



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**EFLUENTES DOMÉSTICOS Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACIÓN DE LA
CALIDAD DEL RÍO RÍMAC, CUENCA BAJA. AÑO 2017**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Ambiental

Autor:

Quispe Córdova, Braulio Jesús

Asesor:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

(ORCID: 0000-0001-6930-5601)

Jurado:

Alva Velásquez Miguel

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Mendoza García, José Tomas

Lima - Perú

2022



Referencia:

Quispe, B. (2022). *Efluentes domésticos y su incidencia en la contaminación de la calidad del río Rímac, cuenca baja. Año 2017*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6488>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**EFLUENTES DOMÉSTICOS Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACIÓN DE LA
CALIDAD DEL RÍO RÍMAC, CUENCA BAJA. AÑO 2017**

**Línea de investigación:
Biodiversidad, Ecología y Conservación**

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Ambiental

Autor:

Quispe Córdova, Braulio Jesús

Asesor:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter
(ORCID 0000-0001-6930-5601)

Jurado:

Alva Velásquez Miguel
Zamora Talaverano, Noe Sabino
Mendoza García, José Tomas

Lima - Perú
2022

Dedicatoria

*A mis Padres Víctor y Rosa,
y mi Hermano Pachito, siempre estarán en mi corazón,
Al Ser, que sé, desde arriba, me protege y guía mis pasos
A Carmen, mi adorada Esposa, por su paciencia,
y mis hijos Rodri, Ricky y AleSophie,
quienes con su sonrisa dan razón a mi existencia.*

*A las personas, que en las buenas y malas,
permanecen a mi lado, y sienten mis logros,
como suyos*

Agradecimiento

A la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Escuela Universitaria de Posgrado, y su plana docente, por albergarme en sus aulas como alumno de pregrado y estudiante de posgrado.

A mis amigos de la Maestría en Ingeniería Ambiental, 2011-2012, con quienes compartimos en el aula, muy gratas, extensas y añoradas tertulias; experiencias y conocimientos, cada uno en su especialidad, que inspiraron la elaboración de la presente investigación. Al Dr. Abel Walter Zambrano Cabanillas, por el valioso asesoramiento brindado en cada etapa de la investigación.

Un agradecimiento especial para el señor Jorge Antonio Peñares Medina, quien siempre estuvo presente y alegró las navidades de un niño. A Leiter, Carlitos y Miguelito, mis Amigos, por sus palabras de aliento y entender mis ausencias a nuestras ocasionales pero muy placenteras reuniones. A todas las personas que de una u otra manera han contribuido en la formación profesional del investigador.

Por supuesto a mi familia, que siempre me alienta y motiva en seguir aprendiendo un poco más cada día.

“Venimos al planeta para ser felices. Porque la vida es corta y se nos va. Y ningún bien vale como la vida y esto es lo elemental (...) el desarrollo no puede ser en contra de la felicidad, tiene que ser a favor de la felicidad humana; del amor arriba de la Tierra, de las relaciones humanas, de cuidar a los hijos, de tener amigos, de tener lo elemental (...) cuando luchamos por el medio ambiente, el primer elemento del medio ambiente se llama la felicidad humana”

*José “Pepe” Mujica.
Conferencia ‘Rio+20’*

Índice

Resumen	9
Abstract	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Descripción del problema.....	13
1.3. Formulación del problema.....	17
1.4. Antecedentes.....	18
1.5. Justificación de la investigación	26
1.6. Limitaciones de la investigación.....	31
1.7. Objetivos	31
1.8. Hipótesis.....	32
II. MARCO TEÓRICO	33
2.1 Marco conceptual.....	33
2.1.1. Efluentes domésticos.....	33
2.1.2. Aguas residuales.	33
2.1.3. Aguas residuales domésticas.	34
2.1.4. Residuos orgánicos.	37
2.1.5. Materia orgánica.	38
2.1.6. Calidad del agua.....	38
2.1.7. Características físicas, químicas y biológicas del agua.....	41
2.1.8. Parámetros e indicadores de la calidad del agua	41
III. MÉTODO.....	49
3.1. Tipo de investigación	49

	5
3.1.1. Método de la investigación.....	49
3.1.2. Nivel de estudio	49
3.1.3. Diseño	49
3.2. Población y muestra.....	50
3.2.1. Población.....	50
3.2.2. Muestra.....	51
3.3. Operacionalización de variables.....	52
3.3.1. Definición de variables.....	52
3.3.2. Indicadores	52
3.4. Instrumentos	52
3.5. Procedimientos	53
3.6. Análisis de datos	53
IV. RESULTADOS	56
4.1. Información de muestreos en estaciones (data).....	56
4.2. Prueba de Hipótesis.....	57
4.3. Planteamiento de Hipótesis	69
4.4. Determinación del nivel de significancia.....	73
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
VI. CONCLUSIONES	81
VII. RECOMENDACIONES	83
VIII. REFERENCIAS.....	84
Anexo A. Matriz de Consistencia:	93
Anexo B. Valores retrospectivos por estaciones de muestreo.....	94
Anexo C. Figuras de las diferentes estaciones de muestreo.....	100

Índice de Tablas

Tabla 1. Efectos de los contaminantes presentes en aguas residuales	35
Tabla 2. Estaciones de muestreo – Cuenca baja río Rímac.....	51
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	55
Tabla 4. Grado de potencial de hidrógeno (pH)	57
Tabla 5. Grado de turbiedad	59
Tabla 6. Grado de conductividad eléctrica (C.E.).....	60
Tabla 7. Grado de temperatura (T).....	61
Tabla 8. Grado de la demanda química de oxígeno (DQO).....	62
Tabla 9. Grado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	63
Tabla 10. Grado de la demanda de oxígeno disuelto (OD).....	65
Tabla 11. Grado de coliformes totales (CT).....	66
Tabla 12. Grado de coliformes termotolerantes (CTT).....	67
Tabla 13. Resumen de ANOVA de los efluentes domésticos y la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.....	69
Tabla 14. Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017.....	71
Tabla 15. Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017.....	72
Tabla 16. Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017.....	73
Tabla 17. Significancia de los efluentes domésticos y la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017	74
Tabla 18. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Enero	94

Tabla 19. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Febrero	94
Tabla 20. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Marzo	95
Tabla 21. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Abril	95
Tabla 22. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Mayo	96
Tabla 23. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Junio	96
Tabla 24. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Julio	97
Tabla 25. Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Agosto	97
Tabla 26. Resultado de monitoreos mensuales de nueve parámetros de calidad de agua.....	98

Índice de Figuras

Figura 1. Cuenca del río Rímac. Área de estudio Cuenca Baja del río Rímac.....	13
Figura 2. Ubicación de tramo de la cuenca baja del río Rímac	30
Figura 3. Ubicación de estaciones de monitoreo en la cuenca baja del río Rímac, desde el Puente Huachipa, Carretera Central, km 9,5 hasta las Bocatomas 1 y 2 de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, La Atarjea.....	57
Figura 4. Grado de potencial de hidrógeno (pH).....	58
Figura 5. Grado de turbiedad.....	59
Figura 6. Grado de conductividad eléctrica (C.E.)	60
Figura 7. Grado de temperatura (T)	61
Figura 8. Grado de la demanda química de oxígeno (DQO).....	62
Figura 9. Grado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	64
Figura 10. Grado de la demanda de oxígeno disuelto (OD).....	65
Figura 11. Grado de la coliformes totales (CT).....	66
Figura 12. Grado de la coliformes termotolerantes (CTT).....	68
Figura 13. Estación E-16	100
Figura 14. Estación E-16A	100
Figura 15. Estación E-17	101
Figura 16. Estación E-18	101
Figura 17. Estación MR-3	102
Figura 18. Estación MR-3	102
Figura 19. Estación MR-3	102

Resumen

La cuenca del Rímac es constantemente contaminada por acción del hombre de diferentes formas y medios. La investigación centra su análisis en la contaminación por vertimientos de efluentes de origen doméstico en la cuenca baja del Rímac, proveniente del distrito Santa María de Huachipa, con el fin de conocer la variación de los parámetros e indicadores físicos, químicos y biológicos, en esta parte de la cuenca, estableciendo como objetivo de qué manera los efluentes domésticos inciden en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, en la cuenca baja. 2017. La investigación fue de tipo sustantiva, diseño no experimental, corte longitudinal, el registro de información data de 2017, nivel explicativo. La muestra es el registro de información mensual de 7 estaciones de muestreo cercanos a los puntos de vertimientos de efluentes domésticos provenientes de Huachipa del periodo: enero - agosto 2017, resultando un total de 56 muestras válidas para demostrar la hipótesis planteada. La técnica utilizada es el análisis de datos. Según las evidencias estadísticas, se establece que los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, cuenca baja; con excepción del indicador turbiedad del parámetro físico, que tiene una $\rho > 0,05$, y, los demás parámetros e indicadores presenta una $\rho < 0,05$; se concluye, por tanto, que los efluentes domesticas inciden en la contaminación de la calidad de agua.

Palabras clave: Efluentes domésticos, contaminación de la calidad del agua, río Rímac

Abstract

The Rímac basin is constantly contaminated by human action in different ways and means. The research focuses its analysis on the contamination by discharges of effluents of domestic origin in the lower Rímac basin, coming from the Santa María de Huachipa district, in order to know the variation of the physical, chemical and biological parameters and indicators, in this part of the basin, establishing as an objective how domestic effluents affect the contamination of the water quality of the Rímac river, in the lower basin. 2017. The research was of a substantive type, non-experimental design, longitudinal cut, the information record dates from 2017, explanatory level. The sample is the monthly information record of 7 sampling stations close to the discharge points of domestic effluents from Huachipa for the period: January - August 2017, resulting in a total of 56 valid samples to demonstrate the proposed hypothesis. The technique used is data analysis. According to statistical evidence, it is established that domestic effluents significantly affect the contamination of the water quality of the Rímac river, lower basin; with the exception of the turbidity indicator of the physical parameter, which has a $\rho > 0.05$, and the other parameters and indicators present a $\rho < 0.05$; It is concluded, therefore, that domestic effluents affect the contamination of water quality.

Keywords: Domestic effluents, water quality pollution, Rímac river

I. INTRODUCCIÓN

Una de las grandes preocupaciones del siglo XXI, de la sociedad científica y población mundial, es el agotamiento del recurso agua, sea esta consecuencia de la contaminación de los ríos, lagos y mares por acción del hombre, o consecuencia de los efectos del calentamiento global, tema también de agenda mundial en materia ambiental que afecta las reservas de agua dulce del planeta por los deshielos en los polos norte y sur, región del Ártico y Antártico, respectivamente; en el caso del Perú por el deshielo de los nevados en la Cordillera de los Andes, situación que ya es percibida por la población, que poco a poco, pero cada vez más, comprende y está tomando conciencia de la importancia de este recurso para garantizar la vida del planeta.

En el Perú, existe normativa en materia ambiental que regula la gestión, el cuidado y la protección de los recursos hídricos, para prevenir su contaminación como consecuencia de los vertimientos provenientes de la actividad minera (legal e ilegal), industrial, manufacturera, comercial, agrícola, doméstica, etc.; no obstante, las autoridades y organismos competentes, y la ciudadanía en su conjunto, no han logrado evitar que estos agentes contaminantes continúen descargando sus aguas residuales, en las riberas y cauces de los ríos, lagos y playas del país, sin ningún tipo de tratamiento preliminar.

