PTAR, afectando no solo la calidad del agua sino también el paisaje y la conservación del recurso hídrico, esto es debido a su alta concentración de carga contaminante que entra en contacto con los afluentes del río, es por ello que su mala calidad pone en riesgo la conservación y reducción en la disponibilidad del recurso hídrico junto con su capacidad recuperadora que estaría provocando la alteración del ciclo hidrológico y el deterioro en la calidad del agua superficial en la cuenca baja del río Chillón, por lo que este tipo de agua resulta siendo no apta para consumo humano sin tratamiento ni para regadío ni uso recreacional.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusiones

Respecto al objetivo general se tiene la determinación de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Chillón, de acuerdo a los datos de los parámetros analizados que exceden los ECA agua como el pH, Aceites y grasas, DBO₅, DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes Termotolerantes, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeseo, Plomo, siendo el ICA-PE de calidad “MALO” para todas las estaciones de monitoreo, así mismo la carga contaminante de los Aceites y grasas y DBO₅ cumplen con el ECA agua, mientras que los Coliformes Termotolerantes exceden la normativa ambiental, respecto al aporte de la carga contaminante por parte del efluente de la PTAR se está viendo impactado negativamente por las descargas de la PTAR debido a su alta concentración de carga contaminante que entra en contacto con los afluentes del río. Estos resultados fueron comparados con la investigación de Quispe (2021) quien propuso establecer la relación existente entre la gestión ambiental y los efluentes domésticos del río Huaycoloro, Estación de muestreo E-17, Santa María de Huachipa, con estos resultados se evidencian similitudes en los resultados de los parámetros de estudio con la presente investigación siendo calidad “MALO”, por lo que se busca lograr un correcto equilibrio entre los efluentes y el cuerpo hídrico superficial de la cuenca baja del Río Chillón.

Respecto al primer objetivo específico se tiene la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres, donde se observaron que los siguientes parámetros con los valores más altos que no cumplen con los Estándares de

Calidad Ambiental (ECA) para agua fueron de 0.02 veces para el pH con 8.66, 19.46 veces para los Aceites y grasas con 102.3 mg/L, 19.47 veces para la Demanda Bioquímica de Oxígeno con 307 mg/L, 17.55 veces para la Demanda Química de Oxígeno con 742 mg/L, 1.29 veces para el Oxígeno disuelto 0.893 mg/L, 39499 veces para los Coliformes Termotolerantes con 79000000 NMP/100mL, 17171 veces para el Cadmio con 171.72, 1.65 veces para el Cobre con 0.53 mg/L, 1 ves para el Cromo con 0.2 mg/L, 3.14 veces para el Hierro con 20.68 mg/L, 3.6 veces para el Manganeso con 0.92 mg/L y 1.58 veces para el Plomo con 0.129 mg/L, estos resultados fueron comparados con Herrera y Terrones (2015) en su investigación titulada “calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón en época de estiaje y riego por el uso directo en riego agrícola”, mencionan que los resultados de los parámetros que exceden con la normativa de los ECA agua fueron de 0.02 veces para el pH con 8.7, 3949 veces los Coliformes Termotolerantes con 7900000 NMP/100mL, 12 veces para el Cadmio con 0.13 mg/L, 0.5 veces para el Cromo con 0.15 mg/L, 26.6 veces para el Plomo con 1.38 mg/L. Estos resultados coinciden con nuestra investigación ya que los parámetros mencionados no cumplen con la normativa de los ECA agua categoría 3, así mismo en el estudio de Reyes (2012) en su investigación “estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón” se demostró que los parámetros de Coliformes Termotolerantes, Plomo, Hierro, Cromo, Cobre presentan concentraciones superiores al ECA agua en los distritos de Comas y Puente Piedra, el cual también existe una similitud con los resultados de nuestra investigación debido a la cercanía de los puntos de monitoreos en el estudio.

Respecto al segundo objetivo específico se tiene el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) en la cuenca baja del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres, analizando los resultados obtenidos extraídos de la tabla ICA -PE y los Estándares

de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, pudimos determinar que la calidad de agua del área de la muestra de las estaciones de monitoreo Rchil13, Rchil14, Rchil15 y Rchil18 en la cuenca baja del río Chillón arrojaron resultados de estado de calidad “MALO”. Así como Iparraguirre y Gavidia (2021) De los monitoreos se seleccionó 19 puntos por su permanencia, también se eligió los parámetros que estuvieran dentro del ICA-PE y que tuvieran significancia de afectación en la calidad del agua. Los resultados obtenidos a partir de los parámetros analizados por punto presentaron más variaciones significativas, que el de por año, además la comparación con el ECA para Agua categoría 3 y 4, resultó que el Boro con la normativa ambiental, con estados de calidad entre “REGULAR”, “PÉSIMO” y “MALO”. En comparación con nuestros resultados podemos indicar que hubo similitud con el resultado de “MALO” debido a la similaridad de los parámetros analizados para el ICA.

Respecto al tercer objetivo específico se tiene la determinación de la carga contaminante del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puente Piedra, donde se observaron que las cargas contaminantes de los siguientes parámetros que cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua aprobado por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM fueron los Aceites y grasas con 4.96 mg/L y la Demanda Bioquímica de Oxígeno con 6.34 mg/L mientras que los Coliformes Termotolerantes con 11334.37 NMP/100mL no cumplen con la normativa ambiental excediendo en 4.67 veces según lo establecido, estos resultados fueron comparados con Salguero (2017) donde menciona en sus resultados que la carga contaminante del parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno excede la normativa de los ECA agua con 173 mg/L en 10.53 veces. Estos resultados no coinciden con nuestra

investigación ya que la carga contaminante del parámetro de DBO₅ si cumple con la normativa de los ECA agua categoría 3 analizados en la cuenca baja del río Chillón, esto fue debido a la lejanía en la red de puntos de monitoreo.

Respecto al cuarto objetivo específico se tiene la elaboración de la propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales del río Chillón entre el sector Puente Piedra y San Martín de Porres, investigando las diferentes propuestas que pudimos detallar se valoró la buenas prácticas de gestión de tratamiento de aguas residuales, gestión de residuos sólidos, educación ambiental y reforestación de las riberas, estos aspectos de carácter participativo entre la comunidad y las instituciones del gobierno fueron las que más tuvieron impacto para el mejoramiento de la calidad de las aguas, el resultado que se obtuvo tiene como base el análisis del área que se estudió para poder determinar las causas que han llevado a que las aguas de la cuenca baja del Río Chillón se encuentren contaminadas tales causas están referidas a un mal funcionamiento de la planta de tratamiento Sedapal, junto con el exceso de residuos sólidos en la riberas, escasa flora silvestre y a la limitada educación ambiental en la población del área de la muestra de estudio. Estos datos fueron comparados con la investigación de Pacherras (2019) quien en su investigación propone tomar conciencia sobre el manejo de residuos sólidos, ya que muchas riberas de los Ríos son usados como depósitos de basura y también propone una un plan de educación ambiental, es por eso estos datos tienen similitud con nuestra investigación ya que se propone buscar mejorar la calidad del agua mediante estrategias de mejoras de calidad de las aguas contaminadas, así mismo en el estudio de Noboa (2021) se plantearon programas buscando la mejora tanto del parque como de la condición de la vida de la población de la ciudad de Guaranda ya que es necesario

tener un sistema de tratamiento de aguas adecuado para generar sustentabilidad y que las aguas vertidas al Río Chimbo no tengan un impacto negativo en la calidad.

4.2 Limitaciones

Dentro de las limitaciones que tuvimos durante el desarrollo de la presente investigación, resaltamos la dificultad para el ingreso a las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puente Piedra Sedapal debido al trámite y todos los permisos que se debían solicitar para la aprobación de la visita, además de su complicado acceso y ruta para llegar al efluente de la PTAR debido a las condiciones del entorno (pases obstaculizados con grandes rocas) y obras públicas que se estaban ejecutando. Finalmente hacemos énfasis en los costos y presupuestos que se requirieron para el análisis de las 15 muestras en el laboratorio, por lo cual nos tuvimos que ver obligados a solo elegir algunos parámetros de mayor importancia en el estudio como Aceites y grasas, DBO₅, DQO, pH, SST, Oxígeno disuelto y Coliformes termotolerantes, por lo que nos hubiera gustado poder analizar más parámetros para realizar un estudio más detallado con mayor cantidad de información, de igual forma no se pudo abarcar más puntos de monitoreo ya que eso hubiera elevado aún más el costo, es por ello que solo nos limitamos a abarcar 3 puntos, cabe resaltar que además nos limitamos en solo llevar a cabo el monitoreo en campo 1 sola vez.