Lima, la capital del país, concentra el 30% de la población del país, aproximadamente 9.5 millones de personas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). La provincia de Lima, después de El Cairo en Egipto, es la segunda ciudad más grande del mundo poblada en un desierto (Aquafondo, 2019). Se abastece de agua de las cuencas del río Rímac (17%), principal fuente de vida, Chillón (3%) y Lurín (3%), de precipitaciones en los puntos altos de las cuencas, en los meses de diciembre – marzo, del trasvase que proviene de la cuenca del río Mantaro, que pertenece a la vertiente Amazónica (60%), y, a través de aguas subterráneas (17%). (Pinto, 2015)

Los ríos Rímac y Chillón, no satisfacen la demanda de agua que requiere la ciudad de Lima, el río Lurín cumple una función principal de recarga del acuífero. En la actualidad, el agua es insuficiente. Esto es ya percibido por la ciudadanía. No obstante, las cuencas de estos ríos, sobre todo la del Rímac, enfrentan serios problemas de contaminación que afecta su calidad ocasionados por actividades mineras formal e informal, pasivos mineros, residuos agroquímicos, vertimientos legales e ilegales de desagüe doméstico e industrial, y arrojado de desmonte y residuos sólidos (Pinto, 2015). Actualmente, en la cuenca baja, contiguo al recientemente creado distrito de Santa María de Huachipa, el Rímac recibe parte de los efluentes (desagües) que se generan como consecuencia de las actividades de tipo industrial, comercial y doméstica que se realiza en el lugar.

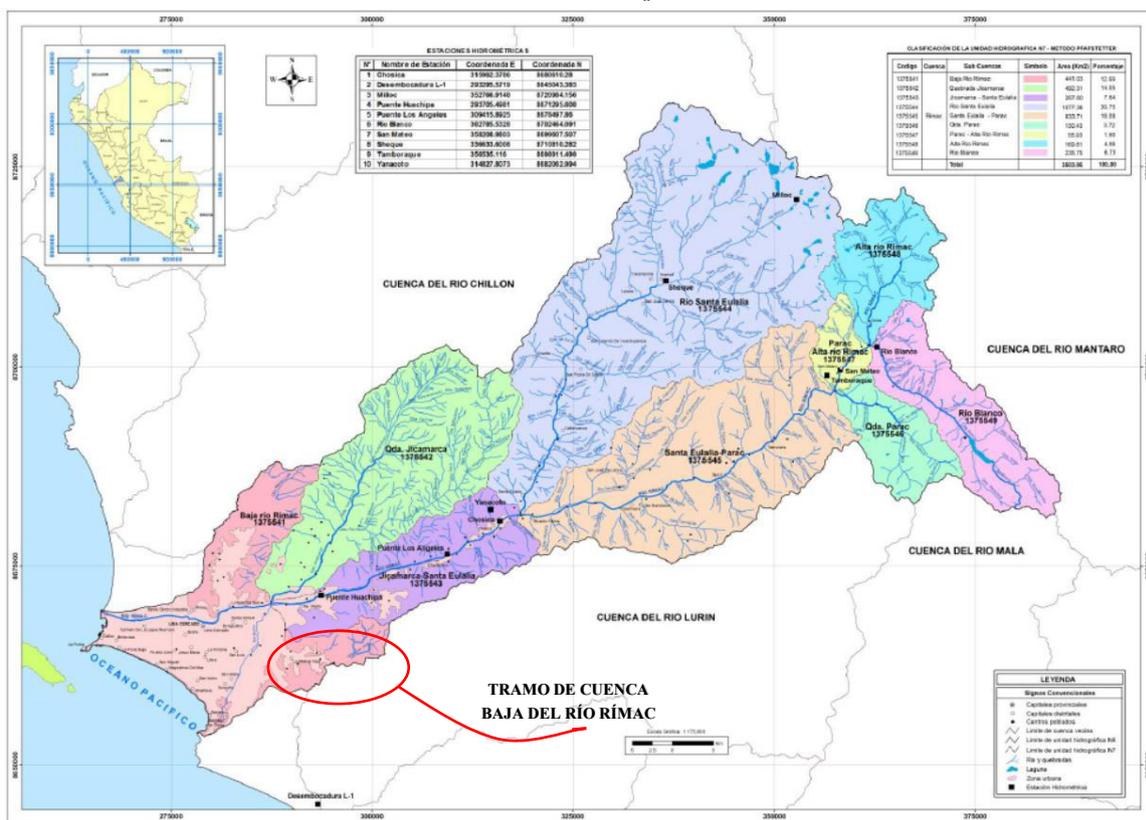
El objeto de la investigación es establecer en qué medida el vertimiento y descarga de efluentes domésticos inciden en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, cuenca baja, comparando para ello, la variación de medias de parámetros e indicadores físico, químicos y biológicos, de muestras obtenidas en siete estaciones de muestreo o monitoreo en el área de estudio, localizados antes y después de las descargas de efluentes en el cauce del Rímac. El estudio está organizado en ocho capítulos, que concluyen con aportes del investigador respecto de la incidencia de los efluentes domésticos en la calidad del agua del río Rímac.

1.1. Planteamiento del problema

Lima ciudad depende del río Rímac para existir. Es la fuente más importante de vida. Sin embargo, no existe real conciencia de parte de la población y autoridades competentes de la preservación de sus aguas. Periódicamente, a través de organismos e instituciones públicas, se realiza monitoreos y controles de los niveles de contaminación a lo largo de la cuenca, revelándose en diversos estudios que como consecuencia de la actividad minera, metalúrgica, industrial, comercial, agrícola y/o poblacional, instaladas y ubicadas a lo largo de su cauce, la afectación de la calidad de sus aguas, es cada vez mayor.

Cerca de las bocatomas de captación de agua de la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de La Atarjea, en la cuenca baja del Rímac (Pinto, 2015), se localiza las descargas de desagües procedentes del distrito Santa María de Huachipa, que vierten sus efluentes domésticos al río Rímac, con alta carga bacteriológica superior al río Huaycoloro y valores muy elevados de materia orgánica (Alvaríño y Iannacone, 2012); y, descargas no urbanas, originados por actividades de tipo industrial y comercial que se realiza hace más de 40 años en el lugar, que vierten también sus efluentes directamente al cauce del río sin ningún tratamiento previo. (Figura 1)

Figura 1
Cuenca del río Rímac. Área de estudio Cuenca Baja del río Rímac



Adaptado de Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010)

1.2. Descripción del problema

El agua es el recurso natural más valioso del planeta y necesario para la subsistencia de todos los seres vivos (Gramajo, 2004). Según la Autoridad Nacional del Agua (2014), el 71 por

ciento de su extensión es agua y alrededor de 1.8% agua dulce, no obstante, cada vez existe menos este recurso en su forma natural apta para consumo humano y para otras actividades cotidianas necesarias que permitan a las personas conservar una buena salud. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO, considera que más de 80% de aguas no tratadas son descargadas directamente en los cuerpos de agua del mundo. Asimismo, en países no desarrollados, como los de América Latina, las aguas residuales no tratadas también son vertidas directamente al medio ambiente. Esto trae consecuencias negativas al ecosistema acuático y tendrá repercusión a largo plazo en el bienestar y salud de las personas. (UNESCO, 2017)

El Perú, se ubica entre los 20 países más ricos del mundo con 74,546 metros cúbicos/habitante/año, volumen hídrico que lo convierte en un país privilegiado (Fernández, 2011); sin embargo, la distribución geográfica del agua no es equitativa respecto del consumo en las regiones del país. Debido que, entre otros, el 70% de la población reside en la costa (vertiente del Pacífico) que produce sólo el 1,5% de la disponibilidad hídrica del país, atendándose este déficit de recurso hídrico en la región, a través de trasvases de una cuenca a otra. (ANA, 2017)

No obstante, la ausencia de lluvias en la sierra central en los meses de avenida (diciembre - marzo), época que debiera ser de mayor disponibilidad, no favorecen la crecida del caudal y recarga de acuíferos, y hacen más notoria la escasez de agua en la cuenca del Rímac, lo que, aunado a la explotación inadecuada del recurso y la mayor demanda de consumo, por el incremento de la población en la capital, revelan una problemática muy crítica en la ciudad de Lima, que es abordada cada cierto tiempo en los medios periodísticos (Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú, 2018). De otro lado, aunado al problema de insuficiencia del recurso hídrico, existe el problema de contaminación de los ríos, que es ocasionado por ciertas urbanizaciones y sectores de la población, que por sus acciones

antropogénicas contaminan continuamente el cauce de los ríos, entre ellas, por vertimiento de efluentes domésticos a lo largo del lecho del Rímac, acrecentando aún más, el nivel de contaminación de sus aguas.

La contaminación del río Rímac es evidente, tan sólo recorrer la rivera de su cauce se puede comprobar que el río alberga restos de basura urbana e industrial de la ciudad y sus alrededores. Existen diversas publicaciones y estudios que abordan esta problemática y señalan que los niveles de contaminación de sus aguas exceden los estándares de calidad ambiental con fines de potabilización para consumo humano. (Pinto, 2015)

Los vertimientos de efluentes de origen doméstico, y de otras actividades, como el minero e industrial, a los cuerpos de agua, como ríos, lagos y/o mares, sin tratamiento alguno o deficiente, contaminan el cauce y cuerpo de las aguas que los reciben. Las evaluaciones y monitoreos realizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en 2009, y otras instituciones en diferentes cuerpos de agua naturales del país revelan la alta contaminación fecal que las aguas residuales ocasionan. En Lima, la cuenca del río Rímac es monitoreada continuamente por DIGESA y el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL, concluyendo que mientras la contaminación por causa minera ha descendido favorablemente, la contaminación de tipo fecal se ha incrementado debido a desagües domésticos de los distritos y poblados ubicados a lo largo de su cauce, alcanzando niveles elevados de coliformes termotolerantes antes de ser captados para su potabilización en la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) La Atarjea. (ANA, 2016)

SEDAPAL ha señalado en reiteradas ocasiones, que como consecuencia del incremento de la contaminación de los ríos Rímac y Chillón, se requiere utilizar una mayor cantidad de insumos químicos adicionales y mayor inversión en equipos tecnológicos, que le permita brindar calidad en el proceso de potabilización del agua, situación que en el año 2015 ocasionó perjuicio económico al Estado de S/ 100 Millones de soles (SEDAPAL, 2015). Con fines de

control de la calidad de agua del río Rímac, para su captación y respectiva potabilización en la PTAP La Atarjea, SEDAPAL efectúa monitoreos en la cuenca del río Rímac, sus tributarios y algunos vertimientos (SINIA, 2009), estableciendo desde el 2015, cuarenta y dos (42) estaciones de monitoreo, desde la Laguna Ticticocha, Carretera Central km 127, hasta las bocatomas N° 1 y 2 de la PTAP La Atarjea. (SEDAPAL, 2016)

El 2015, el viceministro de Construcción y Saneamiento, señaló que a medida que el río Rímac avanza en su recorrido hacia la cuenca baja, la calidad de su agua superficial se deteriora, sobrepasando en el mayor de los casos los límites máximos permisibles establecidos en los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs), siendo el río Huaycoloro una de las fuentes de mayor contaminación del Rímac, debido al traslado de residuos industrial, domésticos y otros, de origen químico y biológicos vertidos en su cauce, ocasionando dificultades en las operaciones en la desinfección del agua efectuada en la planta de La Atarjea. (Dumler, 2015)

El informe *Evaluación de la calidad sanitaria y ambiental de las aguas del río Huaycoloro - Año 2011*, realizado en cuatro estaciones de monitoreo a lo largo de su cauce, para verificar si se cumple la clasificación del río como aportante del río Rímac (Categoría 1, subcategoría A2), concluye que las estaciones monitoreadas del Huaycoloro, concentran un grado de contaminación muy significativo y perjudicial para los seres humanos y con daño al medio ambiente, en los elementos siguientes: cromo, hierro, plomo (en una estación), aceites, grasas, turbiedad, coliformes totales y termotolerantes, y *Escherichia coli*, incumpliendo el ECA del agua del D.S. N° 002-2008-MINAM. (DIGESA, 2012)