4.3 Implicancias

De acuerdo con el trabajo realizado para el desarrollo de la presente investigación podemos mencionar el libre acceso al repositorio digital de recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, el cual nos proporcionó información de los informes técnicos de los monitoreos participativos del río Chillón de todos los años que se usaron en la investigación,

además a ello también el alcance que tuvimos al realizar sin ninguna dificultad la toma de muestra en cada punto de monitoreo del trabajo en campo.

4.4 Conclusiones

La determinación de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Chillón, de los parámetros analizados que exceden los ECA agua fueron de 0.02 veces el pH, 19.46 veces los Aceites y grasas, 19.47 veces la DBO₅, 17.55 veces la DQO, 1.29 veces el Oxígeno Disuelto, 39499 veces los Coliformes Termotolerantes, 17171 veces el Cadmio, 1.65 veces el Cobre, 1 ves el Cromo, 3.14 veces el Hierro, 3.6 veces el Manganeso y 1.58 veces el Plomo, siendo el ICA-PE de calidad “MALO” para todas las estaciones de monitoreo Rchil13, Rchil14, Rchil15 y Rchil18, así mismo la carga contaminante de los Coliformes Termotolerantes exceden la normativa ambiental, respecto al aporte de la carga contaminante por parte del efluente de la PTAR se está viendo impactado negativamente por las descargas de la PTAR debido a su alta concentración de carga contaminante que entra en contacto con los afluentes del río, el cual se concluye que la calidad de agua en la cuenca baja del río Chillón se ve afectada por los efluentes de la PTAR de Puente Piedra, por lo que este tipo de agua resulta siendo no apta para consumo humano sin tratamiento ni para regadío ni uso recreacional.

Se concluye que respecto a los parámetros físicos, químicos y microbiológico que exceden los Estándares de Calidad Ambiental en la cuenca baja del río fueron el pH con 8.66, Aceites y grasas 102.3 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno con 307 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 742 mg/L, Oxígeno Disuelto 0.893 mg/L, Coliformes Termotolerantes con 79000000 NMP/100mL, Cadmio con 171.72, Cobre con 0.53 mg/L,

Cromo con 0.2 mg/L, Hierro con 20.68 mg/L, Manganeso con 0.92 mg/L y Plomo con 0.129 mg/L, por lo que se puede concluir que los parámetros mencionados no cumplen con la normativa ambiental y que este se estaría viendo afectado por los diversos tipos de intervención antropogénicas, así mismo los parámetros que no cumplen con los LMP para PTAR fueron los Aceites y grasas con 26.2 mg/L y los Coliformes Termotolerantes con 54000 NMP/100mL, por lo que faltaría optimizar los procesos en la PTAR de Puente Piedra para que los efluentes puedan cumplir con la normativa establecida, además se concluye que en el año 2019 fue donde más parámetros excedieron la normativa ECA agua.

Se determinó que los cálculos necesarios del Índice de la Calidad del Agua (ICA) en la cuenca baja del río Chillón de los monitoreos participativos realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de los años 2012, 2013, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 en el que se tomaron cuatro estaciones de monitoreo RChil13, RChil14, RChil15 y RChil18, se obtuvieron resultados uniformes dentro de toda la extensión de estudio de la cuenca baja de estado de calidad “MALO”. Entonces podemos concluir que este recurso hídrico no es apto para ser utilizado como fuente de recurso para actividades que le dan las comunidades aledañas a las riberas y para los ecosistemas silvestres que le rodean a la cuenca baja del río chillón, siendo no apta para consumo humano, ni para uso recreacional u poblacional ni para regadío.

En la presente investigación se logró determinar la carga contaminante del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Puente Piedra, donde la carga resultante que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua fueron los Coliformes Termotolerantes excediendo en 4.67 veces la normativa ambiental, por otro lado existe un incremento por parte del efluente con un aporte de contaminante en la Demanda

Bioquímica de Oxígeno con 18 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales con 46 mg/L y Coliformes Termotolerantes con 100600 NMP/100mL, por lo que se concluye que en la parte baja de la cuenca del río Chillón se da un aumento de la concentración de la carga contaminante proveniente del efluente cuando entra en contacto con el cuerpo receptor, afectando y alterando así el oxígeno disuelto en el P01 aguas arriba y P02 aguas abajo, el cual disminuye en 1.4 mg/L, por lo que se pone en peligro la subsistencia de los organismos acuáticos.

En la presente investigación, se buscó proponer un conglomerado de estrategias puntualmente elegidas con la finalidad de que sean ejecutadas y se pueda lograr un correcto y equilibrado manejo hídrico de la cuenca baja del río Chillón, dadas estas medidas que parten de acciones, lineamientos, principios, políticas y normas, se podrá alcanzar la sostenibilidad en el desarrollo de la cuenca baja teniendo una correcta gestión de distribución en el abastecimiento y aprovechamiento del recurso hídrico sin causar impactos ambientales que eviten que degraden todo lo que puede ofrecer este cuerpo hídrico a los ecosistemas y salvaguardando su recurso hídrico en las futuras generaciones que ven en la cuenca baja del río Chillón como una posibilidad de vida, concluyendo así que se deberá tener un trabajo en conjunto con las entidades de los gobiernos locales como los gobiernos centrales involucrando a las sector privado y público que se encuentren inscritos dentro del sistema nacional de gestión de recursos hídricos. Nuestra coautoría ve necesario la importancia del compromiso de las entidades y se vean involucrados con el cuidado, conservación, manejo y minucioso control de la calidad del agua de la zona de estudio y sus demás redes hídricas.

REFERENCIAS

ANA. (2012). *Informe técnico de resultados del primer monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Chillón*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2971>

ANA. (2013). *Informe técnico de resultados del segundo monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Chillón*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2767>

ANA. (2014). *Informe del primero monitoreo participativo 2014 de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Chillón: Informe técnico*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2073>

ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>

ANA. (2016). *Resultado del monitoreo participativo de la calidad de agua de la cuenca del río Chillón (realizado del 26 al 28 y 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2015): Informe técnico*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2191>

ANA. (2017). *Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad de agua en la cuenca del río Chillón - 2017*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2370>

ANA. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Obtenido de la Autoridad Nacional del agua: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf

ANA. (2019). *Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Chillón*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4628>

ANA. (2019). *Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad de agua en la cuenca del río Chillón - 2019*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2954>

ANA. (2020). *Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Chillón 2021-I*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2567>

ANA. (2021). *Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad de agua en la cuenca del río Chillón - 2021*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2642>

Alvarez, J. (2017). *Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla Moringa (Moringa Oleífera) como coagulante orgánico en la cuenca baja del río Chillón – Carabayllo 2017* (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú.

Aguilar, S., & Solano, G. (2018). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (Icomo) e caño*

grande, localizado en Villavicencio – Meta (Tesis de Licenciatura). Universidad Santo Tomás, Colombia.

Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Plan de gestión de recursos hídricos de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Chilca*.

Cabarcas, L., & Medina, J. (2019). *Evaluación del Índice de Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Atlántico* (Tesis de Licenciatura). Universidad de la Costa, Colombia.

Cárdenas, P. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF* (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). *Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig*. 126.

Coto, L., & Salgado, J. (2010). *Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del río Virilla*. Uniciencia, 69-74.

https://www.redalyc.org/pdf/4759/Resumenes/Resumen_475947765007_1.pdf

Contreras, L. (2019). *La contaminación por hierro-plomo y su afectación en parámetros de calidad del agua en el río Chillón, estación San Diego – Noviembre, 2018*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Ricardo Palma, Perú.

Díaz, Y. (2019). *Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Federico Villareal, Perú.

FAO. (2017). *Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo*. 94.
<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/es/>

Fernández, M., & Guardado, R. (2020). *Evaluación del Índice de Calidad del agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba*. *Minería Geología*, 37, 105-109.
<https://www.redalyc.org/journal/2235/223566343008/html/>

Gavidia, R., & Iparraguirre, J. (2021). *Calidad del agua de la cuenca del río Moche empleando el ICA-PE, La Libertad, 2020*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Perú.

Gil, J., Vizcaino, C., & Montaña, N. (2018). *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela*. 79.

Gualdrón, L. (2016). *Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos*. *Dinámica Ambiental*, 1, 83–102.
<https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>

Gutiérrez, N., & Linares, C. (2018). *Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Río Chillón”, distrito de Puente Piedra, en el año 2018*. Universidad María Axiliadora, Perú.