El río Huaycoloro, ubicado en Santa María de Huachipa, es el último aportante o tributario del Rímac, descarga sus aguas a escasa distancia de la captación (Bocatoma) de la PTAP La Atarjea. Mejor conocido como “*Huachipa*”, Santa María es un distrito recién creado mediante Ley N° 30888 de 20 de diciembre de 2018, su denominación anterior era Centro

Poblado Santa María de Huachipa. Es conformada por asociaciones y asentamientos humanos, su población es 31,890 habitantes (Congreso de la República, 2018). Se ubica al oeste del distrito de Lurigancho – Chosica, su área es 12'485,688.41 m²; colinda con los distritos de San Juan de Lurigancho y Lurigancho – Chosica, al Norte; con el distrito de Lurigancho – Chosica, Chaclacayo y un sector del distrito de Ate, por el Este; con el distrito de El Agustino, Santa Anita y una parte de Ate, por el Sur; y, con El Agustino, Santa Anita y parte de San Juan de Lurigancho por el Oeste. (Congreso de la República, 2018)

De igual manera, el informe de evaluación de la calidad sanitaria de DIGESA recomienda que los organismos competentes, cuya función es controlar y fiscalizar el vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas, les corresponde identificar los responsables de los vertimientos de efluentes reveladas por DIGESA. Asimismo, la autoridad del sector salud debe identificar qué vertimientos impactan en el río, a fin que la población se informe para sus actividades agrícola, de consumo, baños o similares. (DIGESA, 2012)

Sobre el particular, un artículo periodístico señala “Nadie ha sido sancionado por contaminar el Rímac”, hecho que genera daño ambiental, y, en el 2011, el ANA multó a tres empresas por arrojar desagües industriales sin autorización. Todas apelaron ante la Fiscalía Ambiental de Lima. A partir de 2012, la función de fiscalización recae en el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental de Lima (OEFA) del Ministerio del Ambiente (MINAM). Por vertimientos de efluentes urbanos, no se cuenta con información que se haya aplicado sanción alguna. (El Comercio, 2011)

1.3. Formulación del problema

Por lo expuesto, el investigador formula los siguientes problemas:

Problema general

¿De qué manera los efluentes domésticos inciden en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?

Problemas específicos

Problema específico 1

¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?

Problema específico 2

¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?

Problema específico 3

¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?

1.4. Antecedentes

Son muchos los factores que pueden influir en la contaminación del agua de un sistema hídrico. Las aguas residuales, derivados de efluentes domésticos, por razones de conservación del medio ambiente no deben ser vertidas sin ningún tipo de tratamiento directamente en los cauces de los ríos. El control de la calidad del agua en sus fuentes naturales y de los efluentes de origen doméstico, es competencia de las autoridades y organismos fiscalizadores respectivos, tarea que es realizada periódicamente, no obstante, no influye en la toma de conciencia de los sectores económicos y población vinculada; siendo por tanto necesario insistir con estos mecanismos de control, a fin de reducir la contaminación de las aguas y que su impacto continúe afectando los ecosistemas, medio ambiente y la salud de las personas. El investigador ha encontrado variados estudios relacionados con contaminación de ríos y afectación de la calidad del agua; sin embargo, se pretende dar a conocer en qué medida la contaminación por vertimientos de efluentes domésticos incide en la calidad del agua de la parte baja del río Rímac.

En ese sentido, los estudios referidos se consideran como antecedentes y serán tomados en cuenta como material de referencia de la presente investigación, mencionándose a continuación algunos de los revisados.

1.4.1. Antecedentes internacionales

Sánchez (2019) en su investigación *Evaluación de la calidad del agua y propuesta de medidas de protección ambiental de la Laguna de Zupitlán, Municipio de Acatlán, Hialgo*, que tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del lago respecto del Índice de Calidad del Agua (ICA), revela los resultados de varios muestreos en comparación de valores preestablecidos de medición de su calidad, concluye que el agua de la laguna no es apta para el consumo humano, debido a que contiene una alta concentración de materia orgánica, colocando al agua de la laguna en la clase más desfavorable, que implica ser un agua de mala calidad.

Dapa (2018) en su *Estudio comparativo de caudales y análisis de la calidad del agua del río Pixquiaz, centro de Veracruz, México*, cuyo objetivo fue analizar los parámetros fisicoquímicos para determinar el grado de contaminación de la calidad del agua de río cuenca abajo, señala que el incremento poblacional y las descargas directas de aguas residuales afectan la calidad del agua del río, estudiándose la variación de las concentraciones de *E. coli* y otros coliformes, y su asociación con compuestos orgánicos e inorgánicos diluidos en el río. El resultado del estudio de parámetros fisicoquímicos destaca la presencia de Potasio (K+) asociada a aguas residuales y actividad agrícola, no obstante no supera la norma mexicana. Asimismo, concluye que a menor caudal (<0.5 m³/s) la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos son más elevadas, mientras que esta concentración se diluye cuando el caudal es mayor; y, que la contaminación se incrementa avanzando cuenca abajo, con predominancia de contaminación fecal.

Gonzales (2016) en su tesis *Contaminación del agua, Colonia Santa Cruz Meyehualco*, cuyo objetivo era conocer las causas, formas y fuentes de contaminación del agua, así como,

los efectos en la salud de los pobladores de la colonia. Refiere como causas principales de la contaminación al crecimiento poblacional, de las industrias y el desarrollo de recursos naturales; refiere que el problema del agua, no es la escasez sino la disponibilidad del recurso. Concluye su estudio, que como consecuencia de la contaminación del agua se encuentran enfermedades comunes que afectan la salud poblacional, como el cólera, hepatitis, diarrea, enfermedad de la piel y manchas en las manos. Asimismo, señala que los tiraderos de residuos y deficiencias en los servicios de alcantarillado produce lixiviación de agentes tóxicos y microorganismos patógenos, que contaminan los acuíferos que abastecen los pozos, afectando el agua subterránea de la colonia.

Flores (2015) en su *Estudio de la calidad del agua de uso doméstico de 13 municipios del Estado de México, México*, tuvo como objetivo determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, y comparar sus resultados con los límites máximos permisibles entre municipios; concluye en sus resultados que el 53% de viviendas evaluadas tienen nivel elevado de contaminación, predominando un tipo de agua dura (36%). Asimismo, de 32 muestras analizadas, se determinó la presencia de coliformes totales en 24 unidades y coliformes fecales en 17 de ellos.

Hoyo (2015) en su estudio *Análisis de la calidad del agua de la descarga del rastro municipal de Villa Victoria, Estado de México*, cuyo objetivo fue determinar los parámetros para la evaluación del índice de calidad del agua en los vertimientos; concluye que pese a evaluarse los parámetros mínimos, que permite revelar la característica del agua que se vierte en la presa Villa Victoria, el nivel de contaminación en la descarga del rastro municipal es altamente elevado, debiendo según la comparación con el ECA, que estas aguas debieran ser previamente tratadas antes de su vertimiento a fin de ser inocuo al ser humano.

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017) señala que el crecimiento de las ciudades conlleva un desafío por el incremento de las aguas municipales (urbanas).

En igual sentido, en su libro *Ingeniería Ambiental, Fundamentos – Sustentabilidad – Diseño*, respecto de los problemas ecológicos ocasionados por variación de los parámetros de calidad del agua de los ríos en el mundo por descargas de aguas domésticas urbanas que dañan la vida acuática y medio ambiente, Mihelcic y Zimmerman (2012), señalan lo siguiente:

Las aguas residuales domésticas y muchos desechos industriales son sumamente ricos en materia orgánica comparados con el agua natural. En las aguas negras, las proteínas y los carbohidratos constituyen 90% de la materia orgánica. La fuente la constituyen las heces y la orina de los seres humanos; los desechos alimenticios de los fregaderos; tierra y suciedad de duchas, bañeras y lavadoras; además de varios tipos de jabón, detergente y otros productos de limpieza. Los desechos de ciertas industrias, como las destilerías, las embotelladoras de latas y los productores de pulpa y papel también tienen altos niveles de materia orgánica.

El oxígeno disuelto es un requisito clave para la integración de los organismos que se encuentran asociados en un ecosistema diverso y en equilibrio. A menudo, los desechos domésticos e industriales contienen altos niveles de DBO, que si se descargaran sin haber sido tratados, agotarían las reservas de oxígeno y reducirían la diversidad de la vida acuática de forma grave.

Históricamente, las zonas urbanas obtenían sus requerimientos de agua de superficies de agua locales. Así, las ciudades tienen mucho que ver en asegurarse de que el agua que regresa al medioambiente no haga daño a los sistemas ecológicos o a los usuarios río abajo. También se están volviendo en forma creciente dependientes del tránsito del agua entre cuencas, lo que requiere tremendas cantidades de inversión en infraestructura

y energía utilizada para la recolección, almacenamiento y transferencia. (pp. 191-192, 360)

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2009) considera que, a pesar de existir mejoras, relacionadas con la contaminación y degradación de la calidad del agua, más del 80% de aguas residuales sin tratamiento de países en desarrollo, continúan contaminando las aguas de ríos y lagos.

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) en la *Guía para la calidad del agua potable*, menciona la necesidad de contar con un “marco” de protección establecida por una autoridad con competencia en materia de salud, como requisito básico y esencial para garantizar el agua apta para consumo humano; señala además, que el ser humano evalúa la calidad del agua para su consumo basado principalmente en la percepción de sus sentidos, razón por la cual, este elemento no debe presentar sabor u olor que le resulte desagradable. En tal sentido, refiere que los agentes microbiológicos, y componentes químicos y físicos en el agua pueden contribuir en su aceptación o rechazo, y son causantes de la gran mayoría de los problemas de salud relacionados con su contaminación.

1.4.2. Antecedentes nacionales

Vasquez (2018) en su estudio *Evaluación de la calidad del agua y vertimientos de efluentes industriales en la subcuenca del río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco*, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua y la variación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los últimos años, producida por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos en la Subcuenca Alta y Media del río San Juan. La investigación fue del tipo Cuasi Experimental-Descriptivo, en base a información de monitoreo efectuada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la población de estudio considerada fue la Subcuenca alta y media del río San Juan, en el cual se ubican siete estaciones de monitoreo. El estudio concluye que la concentración de muestras monitoreadas demuestra alteración de la calidad de

sus aguas por contaminación de metales pesados, así como, que los indicadores orgánicos: Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno y Oxígeno disuelto, se han encontrado en la mayoría de veces fuera de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, lo cual denota asociación con vertimientos de tipo doméstico provenientes de ciudades cercanas.

Marcelo (2018) en su investigación sobre los factores físico-químicos del agua en el lago Chinchaycocha, en Pasco – Junín, tuvo como objetivo determinar la calidad físico-química del agua del lago Chinchaycocha y su impacto en la población aledaña. El diseño de la investigación que se consideró fue No experimental transversal descriptivo comparativo. La población objetiva fue el lago Chinchaycocha. El estudio concluye que existe alta concentración de metales pesados que superan los valores del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua en los diversos puntos de muestreo, evidenciándose que la población aledaña al lago presenta problemas de salud, principalmente de tipo digestivo, así como, que una de los factores de la contaminación de la cuenca del lago Junín, es el uso excesivo de insumos agroquímicos en las actividades agrícolas y ganaderas del lugar.

Velásquez (2018) en su tesis sobre la influencia de metales pesados del río Huaycoloro en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, propuso como objetivo determinar el grado de contaminación de metales: plomo y cobre, en el río Huaycoloro y la cuenca baja del Rímac. El diseño de la investigación fue descriptivo-correlacional, la población considerada para el estudio fue la cuenca baja del Rímac y la quebrada del río Huaycoloro. El estudio concluye que el nivel de plomo y cobre de las muestras tomadas después de la interacción de los dos ríos, son mayores que las muestras recogidas aguas arriba, antes de la confluencia, determinando que el río Huaycoloro si influye en la calidad del agua del río Rímac. Cabe precisar, que los metales pesados son considerados metales tóxicos, cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de los seres humanos.

Flores (2017) en su investigación *Variación temporal de la calidad de agua en la bocatoma "La Atarjea", río Rímac (2009-2015)*, propuso establecer patrones de variación temporal e identificar los parámetros de calidad de agua más importantes en el punto de captación (bocatoma) de la PTAP de La Atarjea, desde un enfoque de análisis multivalente no-paramétrico, aplicando la correlación de Spearman entre pares de variables, determinando, entre otros, que la correlación más fuerte se da entre coliformes totales y coliformes termotolerantes, ambas variables son indicadores de contaminación fecal del agua que contienen grupos de bacterias entéricas de humanos y animales. Concluyendo, que la variación temporal de calidad del agua tiene un patrón temporal de tres épocas relacionadas con el caudal del río: estiaje, de mayo a octubre; transición, de noviembre a enero, y, avenida, de febrero a abril. Asimismo, refiere que el análisis de varianza univariante determinó que cuatro variables (*pH*, oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes termotolerantes) no se diferencian entre épocas, y, nueve variables (caudal, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros y hierro) varían en las tres épocas del año.

Rivera (2017) en su evaluación del impacto de los vertimientos del agua residual industrial en un tramo del río Rímac, tuvo como objetivo analizar el comportamiento y determinar la concentración final y dilución de los parámetros críticos en la zona de mezcla del cuerpo receptor, usando modelos matemáticos, respecto de los parámetros analizados (*pH*, T° , aceites y grasas, DBO, DQO, sólidos suspendidos), menciona que en el proceso de dilución de los efluentes industriales vertidos al río Rímac, en el tramo analizado, "se reduce las concentraciones de todos los parámetros del vertimiento (...), debido a sus características morfológicas e hidrodinámicas presentan un buen poder de dilución de la carga contaminante de estos parámetros" (p.75). Refiere además, que "el ANA ha identificado 727 fuentes contaminantes en el ámbito de la cuenca del río Rímac, de los cuales 28 vertimientos de aguas residuales se identificaron en zona media del río Rímac" (p.4).

Guevara (2013) en su investigación *Modelo de gestión para la recuperación de la calidad sanitaria y ambiental del río Rímac por vertimientos domésticos*, concluye que existe la tendencia creciente de vertimientos de desagües domésticos, a través de sus tributarios y afluentes contaminados por falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de los distritos de Huarochirí, y, por el incremento de su población, lo que afecta la calidad de las aguas del Rímac en su cuenca media y baja, por la presencia de coliformes termotolerantes, que causan efectos en la salud; señala además, que no existe una buena coordinación entre la autoridad local, provincial y regional para realizar acciones orientadas a la recuperación del río.

Calla (2010) en su investigación sobre la calidad del agua en la cuenca del río Rímac, en el Sector San Mateo, tuvo como objetivo analizar la variación de la calidad del agua del río Rímac originado por la acción minera y conocer la incidencia de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la calidad de sus aguas, empleando para ello, una metodología Descriptiva – Aplicativa, concluyendo que tanto la actividad minera como la existencia de pasivos ambientales mineros en la zona son los dos factores principales que contaminan las aguas del Rímac, debiendo haber mayor preocupación en el tratamiento de aguas servidas del distrito de San Mateo, ya que existen altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales en sus aguas; recomendando además, realizar un manejo adecuado de la actividad ganadera en la zona, su ubicación y disposición de excretas, los cuales por acción de las precipitaciones pluviales y/o corrientes de agua son vertidos al cauce del río incrementando su contaminación biológica.

DIGESA (2010), menciona en su análisis de parámetros microbiológicos que el río Rímac revela creciente contaminación conforme avanza el curso de sus aguas, por la población creciente y cercana a su cauce, presentando en la estación E-17, en el río Huaycoloro, concentración de coliformes totales por encima del permitido en la normativa ambiental,

incrementando en su unión con el Rímac la carga orgánica de la cuenca baja; reportando en septiembre 2009, la concentración máxima con $1,6 \times 10^5$ NMP/100mL, en la estación E-16 “Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central km 9,5” y, de agosto a diciembre, en E-17 “Río Huaycoloro, antes de la unión con el Río Rímac”, por encima del valor límite de $2,0 \times 10^4$ NMP/100mL. Asimismo, respecto de la contaminación por coliformes termotolerantes, indica que la estación E-17 presenta altos índices de este parámetro orgánico que al confluir con el Rímac, genera también alto impacto negativo en la parte baja de la cuenca, por encima del límite establecido de $4,0 \times 10^3$ NMP/100mL

Aliaga (2005) en su trabajo *Programa de monitoreo del río Rímac, cuenca media y baja*, concluye que la concentración de bacterias coliformes aumenta a medida que el agua avanza río abajo en la cuenca baja; la DBO aumenta cerca de la estación N° 18 (Mirador N° 1, Las Palmeras), por la confluencia con el Huaycoloro, que descarga sus aguas con materia orgánica en el río Rímac, a menos de 1 Km. de la captación de La Atarjea, considerando al Rímac por este incremento, como un río contaminado. Refiere que la cuenca baja del río presenta indicadores de oxígeno disuelto muy bajos (<4 ppm), lo que revela problemas de la calidad del agua, recomendando proteger las márgenes del río Rímac y aplicar sanciones por aquellas actividades que vierten al río sus efluentes sin tratamiento previo.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La investigación surge de la preocupación por la constante contaminación del río Rímac. En el caso particular del estudio, por vertimientos de efluentes de tipo doméstico provenientes del distrito Santa María de Huachipa, sin tratamiento previo y con alto contenido de materia orgánica (coliformes totales y termotolerantes), que en gran medida, son indicadores que la contaminación por esta vía es de origen fecal, que afecta y daña la ya deteriorada flora y fauna del lugar. Alvariño y Iannacone (2012), dicen que los efluentes de aguas residuales

vertidos en las aguas del Rímac, contienen altas cargas bacteriológicas, considerando que la mayor parte del año la carga orgánica es no biodegradable (relación DBO/DQO $< 0,5$), el cual presenta para esta descarga el indicador DQO valores muy elevados

1.5.2. Justificación práctica

La investigación tiene como propósito revelar la problemática existente en la zona de estudio, ocasionada por el vertimiento de efluentes domésticos del distrito de Santa María de Huachipa, pese a su cercanía con la ciudad capital, y que su contaminación no es exclusiva de esta parte de la cuenca. Asimismo, que el resultado sirva como instrumento que contribuya en erradicar o mitigar los vertimientos de efluentes domésticos realizados en su cuenca baja, impulsando a la población que asuma un rol participativo en su cuidado y preservación. Adicionalmente, se espera de manera optimista, que la reducción de los niveles de contaminación de las aguas del río, repercuta indirectamente en una reducción del costo de las tarifas de agua potable.

1.5.3. Justificación metodológica

Para la investigación se obtuvo una data de información válida, elaborada en merito al contrato de prestación de servicios n° 169-2016-SEDAPAL “Servicio de muestreo de Cuencas”, Adjudicación simplificada n° 0037-2017-2016-SEDAPAL, contratada para el Servicio de toma de muestras y medición de parámetros de campo en las cuencas alta, media y baja del río Rímac, represa de Yuracmayo así como en las cuencas del río Sta. Eulalia y del río Mantaro (lagunas alto andinas), con la finalidad que sean llevadas a los laboratorios del Equipo Gestión Integral de Plantas (EGIP) para los análisis fisicoquímicos y biológicos correspondientes, del periodo 2017. Para los resultados, se tomó en cuenta información de indicadores y contaminantes producidos por vertimientos de efluentes de tipo doméstico, a fin que, a partir de los resultados de los análisis fisicoquímico y biológico realizados en las estaciones de muestreo seleccionadas, desde el puente Huachipa (E-16) hasta las bocatomas de

captación de La Atarjea (E-24 y E-25), y según el problema y objetivos propuestos en la investigación, determinar la afectación de la calidad de las aguas en la cuenca baja. Por razones de exactitud y de los datos de información completa se fijó el alcance del estudio en el periodo enero – agosto de 2017.

1.5.4. Justificación institucional

Existen en el país, instituciones y organismos gubernamentales que tienen la responsabilidad del control, monitoreo y conservación de los recursos hídricos, las fuentes de agua y sus cuencas hidrográficas, Estos organismos son:

- MINAM: Ministerio del Ambiente
- OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego
- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- MINSA: Ministerio de Salud
- DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental
- SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
- OSINERMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- La Defensoría del Pueblo, Municipalidad Metropolitana de Lima, Gobiernos Regionales (Lima provincia y Callao), Municipalidades distritales, Administración Local de Agua Chillón-Rímac-Lurín, Junta de Usuarios Rímac, Comunidades campesinas y locales, y la población.

1.5.5. Justificación legal

La investigación se enmarca en las normativas legales siguientes:

- Constitución Política del Perú
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

- Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental
- Decreto Ley N° 25965, mediante el cual se crea la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
- Decreto Supremo N° 007-2017-Vivienda, Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Saneamiento
- Decreto Supremo N° 018-2017-Vivienda, Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021
- Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

1.5.6. Justificación ambiental

La investigación procura establecer en qué medida los vertimientos de efluentes domésticos del distrito de Santa María de Huachipa inciden en la contaminación de las aguas de la cuenca baja del río Rímac; por lo que, el resultado del estudio contribuirá como un aporte a la labor de control que los organismos competentes realizan para la erradicación o mitigación de los vertimientos en el cauce del Rímac.

1.5.6.1 Importancia

El agua es un recurso natural indispensable para la vida, es renovable pero limitado. El ser humano depende intrínsecamente del agua para vivir. En el caso de la ciudad de Lima, las aguas del Rímac es la principal fuente de vida, no obstante, es una fuente constantemente contaminada por el hombre. Por tanto, resulta importante y necesario profundizar la evaluación

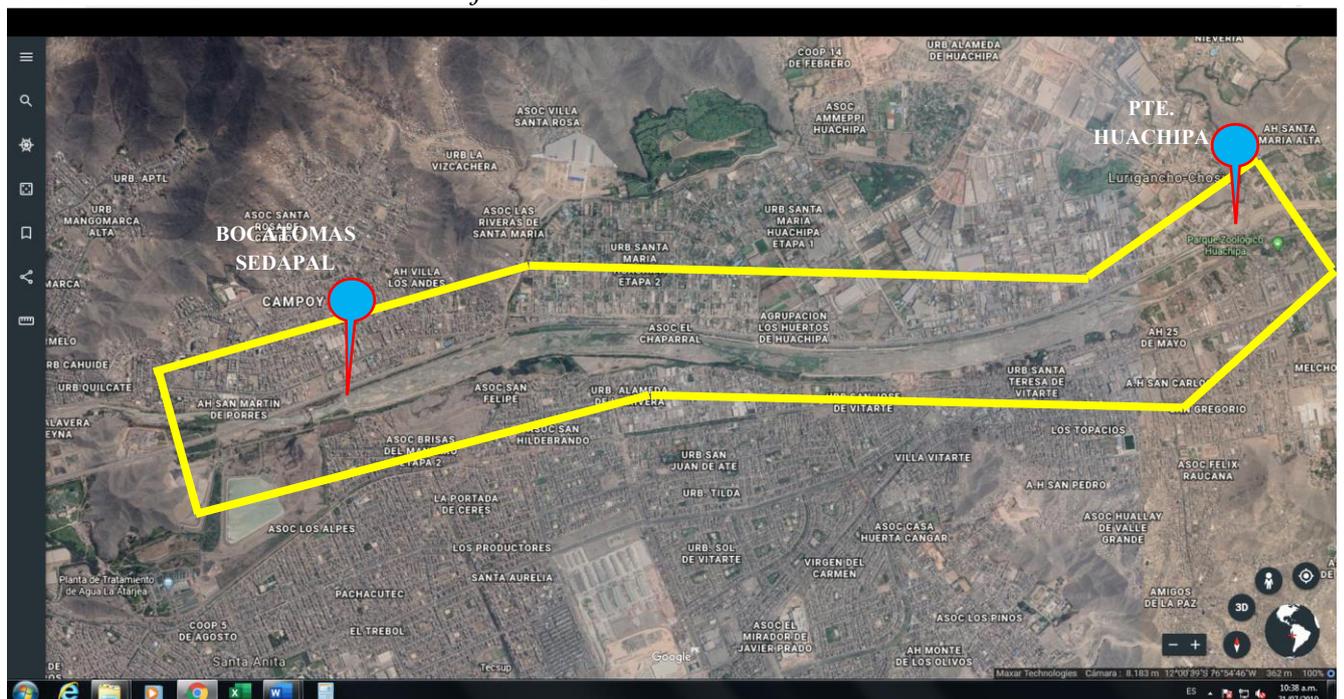
del grado de contaminación de esta fuente por descarga de efluentes domésticos en su cuenca baja, que permita conocer la variación de los parámetros de calidad de sus aguas, y posibilite la reducción del nivel de contaminación y daño ambiental generado.