Hernández, R., Fernández, C., & Batista, M. (2006). *Metodología de la investigación*.

Recuperado de: <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0095047/cap03.pdf>

Herrera, C., & Terrones, A. (2015). *Calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón en época de estiaje y riesgo por el uso directo en riego agrícola* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Callao, Perú.

Huaynate, C. (2018). *Identificación de los vertimientos y sus impactos ambientales en las aguas residuales domésticas generadas por la población de Rancas – distrito de Simón Bolívar – provincia de Pasco*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.

Jimenez, J., & Llico, M. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el Índice de calidad ambiental para agua, Cajamarca 2019*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Perú.

MINEM. (2010). *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/regionales/Publicaciones/GUIA%20HIDROCARBUROS%20II.pdf>

MINAM. (2010). *Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Dórmesticas o Municipales*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>

MINAM. (2015). *Estudio de desempeño ambiental*. 29

MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para agua*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>

Observatorio del Agua Chillón Rímac Lurín. (2016). *Análisis geoespacial de canales de riego en relación a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARS) y áreas verdes en el ámbito de Lima Metropolitana*. Obtenido de la Autoridad Nacional del Agua: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2958>

OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*, 36. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Pacherres, M. (2019). *Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos*. 1–147. <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/989/SP>

Palomino, P. (2018). *Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca 2016*. *Anales Científicos*, 2, 298-307.

Puerta, C. (2019). *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA - PE*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de San Martín, Perú.

Quispe, B. (2021). *Gestión Ambiental y efluentes domésticos del río Huaycoloro, estación de muestreo E-17, Santa María de Huachipa, 2017*. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú.

Reyes, C. (2012). *Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Salazar, J. (2020). *Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015 – 2019*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental, Perú.

Salguero, J. (2017). *Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del río Chillón mediante micronanoburbujas de Aire y Ozono, distrito de Ventanilla-Callao*. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú.

Secretaría de Ambiente. (2021). *Formato guía para representar la estimación de la meta individual de carga contaminante en el marco del plan quinquenal 2021-2025*. 54-38

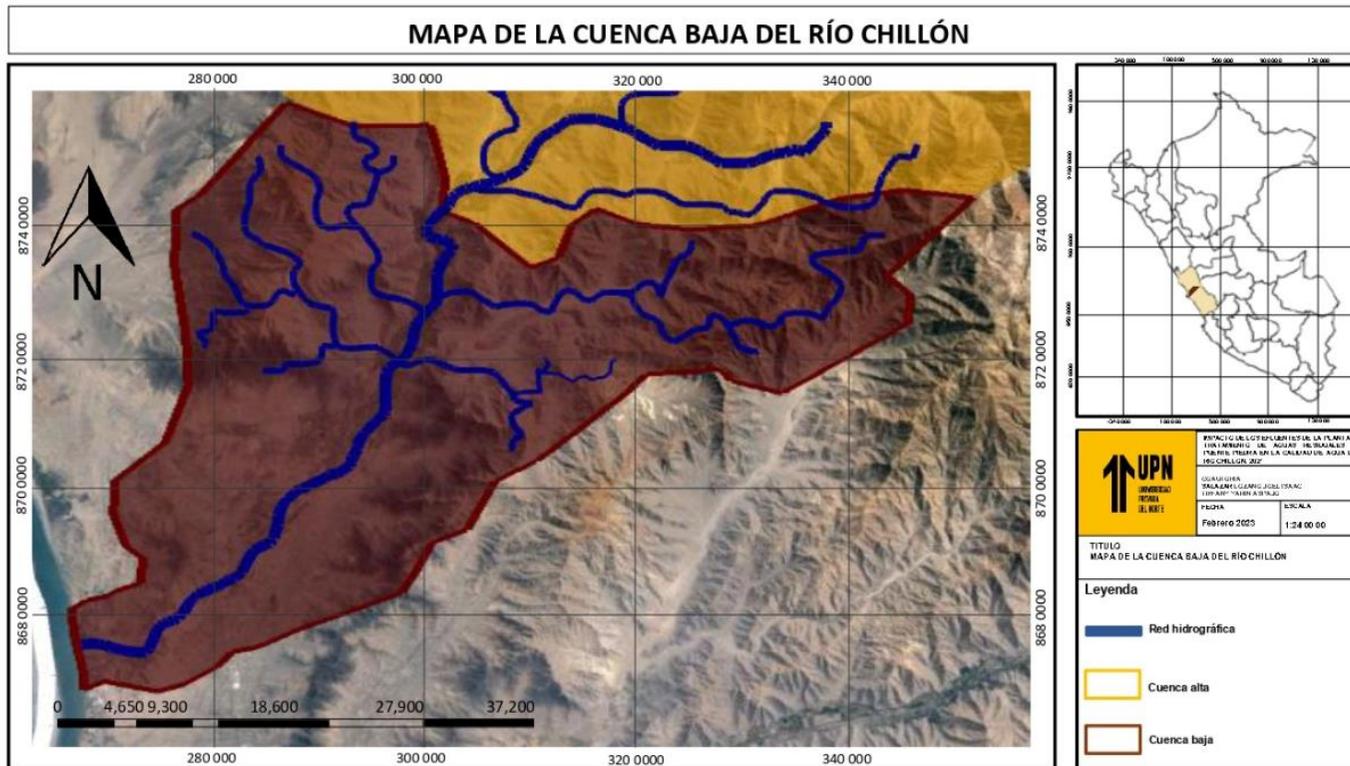
Tapia, J. (2017). *Impacto ambiental al recurso hídrico de la cuenca media del río Rímac a consecuencia de la minería, en el distrito Ricardo Palma, Chosica 2017*. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú.