1.5.6.2 Delimitación de la investigación

A. Espacial. El estudio ha sido desarrollado en un tramo de la cuenca baja del río Rímac, entre el Puente Huachipa y las bocatomas de captación de la Planta de La Atarjea, a lo largo del cauce del río y en el sentido de la corriente de las aguas, en una distancia estimada de 2 km. El área de influencia del cauce, considera aguas arriba y debajo de la confluencia del Rímac con el río Huaycoloro. (Figura 2)

Figura 2

Ubicación de tramo de la cuenca baja del río Rímac



Nota. Área de estudio, del puente Huachipa hasta la bocatoma de la Planta de La Atarjea. Adaptada de Google Earth (2019)

B. Temporal. Para el presente estudio, se dispuso de información de reportes de monitoreos de los meses enero – agosto 2017, realizados por SEDAPAL a través de la empresa Innovación y servicios tecnológicos S.A.C. – INNOVAST, para la toma de muestras y medición de parámetros de campo en la cuenca alta, media y baja del río Rímac, para su análisis

en los laboratorios del Equipo gestión integral de plantas (EGIP) de SEDAPAL, para los análisis fisicoquímicos y biológicos correspondientes.

1.6. Limitaciones de la investigación

No se contó con antecedentes relacionados a la investigación en la zona de estudio. La data obtenida que contiene el registro de valores e indicadores de las características físico-químicas y bacteriológicas de los efluentes vertidos al río Rímac, corresponde al periodo enero – noviembre de 2017, no obstante, la documentación no cuenta con información completa de los últimos meses del año, por lo que, para fines y logro del objetivo propuesto, la evaluación de análisis de incidencia tomará sólo en cuenta el periodo comprendido de enero a agosto de 2017. La profundidad del estudio para este tipo de investigaciones, al ser un tema altamente relevante, de actualidad y ubicarse ad portas de nuestra ciudad, nunca será suficiente.

1.7. Objetivos

El investigador formula los siguientes objetivos:

Objetivo general

Establecer la incidencia de los efluentes domésticos en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.

Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.

Objetivo específico 2

Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.

Objetivo específico 3

Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.

1.8. Hipótesis

El investigador formula las siguientes hipótesis:

Hipótesis general

Los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja.

Hipótesis específica 2

Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja.

Hipótesis específica 3

Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

En el presente capítulo se muestra las teorías y fundamentos científicos que el investigador ha revisado; fuentes de información extraídas de bibliografías de la especialidad, tesis similares, investigaciones nacionales e internacionales sobre la materia, revistas, diarios y fuentes confiables de la internet.

El investigador considera como bases teóricas las fuentes bibliográficas siguientes:

2.1.1. *Efluentes domésticos.*

Ercillo et al. (2005) usan el término aguas servidas para referirse a las aguas residuales, que por su procedencia también pueden ser: aguas cloacales, aguas negras, desagües, líquidos cloacales. Define las aguas servidas como *efluentes* usadas en las viviendas, establecimiento comerciales o industriales. Estas aguas reciben carga orgánica e inorgánica, cuerpos de animales vivos, elementos y productos químicos, medicinales, tóxicos, entre otros, que no la hacen adecuada para su aprovechamiento o beneficio sin que se realice un tratamiento previo. Asimismo, menciona que el *efluente* es un “líquido que sale de un proceso de tratamiento de aguas. Si no hay especificaciones adicionales, podrá entenderse como «efluente de aguas residuales»”. (p.236)

2.1.2. *Aguas residuales.*

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010) la define como “aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo” (Art. 131°).

Conopuma (2018) en su investigación de recuperación de la marina costera de la bahía del Callao en el marco de saneamiento de aguas residuales, cualquiera sea su procedencia “los vertidos de aguas residuales representan una amenaza para los seres vivos y el medio ambiente,

dado que alteran las características del medio natural (masa de agua, terreno) donde se produce la descarga” (p.13).

Aurazo (2004) refiere que las fuentes de agua de origen superficial (ríos, lagunas y lagos) son propensas de ser contaminados por residuos fecales, animal o humano. Esta contaminación debe determinarse con la evaluación de presencia de coliformes termotolerantes o mediante la presencia de *Escherichia coli* (*E. coli*), que pueden provocar diversas enfermedades en los seres humanos.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1999) refiere el alto y potencial impacto de microorganismos comunes, peligrosos e infecciosos en las aguas, como: bacterias, protozoos, helmintos y virus que viven en aguas residuales domésticas no tratadas y causan enfermedades en las personas.

2.1.3. Aguas residuales domésticas.

Lazcano (2014) menciona que el agua residual es producto del accionar de los seres humanos y de los animales, así como de las lluvias que las arrastran y descargan en las redes de desagües y/o vertidas directamente en otro medio. El agua residual de origen *doméstico* se conforma de excretas y orina que provienen de la población, de restos de productos de limpieza como detergentes usados en labores de aseo y lavandería en los hogares, restos químicos tóxicos (dañinos para la salud) como resultado de actividades industriales que se realiza en algunos hogares, vertidas en las redes de alcantarillado y otras, como resultado de las labores de cocina. Describe los diferentes tipos de contaminantes presentes en las aguas residuales, así como los tipos de efluentes, según su procedencia, parámetros que lo caracterizan, y sus potenciales efectos en seres vivos y la naturaleza.

La tabla 1, a continuación, muestra las consecuencias de los contaminantes por efluentes presentes en aguas residuales:

Tabla 1*Efectos de los contaminantes presentes en aguas residuales*

Contaminante	Parámetro de caracterización	Tipo de efluentes	Consecuencias
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales	Domésticos industriales	Depósito de lodos Adsorción de contaminantes Protección de patógenos
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	Domésticos industriales	Problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO ₅	Domésticos industriales	Consumo de oxígeno Mortalidad de peces Condiciones sépticas
Patógenos	Bacterias patógenas formas parasitarias infectantes	Domésticos	Enfermedades intestinales transmitidas por agua y consumo de verduras
Nutrientes	Nitrógeno fosforo	Domésticos industriales	Crecimiento excesivo de algas Amonio tóxico a peces Metahemoglobinemia Contaminación de aguas subterráneas
Compuestos no biodegradables	Pesticidas Detergentes Fenoles DQO	Industriales Agrícolas Domésticos	Tóxico al hombre y animales Interfiere con procesos biológicos Malos olores
Métales pesados	Elementos específicos	Industriales	Tóxico al hombre Inhibe el tratamiento biológico
Sinergismo de contaminantes químicos o biológicos	Bioensayos	Industriales	Toxicidad al hombre y biota Carcinógeno y teratogénico Interfiere en el tratamiento biológico

Adaptada de “Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales” (p.365), por Lazcano (2014).

Mihelcic y Zimmerman (2012) mencionan que, aún si la carga contaminante fuera exigua, las aguas residuales *domésticas* que no son tratadas contienen un alto grado de contaminantes. Asimismo, refiere que las aguas residuales sin tratamiento inciden en ciertos indicadores, como el bajo nivel de oxígeno disuelto, nutrientes como nitrógeno (N) y fosforo (P) que favorecen la acumulación o concentración de residuos orgánicos (eutrofización), químicos altamente tóxicos como el amoníaco (NH₃), metales pesados tóxicos cuya concentración deteriora la salud de las personas, como el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), entre los más comunes, y agentes patógenos, como los virus, bacterias, hongos y protozoos. Predomina también, la concentración de sólidos desagradables a la vista, que emanan un repelente olor. Estima además, que las personas adultas generan entre 10¹¹ y 10¹³ de bacterias coliformes al día.

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010), indica que “Las aguas residuales domésticas, son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana” (Art. 132°).

Contaminación del agua por efluentes domésticos.

La contaminación de los cuerpos de agua por vertimientos de aguas residuales (industrial, comercial, doméstico, etc.) es una realidad latente no sólo en la capital, sino en el país y el mundo; cualquiera sea su procedencia, estas contaminaciones tienen efectos negativos en los cuerpos receptores por la alta carga bacteriana y material orgánico que al descomponerse representa una fuerte amenaza para los seres vivos y el medio ambiente.

Chalarca et al. (2007) en su investigación sobre el impacto de vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad del agua, menciona que en las áreas donde se presenta las principales descargas de aguas residuales domésticas se determinaron variables fisicoquímicas y microbiológicas del efluente doméstico. Indica que el resultado del estudio permite afirmar que existe un impacto de estos efluentes sobre el terreno, sin embargo, estos vertimientos afectan especialmente la calidad ambiental de las zonas urbanas cercanas.

Gramajo (2004) menciona en su estudio sobre calidad del agua para consumo humano y uso industrial, que ciertas especies de bacterias, en especial *Escherichia coli*, y otros microorganismos similares (coliformes y estreptococos fecales), habitan de manera natural en el intestino grueso de las personas y animales, por tanto, su presencia en el agua evidencia la contaminación fecal de las aguas.

Méndez y Méndez (2010), señalan en su artículo sobre permisos para el control de vertimientos de empresas que contaminan las redes de desagüe, que existe dependencia entre la economía y el medio ambiente; concluye que el incremento de precio de reducción de contaminante por vertimientos es trasladado a los usuarios.

En la *Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos*, que describe las fuentes de contaminación de los recursos hídricos, provenientes de efluentes poblacionales, la Autoridad Nacional del Agua (2016), los define como:

Las aguas residuales provenientes del uso poblacional son aquellas de origen residencial, comercial e industrial que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad poblacional. Estas contienen microorganismos patógenos, materia orgánica, detergentes y otros productos químicos. El tratamiento y disposición final está a cargo de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), los municipios y juntas administradoras de servicios de saneamiento - JASS. (p.5)

2.1.4. Residuos orgánicos.

Comisión para la Cooperación Ambiental (2017) define los residuos orgánicos como todo material que procede de alguna “especie de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos, o bien consiste en restos, sobras o productos de desecho de cualquier organismo” (p.4). Categoriza los residuos orgánicos, en el ámbito de su estudio, como desechos alimentarios (residuos de alimentos), desechos de jardín (hojas y hierba), productos de papel, desechos de madera y desechos de mascotas.

Gómez (1995) dice que un residuo es todo bien u objeto devenido en inprovechable (desecho) o el que resta luego de un determinado proceso (residuos); diferencia cinco tipos: urbanos, agrario, clínicos, radiactivos e industriales. Según su procedencia, los residuos urbanos son domiciliarios, consecuencia de la actividad doméstica; voluminosos, también de origen doméstico pero distinto tratamiento por su tamaño; comerciales y de servicios; procedentes de limpieza municipal, e industriales urbanas.

2.1.5. *Materia orgánica.*

Mihelcic y Zimmerman (2012) dicen que un color amarillento u oscuro en el agua es señal de la presencia de materia orgánica disuelta en el agua y un color turbio es indicador de partículas suspendidas. Los seres humanos están propensos a adquirir algún tipo de enfermedades por la presencia de bacterias, virus y protozoos, y compuestos químicos que pueden liberarse en el ambiente.

Carga orgánica.

Lazcano (2014) define que es la cantidad de materia orgánica, que se cuantifica como indicadores DBO₅ o DQO, en un determinado proceso o tratamiento.

Desechos

Pueden ser orgánicos e inorgánicos, producto de la acción de hombres y animales, y de actividades económicas y productivas; incluye heces y otros residuos que se descomponen por bacterias aeróbicas. En exceso facilita la multiplicación de bacterias que puede agotar el oxígeno y, en las aguas, acabar con la vida de peces u otros seres que requieren oxígeno para subsistir.

Fair et al. (2008) afirman que los restos fisiológicos de las personas (heces y orina) son excretadas en porciones que cambian con la edad, sexo y tipo de nutrición. Las excretas fecales contiene restos de comida, secreciones biliar e instestinal, sustancias del aparato digestivo y altas concentraciones de bacterias, que puede llegar a tener un 1/4 del peso de las heces, aproximadamente.

2.1.6. *Calidad del agua*

Ercillo et al. (2005) refieren que recientes investigaciones concluyen que un agua de buena calidad incide significativamente en diversos países en la lucha contra la anemia y favorece la nutrición infantil. El agua es un recurso vital para satisfacer nuestras necesidades,

nadie es dueño de ella, por tanto no debe ser objeto de comercio. El ser humano debe cautelar que sus actividades no deteriore su cantidad y calidad.

Gramajo (2004) define la calidad del agua según el uso para el cual es utilizado; menciona que la calidad debe enfocarse en tres características: físicas (sensoriales, detectadas por los sentidos), químicas (según su composición) y microbiológicas (no detectadas mediante análisis físicos o químicos).

Del Castillo (2008) en el capítulo *El régimen legal del agua*, menciona que “la problemática del agua no se limita a los aspectos de cantidad o disponibilidad de la misma” (p.30), sino que la consecuencia de desatender su calidad podría ser un aspecto muy serio; señala que en el caso del río Rímac, el monitoreo que realiza SEDAPAL revela como el agua ya viene contaminada por la actividad minera en las partes altas de la cuenca.

Chung (2014) en el capítulo *Aguas y arsénico. Legislación y control de la contaminación*, respecto de la contaminación de las aguas refiere “si las descargas de aguas residuales industriales o domésticas tuvieran un tratamiento previo, posiblemente los estándares de calidad del agua se alcanzarían y nuestros cursos de agua serían limpios” (p.118); asimismo, que “para controlar la contaminación existen normas sectoriales (...) para los vertimientos a los cuerpos de agua llamados límites máximos permisibles (LMP)” (p.119), estos son controlados por organismos competentes y de cumplimiento obligatorio. Respecto del control de la contaminación del agua menciona que este se basa en la observancia de la normativa establecida, de los parámetros de referencia o medición de la calidad en los cuerpos de agua, a fin de determinar si representa un riesgo en la salud de la población, orientando la labor de supervisión a comprobar el cumplimiento de las normativas aplicables.

Espinoza (2014) en el capítulo *Agua y arsénico en el escenario de la Política Nacional de Salud Ambiental*, dice que la contaminación del agua, afectando su calidad, limita y compromete el futuro abastecimiento de la población, y que esta afectación “es responsable de

la alteración de los hábitats y de la pérdida de especies por ruptura de la cadena alimentaria, originando graves daños a futuro por desaparición de especies” (p.133). Menciona que el vertimiento de agua residual sin tratamiento que proviene de poblaciones, industrias y desarrollo de actividades informales (minería) afecta la calidad de los ríos; las principales causas del deterioro de la calidad del agua pueden ser los vertimientos de efluentes domésticos e industriales, y el insuficiente y deficiente tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Aborda un enfoque de “la calidad del agua como un sistema desde la fuente hasta la conexión domiciliaria” (p.136). Supone un trabajo articulado de diversas entidades del Estado, estableciendo “los principales actores de la gestión de la calidad del agua para consumo humano son: (1) la autoridad de salud, (2) el proveedor, (3) el consumidor y (4) el órgano de control” (p.136). Esta última labor, indica le corresponde a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

Ley N° 29338 (2009), Ley de recursos hídricos, define el agua como recurso indispensable para la vida, su gestión es de interés nacional y necesidad pública, con el propósito de lograr sostenibilidad del manejo de cuencas hidrográficas y los acuíferos para su preservación e incremento. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y máximo autoridad técnico – normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, como función desarrolla “acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua”. Tiene el rol de vigilancia y fiscalización del agua.

Decreto Supremo N° 031-2010-SA (2010) que aprueba el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, señala las atribuciones y responsabilidades de los organismos competentes, respecto de la gestión de la calidad del agua para consumo humano, estableciendo requisitos de calidad y parámetros microbiológicos y de otros organismos que debe de cumplir

toda agua que tenga por destino el consumo humano, siendo parámetros de control obligatorio (PCO), los siguientes: coliformes totales, coliformes termotolerantes, color, turbiedad y pH.

2.1.7. Características físicas, químicas y biológicas del agua

Físicas

Fair et al. (2008) afirman que “La turbidez, color, olor y sabor no deberán ser tan fuertes que molesten los sentidos de la vista, gusto u olfato del consumidor”. (p.32)

ANA (2014) considera en su estudio como indicadores para determinar la calidad de recursos hídricos los parámetros físicos: pH y conductividad eléctrica.

Químicas

Fair et al. (2008) afirman que “El agua no debe contener concentraciones peligrosas, ni ser excesivamente corrosiva, ni tener residuos excesivos de las sustancias que se emplearon en su tratamiento. Las sustancias posiblemente nocivas fisiológicamente, no se deberán echar en vías que las lleven al consumidor”. (p.32)

Biológicas

Lazcano (2014) dice que las aguas no tratadas presentan diversidad de organismos patógenos al ser humano como: virus, bacterias, parásitos, etc., e indicadores fecales como las bacterias coliformes y *E. coli*.

2.1.8. Parámetros e indicadores de la calidad del agua

Rock y Rivera (2014) dicen que la calidad del agua está representada por sus características físicas, químicas y/o biológicas; la medida de calidad es una referencia de su impacto en las especies acuáticas como peces o en usos para la actividad humana, sea para consumo o recreativo.

OMS (2006) señala que la calidad guarda relación con sus característica fisicoquímicas o microbiológicas, y con los valores de aprobación o rechazo; la calidad físico-química del agua se basa en establecer sustancias específicas que dañen la salud.

Agua potable

Mihelcic y Zimmerman (2012) mencionan que el agua potable es transparente, no tiene color, olor y no debe contener residuos químicos y microorganismos patógenos que puedan dañar al ser humano.

Fair et al. (2008) dicen que el agua potable debe ser aceptable a los sentidos, pura y tener buen sabor, sin organismo patógenos y libre de aspectos indeseables. Existen cinco tipos de organismos que pueden infectar y dañar la salud de las personas “bacterias, protozoarios, helmintos, virus y hongos” (p.14).

Ercillo et al. (2005) dicen que es un elemento que por “su calidad química, física, bacteriológica y organoléptica es apta para consumo humano” (p.233).

Heces

Rock y Rivera (2014) refieren que son deposiciones de los seres humano y de animal; conjuntamente con estas deposiciones se eliminan microorganismos, que contienen la bacteria *E. coli*, que es causante de muchas enfermedades de tipo gastro-intestinal.

Sólidos suspendidos totales (SST)

DIGESA (2010) refiere que son pequeñas partículas no solubles y suficientemente pesadas para sedimentarse en el cuerpo de agua, están compuestas de materia orgánica e inorgánica, microorganismos y plancton. La arena, limo y virus, son causantes de las impurezas visibles en el agua; se identifican mediante el indicador de turbidez, y características de visibilidad, claridad, gusto, color y olor. Pueden afectar la calidad del agua y ser potencialmente dañino para los consumidores.

Potencial de hidrógeno (pH)

Lazcano (2014) define el pH como un nivel ácido o alcalina del agua, el cual se debe a la concentración de iones de hidrógeno presentes en su composición. Sus valores oscilan entre

0-14, siendo $pH=7$, un valor neutro. Las aguas con $pH < 7$, son ácidas, y, $pH > 7$, son alcalinas. Dice existe vida acuática para valores entre 5 y 9.

Mihelcic y Zimmerman (2012) dicen que los valores de pH de un medio acuático va de 0 a 14; el pH de las soluciones ácidas son < 7 , y las soluciones básicas > 7 , el índice $= 7$ es un valor neutro. Considera que el 95% del valor de pH de las aguas naturales oscila de 6 a 9.

Turbiedad (T)

Lazcano (2014) señala que la turbidez se utiliza como parámetro de medición de la calidad del agua, es consecuencia de la variedad de sólidos que en él se suspenden, y pueden ser, según su tamaño, partículas coloidales muy finas, como arcillas, limo, compuestos orgánicos microorganismos, entre otros, o dispersiones gruesas, dependiendo de la fuerza de turbulencia del fluido y características del material suspendido.

Mihelcic y Zimmerman (2012) refieren que la turbiedad es un parámetro de medición de la claridad del agua desde una perspectiva óptica; el grado de turbidez varía y depende de las fuentes de agua. Refiere que la Organización Mundial de la Salud considera como aceptable un grado de turbidez < 5 NTU (Unidades nefelométricas de turbiedad).

Partículas

Mihelcic y Zimmerman (2012) afirman que son sólidos de mayor dimensión que las moléculas, sin embargo para la determinación de su tamaño y cantidad se requiere equipo tecnológico microscópico porque no es fácil su distinción del ojo humano.

Color

Lazcano (2014) dice que las partículas que contiene las aguas residuales definen su coloración, estas partículas pueden ser sólidos suspendidos o sustancias coloidales disueltas; interviene también las sustancias y productos químicos que son arrojadas a las alcantarillas, asimismo, es un indicador de cierto grado de descomposición de material orgánico con presencia microbiana.

Mihelcic y Zimmerman (2012) dicen que el color del agua revela la presencia de materia orgánica disuelta, metales y el grado de turbiedad del agua. Su coloración se clasifica como verdadero o aparente, es un problema de forma, es decir, de tipo estético para las personas.

Olor y sabor

Lazcano (2014) menciona que cuando las aguas se vuelven sépticas liberan gases por la descomposición aerobia y anaerobia de los residuos orgánicos, teniéndose como resultado un fuerte olor insoportable para el común de las personas, esto como consecuencia de la presencia de “ácido sulfhídrico (olor a huevos podridos), amoníaco, indol, escatol, ácido indol acético, etc.” (p.354),

Mihelcic y Zimmerman (2012) afirman que el sabor y olor se deben a compuestos orgánicos e inorgánicos naturales y las cargas biológicas y microbiológicas que existen en las aguas no tratadas. Los olores y sabores son causados por sustancias naturales u orgánicas que por su concentración constituyen su presencia en el agua en mayor o menor grado.

Conductividad eléctrica (CE)

DIGESA (2010) define en su evaluación que la conductividad eléctrica como un enunciado numérico de la capacidad de un medio como camino de la corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia y concentración total de iones, dinámica, otras concentraciones y la temperatura del agua.