Vargas, C. (2015). *la contaminación fluvial y la alteración de usos del suelo y paisajes como indicadores de un proceso de urbanización*. 14–19.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Mapa de la cuenca baja del río Chillón



ANEXO N° 2

Mapa del área de la muestra en la cuenca baja del río Chillón



ANEXO N° 3

Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
Independiente: Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Puente Piedra	Son aquellos residuos líquidos provenientes del tratamiento de las actividades domésticas e industriales que se dan dentro de la planta (OEFA, 2014).	Se determinará mediante el muestreo del efluente de la PTAR, haciendo uso del equipo multiparamétrico en parámetros de campo, así mismo se analizará las muestras en laboratorio certificado por INACAL	Parámetros físicos	SST	mg /L	Análisis de laboratorio
				Temperatura	°C	Multiparamétrico
				pH	unidad	Multiparamétrico
			Parámetros químicos	Aceites y grasas	mg /L	Análisis de laboratorio
				DQO	mg /L	Análisis de laboratorio
				DBO ₅	mg /L	Análisis de laboratorio
				Coliformes termotolerantes	mg /L	Análisis de laboratorio
Parámetros biológicos	SST	mg /L	Análisis de laboratorio			

<p>Dependiente: Calidad de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Chillón</p>	<p>Es una variable importante del recurso hídrico, como parte del enfoque ambiental e hidrológico para mantener un estado correcto del ecosistema mediante el cumplimiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos (ANA, 2013).</p>	<p>Se determinará mediante el muestreo del río Chillón, haciendo uso del equipo multiparamétrico en parámetros de campo, así mismo se analizará las muestras en laboratorio certificado por INACAL</p>	Parámetros físicos	Temperatura	°C	Multiparamétrico
				pH	unidad	Multiparamétrico
				Aceites y grasas	mg /L	Análisis de laboratorio
				DBO ₅	mg /L	Análisis de laboratorio
				Oxígeno disuelto	mg /L	Análisis de laboratorio
				Parámetros biológicos	Coliformes termotolerantes	mg /L

ANEXO N° 4

Equipos de protección personal para realizar la toma de muestra



ANEXO N° 5

Toma de muestra en el EF01 (efluente), P01 (aguas arriba) y P02 (aguas abajo)



ANEXO N° 6

Cadena de Custodia – Muestreo de agua

PACIFIC CONTROL
CADENA DE CUSTODIA - MUESTREO DE AGUA

Cliente/Solicitante: **JOEL ISAAC SALAZAR LOZANO** Correo electrónico: **joel.salazar_lozano@upn.edu.pe** CMA: **2404/2021**
 Dirección/ Distrito / Prov. / Dpto.: **Dpto. MARTÍN DE PORRES / LIMA / LIMA** Teléfono: **940948939** Fecha de Muestreo: **3/05/2021**
 Procedencia de la muestra / Proyecto: **RIO CHILLÓN**
 Contacto: **JOEL ISAAC**