Temperatura (°C)

Lazcano (2014) dice que la temperatura del agua residual siempre es más alta que la temperatura del agua de alcantarillado, contribuye a biodegradar la materia orgánica, favoreciendo los procesos fisico-químicos y biológicos. La temperatura elevada propicia la disminución de oxígeno disuelto (OD) en el agua, que ocasiona a su vez, la disminución del crecimiento bacterial y de otras especies, como protozoarios, crustáceos y peces, etc. Las

temperaturas altas, incrementan el crecimiento de hongos y plantas no deseables. La temperatura adecuada para el crecimiento microbiano oscila entre 25-35 °C.

Mihelcic y Zimmerman (2012) mencionan que la temperatura influye en los parámetros fisicoquímicos del agua, como son: densidad, viscosidad, solubilidad y otros, los cuales se utilizan en las plantas y sus procesos de tratamiento.

DIGESA (2010) señala que la temperatura como parámetro de la calidad del agua incide en otros indicadores, como el pH, pérdida de oxígeno, conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. El aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La determinación del valor de temperatura se obtiene in situ.

Oxígeno disuelto (OD)

Lazcano (2014) afirma que la concentración de OD de los desagües sin tratamiento generalmente es baja, mientras que los desagües con tratamiento séptico son anaeróbicos. El OD favorece la vida y crecimiento de las bacterias aeróbicas y facultativas, y de todos los organismos vivos en el sistema acuático, algunos de estos organismos servirán como indicadores de la concentración del agua. Se expresa en mg/L.

Cloruros

OMS (2006) indica que “el cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas” (p.263). Concentraciones excesivas de cloruro ejercen mayor corrosión y daño a los metales de las redes de distribución y alcantarillado. No se plantea un valor que afecte la salud del consumidor; sin embargo, concentraciones superiores a 250 mg/L, puede generar un sabor perceptible.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

DIGESA (2010) define la DQO como el oxígeno consumido por la materia orgánica existente en el cuerpo de agua. El vertimiento de efluentes domésticos o industriales incrementa la materia orgánica y la DQO en el agua, reduciendo el oxígeno disuelto. Se considera valores de DQO de 1 a 5 ppm, para aguas no contaminadas. En la cuenca del río Rímac, se considera referencialmente el DQO establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua: *Categoría 1. "Poblacional y Recreacional" Sub Categoría A2. "Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional"*, aprobado mediante D.S. N° 002-2008-MINAM, cuyo valor es 20 mg/L.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

DIGESA (2010) refiere la DBO₅ mide el oxígeno consumido por microorganismos para degradar la materia orgánica; esta materia del agua residual es usada por los microorganismos para respirar, requiriendo esta materia para crecer y metabolizar de manera conjunta con otros microorganismos sus componentes celulares. Se mide en mg/L de O₂, que consumen en 5 días a 20 °C, sin luz, es el resultando de la degradación de tres tipos de materiales orgánicos. La DBO se utiliza para determinar el impacto causado por contaminación de aguas residuales, el consumo del agua con alto contenido de DBO₅ representa riesgos a la salud.

Lazcano (2014) define la DBO como la cantidad de OD consumida por los microorganismos para oxidar la materia orgánica carbonácea e inorgánica, se considera como un proceso a través del cual el organismo vivo sirve como medio para oxidar la materia orgánica hasta dióxido de carbono y agua. Usado como indicador para medir la cantidad de oxígeno disuelto en agua.

Coliformes totales (CT)

DIGESA (2010) dice que se hallan en las heces como en el medio ambiente (aguas, suelo, materias en descomposición, etc.). Otras especies se viven en las heces, pero se

multiplican en el agua. “El grupo coliforme está compuesto por todas las bacterias Gram negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C” (p.33). Su medición está dada por la probabilidad del número de su muestra de 100 mililitros (NMP/100mL). Su determinación revela que existe ciertas ineficiencia en el tratamiento de aguas y/o el sistema de distribución. Su consumo o inhalación puede provocar enfermedades como gastroenteritis y su contacto, infección a la piel, ojos y oído.

Lazcano (2014) define el grupo coliformes, como enterobacterias propia del tracto intestinal del hombre y animales, todos son bacilos Gram (-) que fermentan la lactosa a 35 °C, generando sensaciones de acidez y gases.

Coliformes termotolerantes (CTT)

DIGESA (2010) dice que proceden de aguas con materia orgánica provenientes de efluentes industriales, vegetales y suelos descompuestos. Se incluye el género de *Escherichia* y otras, en menor grado, como *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Puede fermentar la lactosa entre 44 - 45 °C. Su medición está dada por la probabilidad del número de su muestra de 100 mililitros (NMP/100mL). Para su desarrollo requieren la presencia de nutrientes en suficiente cantidad o que algún elemento contaminado ingrese en contacto con el agua tratada. Su contacto directo puede ocasionar infección de heridas, mucosa en los ojos y oídos. Su consumo puede ocasionar enfermedades como la gastroenteritis aguda.

Lazcano (2014) lo define como coliformes *fecales*, es propio del tracto intestinal de los seres vivos, fermenta la lactosa a 44-45 °C, produce sensaciones de acidez y gases; son indicadores de contaminación fecal, predomina este grupo coliforme la *Escherichia* pero la *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* también son termotolerantes.

Escherichia coli (E. coli)

Rock y Rivera (2014), refieren que es un tipo de bacteria de tipo coliforme termotolerante o fecal, que se encuentra en el intestino de los seres vivos; si una persona enferma de *E. coli*, el sitio principal de alojamiento de esta bacteria es el tracto gastrointestinal, donde vive y crece de forma natural. Su presencia en el agua es un indicador de alerta que existe contaminación de desagües residuales o contaminación por heces de animales.

Lazcano (2014) menciona que no hay otro mejor indicador de la contaminación fecal que el *Escherichia coli*, y en general, todo el grupo de coliformes termotolerantes “son los verdaderos índices de contaminación fecal, incluyendo el agua potable” (p.165).

Mihelcic y Zimmerman (2012) dicen que es un tipo de bacteria que es representativo en almacenamiento de agua cruda o no tratada, habita de manera normal en los intestinos de animales de sangre caliente, tiene una forma de vara, tiene un tamaño de 0,3-0,5 por 1-2 μm ; su ingesta produce diarreas, entre otros.

III. MÉTODO

En el presente capítulo se exponen los criterios adoptados para definir el método, tipo, nivel y diseño de investigación; así como, lo referente a la población, muestra, operacionalización de las variables, instrumento, métodos y técnicas de recolección de datos, y su respectivo análisis. El enfoque metodológico de la investigación es de tipo cuantitativo, paramétrico y sustantivo. Teniendo en cuenta el procedimiento estadístico de análisis de datos, se realizó la estadística descriptiva e inferencial. (Sanchez y Reyes, 2015)

3.1. Tipo de investigación

El estudio por su naturaleza es de tipo sustantivo. Sánchez y Reyes (2015) manifiestan que este tipo de investigación se encarga de “responder a los problemas sustanciales, donde está orientada, a describir, explicar, predecir o retrodecir la realidad lo cual busca dar principios y leyes generales que permitan profundizar una teoría” (p.45).

3.1.1. Método de la investigación

El método de la investigación es hipotético deductivo, toda vez que parte de inferencias lógicas para arribar a conclusiones particulares a partir de las hipótesis planteadas; así, de esta manera, comprobar dichas hipótesis que permita generalizar los resultados. (Sánchez y Reyes, 2015)

3.1.2. Nivel de estudio

El estudio es de nivel explicativo que “está orientado al descubrimiento de los factores causales que han podido incidir o afectar la ocurrencia de un fenómeno” (Sánchez y Reyes, 2015, p.46).

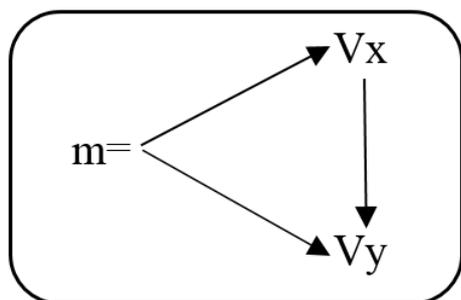
3.1.3. Diseño

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, longitudinal – diseño de panel, ya que no se manipuló ni se sometió a prueba las variables de estudio, utilizando datos retrospectivos. (Hernández et al., 2014)

El estudio se realizó bajo un corte longitudinal porque se estudió las variables “recabando datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar las inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y efectos” (Hernández et al., 2014, p.159).

Diseños panel “toda una población o grupo es seguido a través del tiempo” (Hernández et al., 2014, p.161).

El diseño de estudio fue correlacional causal, debido a que “las causas y los efectos ya ocurrieron en la realidad y quienes lo investigan los reportan” (Hernández et al., 2014, p.158). Tuvo como objetivo buscar la incidencia entre las variables: efluentes domésticos y calidad del agua. El diagrama representativo de este diseño es el siguiente:



Donde:

m : río Rímac

Vx : variable independiente efluentes domésticos

Vy : variable dependiente calidad del agua

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población de estudio es la cuenca del río Rímac, donde se ubican las 42 estaciones de monitoreo o puntos de muestreo, con los que actualmente cuenta SEDAPAL en la cuenca del Rímac, para el registro, control y evaluación de la calidad de sus aguas, para sus procesos de captación, tratamiento y potabilización del agua para el consumo de la población de Lima.

El área de estudio está definida desde el puente Huachipa, ubicado en el km 9,5 de la Carretera Central hasta las bocatomas de la PTAP de La Atarjea, colindantes con los distritos de Santa María de Huachipa y de Ate, ubicados en la ciudad de Lima, Perú.

La investigación considera la data de información de las estaciones de muestreo 2017, ubicadas próxima a los puntos donde los efluentes domésticos son vertidos directamente al río Rímac. En ese sentido, población es el “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández, et al., 2014, p. 174).

3.2.2. Muestra

Bernal (2016) menciona que es muestra es “la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (p.161).

Al respecto, con el fin de garantizar la representatividad de la muestra de la población, se ha realizado la técnica de muestreo de tipo No probabilístico por conveniencia, que permitirá tomar en cuenta únicamente los parámetros de medición relacionados con la carga de agua residual contaminante por vertimiento de efluentes domésticos. Por tal razón, como muestra representativa para el estudio se considera 7 estaciones de monitoreo ubicadas en el área de estudio en la cuenca baja del río Rímac, las cuales están codificadas como: E-16, E-16A, E-17, E-18, E-24, E-25 y MR-3 (Ver Tabla 2).

Tabla 2
Estaciones de muestreo – Cuenca baja río Rímac

Estación	Descripción	Ubicación	Coordenadas		Altitud
			Este (W)	Norte (E)	
E-16	Río Rímac, puente Huachipa C. Central km 9,5.		0293060	8671120	402
E-16A	100 m antes de Huaycoloro.		0287380	8670422	292
E-17	Río Huaycoloro, antes de la unión con el río Rímac.	Cuenca baja y vertimientos	0287550	8670430	293
E18	Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras		0286144	8669890	272
E-24	Río Rímac, Bocatoma N° 1, Planta de Tratamiento La Atarjea		0286015	8669750	273
E-25	Río Rímac, Bocatoma N° 2, Planta de Tratamiento La Atarjea		0285965	8669821	272
MR-3	Efluente Centro Poblado Sta. María de Huachipa		0288085	8670546	309

Adaptado de Adjudicación Simplificada N° 0037-2018-Sedapal, Bases integradas

La muestra cuenta con el registro de información y evaluación mensual obtenida para cada una de las 7 estaciones, del mes de enero hasta agosto de 2017, resultando un total de 56 muestras que serán utilizadas para demostrar la validez de la hipótesis planteada.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Definición de variables

Las variables se determinaron a partir de la hipótesis general, proponiendo la variable independiente, que causa el fenómeno planteado; y, variable dependiente, que varía de manera dependiente de la primera variable. El propósito del estudio es determinar la incidencia de la variable X1 en Y1, según lo siguiente:

- Variable Independiente (X): efluentes domésticos
- Variable Dependiente (Y): calidad del agua

La variable de estudio es la contaminación de la calidad del agua del río Rímac por efluentes domésticos.