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Cof. De Laboratorio	Pto. de muestreo	Descripción	Hora de Muestreo	Tipo de Muestra (2)	Coordenadas UTM(E-N-HU30)	Volumen (L)	ENSAYOS SOLICITADOS (3)								DATOS DE ENVÍO				Agencia	Observaciones
							Conductividad	Alcalinidad	Acidez	Cloruros	Amonio	Nitrato	Nitrito	Fósforo	Sulfuro	Temperatura (°C)	pH	Cloro Libre (mg/L)		
	PC 1	CURSO MEDIO	1:07pm	AN-2	E: 270132 N: 8673210	18L	5	X	X	X	X	X	X	X	X	23.6				
	PC 2	AGUAS AERIAS	1:26pm	AN-2	E: 271016 N: 8678183	18L	5	X	X	X	X	X	X	X	X	23.1				
	PC 3	AGUAS AERIAS	1:55pm	AN-2	E: 270113 N: 8678241	18L	5	X	X	X	X	X	X	X	X	24.1				
	PC1	EFLUENTE	12:44 pm	AR-4	E: 270934 N: 8678123	18L	5	X	X	X	X	X	X	X	25					

Muestreado por: **PACIFIC CONTROL CMA SA** CLIENTE:

(1) Indicar la referencia y/o lugar de procedencia de las muestras que serán enviadas en el Informe de Ensayo.
 (2) Tipo de muestra: AN: Agua Natural, AR: Agua Residual, AC: Agua Para Uso y Consumo Humano, AS: Agua Salina
 (3) Para la enumeración de los muestreos, emplear el Formato "Ordenes de Custodia y Preservación de Muestras de Agua" (FR-13-08-01)

Agua Natural (AN)		Agua Residual (AR)		Agua Para Uso y Consumo Humano (AC)		Agua salina (AS)		Agua Procesada (AP)	
1. Subterránea	3. Doméstica	6. Industrial	8. Potable	11. Mar	12. Salobre	15. Agua de osificación o enfriamiento	16. Agua de Alimentación para animales	17. Agua Purificada	18. Agua de salobra
2. Superficial	4. Industrial	5. Municipal	7. De mesa	9. Envasada	10. De piscina	13. Salmuera	14. Inyección y Rinsyección	19. Agua de salobra	20. Agua de Inyección y Rinsyección

Equipos utilizados en el muestreo:

Nombre del equipo	Marca	Código Interno
GPS	GARMIN	ETEX-VIA HL
PIEDRETEO	FLUKE	PIFL 3470

Observaciones en campo:

Condiciones de Recepción de Muestras Lab. (C.M.L.):
 Envases adecuados
 Muestras dentro de tiempo de conservación
 Condiciones de preservación (pH)
 Condiciones de conservación (T°)
 Código de equipo: **TCV**
 Observaciones:

Responsable del muestreo: **JOEL ISAAC SALAZAR LOZANO** Cliente: **JOEL ISAAC SALAZAR LOZANO**
 Fecha: **3/05/2021** Hora: _____ Fecha: **3/05/2021** Hora: _____

FR-13-08-01/V06, 2020.10.10

ANEXO N° 7

Materiales empleados para realizar el monitoreo



ANEXO N° 8

Cálculo del Índice de Calidad del Agua ICA-PE

Cálculo del índice de calidad de la cuenca baja del río Chillón

PUNTOS DE MONITOREO			(01) RChil13								(02) RChil14								(03) RChil15								(06) RChil18					
Parámetros a Evaluar			ECA Cat.3-D1	Abr 2012	Jun 2013	Abr 2014	Nov 2015	Set 2017	Set 2019	May 2020	Jun 2021	Abr 2012	Jun 2013	Abr 2014	Nov 2015	Set 2017	Set 2019	May 2020	Jun 2021	Abr 2012	Jun 2013	Abr 2014	Dic 2015	Set 2017	Set 2019	May 2020	Jun 2021	Dic 2015	Set 2017	Set 2019	May 2020	Jun 2021
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	<2	15	<2.00	6	6	23	<2	7	<2	27	<2.00	16	9	12	3	7	<2	21	149.23	298	196	307	55	30	295	212	65	3	42
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	8	56	10	24	43	53	18	13	8	52	10	36	56	33	7	33	7	144	200	474	542	632	252	61	634	450	742	7	67
	Aceites y grasas	mg/L	5	0.5	1	1	1	1	1.7	0.1	0.1	0.5	1	1	1	1	3.3	0.1	0.1	0.5	7	38.8	23	11.4	95.5	17.69	3.707	20	16.6	102.3	0.1	4.259
	Conductividad	µS/cm	2500	416	1022	970.3	384	1172		964	0.98	437	1032	887.7	384	983.5		961	0.98	536	1401	2313	431	1691		1668	1.34	429	1716		943	1.11
	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	8.29	7.37	9.85		8.288		8.23		8.13	7.78	11.77		8.925		8.02		8.58	3.75	1.5		4.052		0.893		2.805		8.17		
	pH	Und. pH	6,5 – 8,5	8.3	8.07	8.1	7.42	7.95			8.66	8.32	8.06	8.22	7.52	8.441			8.53	7.98	6.48	7.58	7.94	8.155			8.33	7.45	8.205			8.44
	Temperatura	° C	Δ 3	22.68	18.61	27.42	30			23.2	20.1	23	18.6	23.18	30.5			23.1	19.1	25	1978	28.22	24.4			25.2	19.27	24.8			23.6	19.05
PARÁMETROS INORGANICOS	Arsénico total	mg/L	0.1	0.009	0.0156	0.0067	<0.007	0.01915	0.0099	0.0069	0.0063	0.007	0.0126	0.0048	0.03986	0.0092	0.0059	0.0064	0.01	0.0083	0.0044	<0.007	0.02062	0.0064	0.0047	0.0077	<0.007	0.01884	0.0051	0.0054	0.0099	
	Bario total	mg/L	0.7	0.06	0.0972	0.0566	0.056	0.114	0.078	0.0175	0.0542	0.052	0.0703	0.0551	0.077	0.221	0.0735	0.0436	0.055	0.059	0.0497	0.0761	0.073	0.122	0.0687	0.0377	0.0606	0.119	0.0657	0.0408	0.0716	
	Berilio total	mg/L	0.1	<0.001	<0.005	<0.002	<0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.005	<0.002	<0.005	0.00043	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.0006	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Boro total (*)	mg/L	1	0.15	0.4262	0.3947	0.415	0.531	0.514	0.294	0.363	0.16	0.4044	0.3891	0.424	0.626	0.517	0.297	0.364	0.16	0.4881	0.5012	0.404	0.416	0.392	0.305	0.4	0.35	0.496	0.364	0.298	0.375
	Cadmio total	mg/L	0.01	0.00033	0.00123	0.00171	<0.001	0.00281	0.00084	<0.001	<0.001	0.0002	0.00083	0.00143	<0.001	0.000392	0.00042	0.00042	<0.001	0.00003	0.000065	0.000171	0.0001	0.000291	0.000125	<0.001	0.0004	<0.001	0.000304	0.000126	<0.001	0.000074
	Cobalto total	mg/L	0.05	0.0026	0.004	<0.003	<0.001	0.00482	0.0013	0.0015	0.0009	0.0016	0.0027	<0.003	<0.001	0.01047	0.001	0.001	0.0011	0.0019	0.0019	0.0012	<0.001	0.0001	0.000566	0.00021	0.0008	<0.001	0.000642	0.0002	0.0008	0.0003
	Cobre total	mg/L	0.2	0.018	0.15798	0.011	0.015	0.08964	0.0671	0.0405	0.0102	0.0106	0.01103	0.0155	0.014	0.20006	0.0728	0.013	0.0093	0.006	0.036	0.21256	0.5398	0.258	0.37435	0.14	0.0229	0.1869	0.287	0.1476	0.0106	0.0359
	Cromo total	mg/L	0.1	0.004	0.01085	0.0056	0.017	0.117	0.1487	0.0086	0.0077	0.004	0.01177	0.001	0.0142	0.0342	0.08	0.0051	0.0059	0.004	0.01243	0.0149	0.028	0.0305	0.1188	0.0081	0.0142	0.0109	0.0271	0.2044	0.0028	0.0249

ANEXO N° 9

Mapa de puntos de monitoreo con resultados del ICA-PE en la cuenca baja del río chillón