3.3.2. Indicadores

El estudio considera indicadores para cada una de las variables, de ese modo, el parámetro de medición de la contaminación por efluentes domésticos, derivado de la actividad humana es: residuos orgánicos (heces y desechos orgánicos); y como, indicadores de la contaminación de la calidad del agua: parámetros físicos (*pH*, turbiedad, conductividad eléctrica, temperatura); químicos (DQO, DBO, Oxígeno disuelto) y biológicos (coliformes totales y termotolerantes), expresados en sus propias unidades de medición.

La operacionalización de variables de estudio y sus respectivos indicadores, se muestran en la tabla 3.

3.4. Instrumentos

Para el análisis de la información se aplicó la Estadística descriptiva: Frecuencia y porcentaje. Asimismo, se utilizó la Estadística inferencial: ANOVA, ya que el presente estudio

demanda la comprobación de hipótesis causales. Sánchez y Reyes (2015) manifiestan que este tipo de hipótesis requieren el uso de la ANOVA. Un análisis de varianza (ANOVA) permite probar la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores.

3.5. Procedimientos

Sánchez y Reyes (2015) afirman que “las técnicas son los medios por los cuales se procede a recoger información requerida de una realidad o fenómeno en función a los objetivos de la investigación” (p.163). La técnica que se utilizó fue el análisis de datos que consiste en el procesamiento estadístico de la información recogida. El análisis de datos es la ciencia que examina datos en bruto con el propósito de sacar conclusiones sobre la información. El análisis de datos se distingue de la extracción de datos por su alcance, su propósito y su enfoque sobre el análisis.

La información obtenida es de fuente secundaria, contiene el reporte de los monitoreos y toma de muestras mensuales (Enero – agosto 2017), de parámetros de campo en la cuenca alta, media y baja del río Rímac; represa de Yuracmayo; cuencas del río Santa Eulalia y río Mantaro (Lagunas alto andinas), realizado por la empresa Innovación y servicios tecnológicos S.A.C. (INNOVAST), contrato de prestación de servicios n.º 169-2016-SEDAPAL (Adjudicación Simplificada nº 0037-2016-SEDAPAL); con el fin de realizar los análisis fisicoquímicos y biológicos respectivos en los laboratorios del Equipo gestión integral de plantas (EGIP).

3.6. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se consideró un nivel de confianza del 95%, por lo que el nivel de significancia estadística (sig.) representativa es 0,05. De esta manera la comprobación de hipótesis se realizó mediante la siguiente condición:

Si valor $\rho < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula o de igualdad de varianzas.

Si valor $\rho > 0,05$, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas o de medias.; lo que quiere decir que no existen diferencias significativas entre los grupos.

El análisis de datos se realiza con apoyo del programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23; el mismo que se desarrolla en el capítulo IV.

Tabla 3*Operacionalización de variables***Variable independiente: X**

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Medición	Técnica e instrumento
Efluentes domésticos	Efluentes que resultan del uso del agua en la vivienda, el comercio o la industria. Reciben materia orgánica e inorgánica, organismos vivos, elementos tóxicos, entre otros, que las hacen inadecuadas para usos benéficos y es necesario su evacuación, recolección y transporte para tratamiento y disposición final. (Ercillo, et al., 2005)	1. Residuos orgánicos	Heces Desechos orgánicos	Volumen Volumen	Cuantitativa	Análisis documental (Fuente secundaria) -

Variable dependiente: Y

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Medición	Técnica e instrumento
Calidad del agua	La calidad del agua se define de acuerdo al uso que se le vaya a dar (Gramajo, 2004). La calidad se determina en función de sus características fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo, la calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006).	1. Parámetros físicos 2. Parámetros químicos 3. Parámetros biológicos	pH Turbiedad Conductividad Eléctrica Temperatura DQO DBO Oxígeno disuelto Coliformes totales Coliformes termotolerantes	0-14 NTU uS/cm °C mg/L mg/L mg/L UFC/100 mL UFC/100 mL	Cuantitativa	Análisis documental (Fuente secundaria) -

Nota. Tabla de Operacionalización de variables. Adaptación propia

IV. RESULTADOS

Para la medición de la variable se utilizó la Prueba de homogeneidad de varianzas, que permite determinar las diferencias que presenta una variable numérica a partir de la comparación de varios grupos.

Este análisis comparativo de medias, se realizó mediante la técnica de ANOVA (ANAlisys Of VAriance) de un factor o vía, para lo cual, se supone válidas una serie de condiciones: variables similares, distribuciones aproximadamente normales y tamaños de muestras no dispares. (Barón y Tellez, 2004)

4.1. Información de muestreos en estaciones (data)

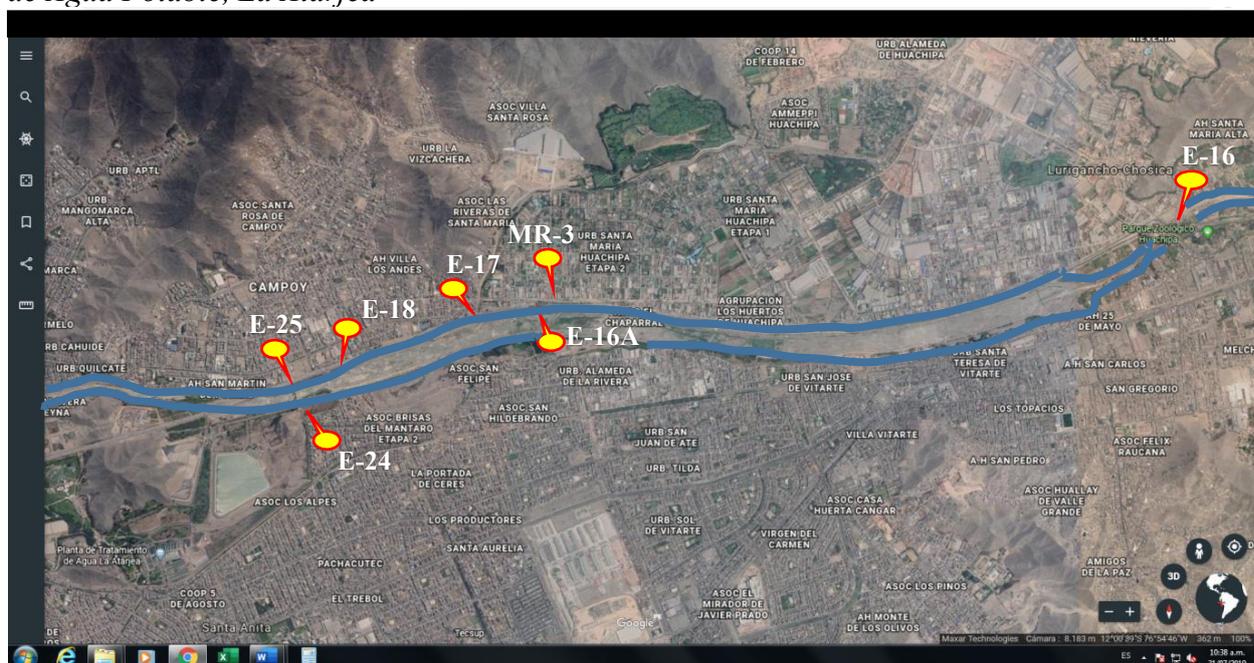
El resultado de los monitoreos mensuales y parámetros considerados para el análisis de la calidad de agua en el área de estudio, a partir de la data obtenida de SEDAPAL, como son: el potencial de hidrogeno (pH), turbiedad (T), conductividad eléctrica (CE), temperatura (T°), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT), por estación y mes analizado, se muestra en el Anexo B.

De igual manera, la tabla de asignación de valores por cada mes y estación de monitoreo: E-16, E-16 A, E-17, E-18, E-24, E-25 y MR-3, para el registro de información y respectivo análisis en el SPSS - versión 23.

El detalle y ubicación de las estaciones de monitoreo en la cuenca baja del Rímac, se muestran en la Figura 3, siguiente:

Figura 3

Ubicación de estaciones de monitoreo en la cuenca baja del río Rímac, desde el Puente Huachipa, Carretera Central, km 9,5 hasta las Bocatomas 1 y 2 de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, La Atarjea



Nota. Ubicación de estaciones de monitoreo en el río Rímac, a partir de las Bases Integradas de la Adjudicación Simplificada N° 0037-2018-SEDAPAL. Adaptada de: Google Earth (2019)

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Descriptivos de la dimensión parámetros físicos

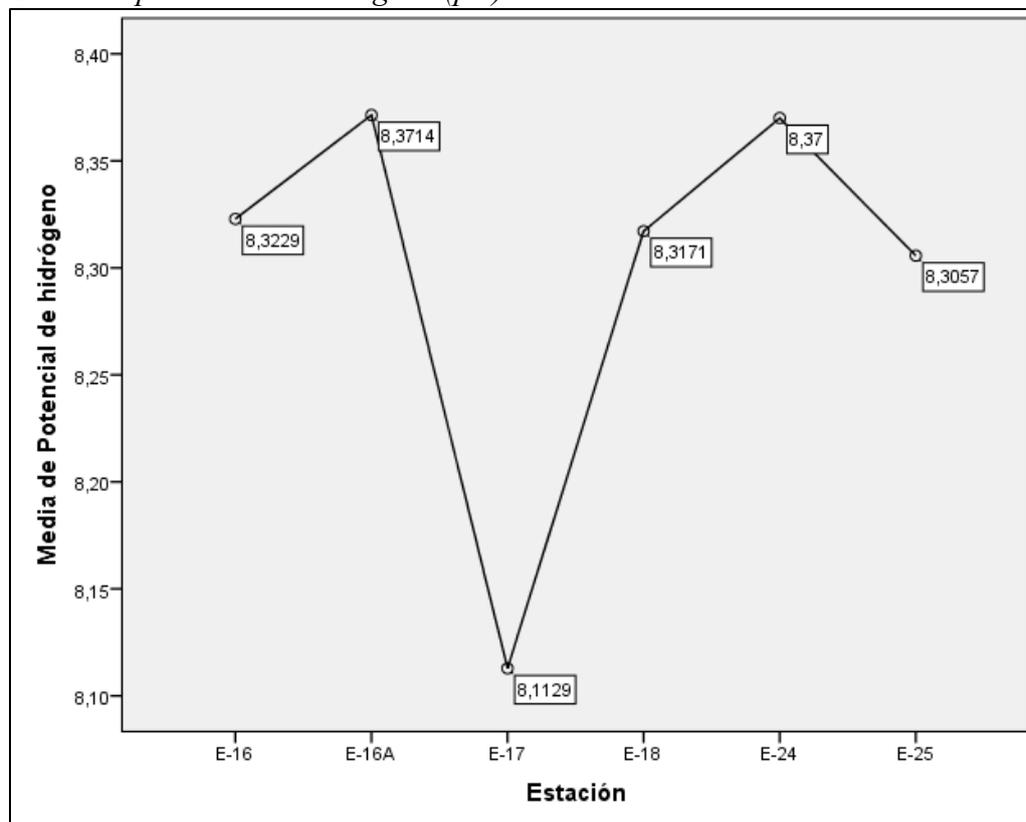
Tabla 4

Grado de potencial de hidrógeno (pH)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	8,3229	8,3714	8,1129	8,3171	8,3700	8,3057
Desv. estándar	,14963	,03900	,06473	,14430	,19833	,11516
Mínimo	8,16	8,08	8,04	8,11	8,12	8,15
Máximo	8,61	8,63	8,18	8,49	8,69	8,48
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 4
Grado de potencial de hidrógeno (pH)



Nota. La unidad de la media de Potencial de hidrógeno (pH) en unidades. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

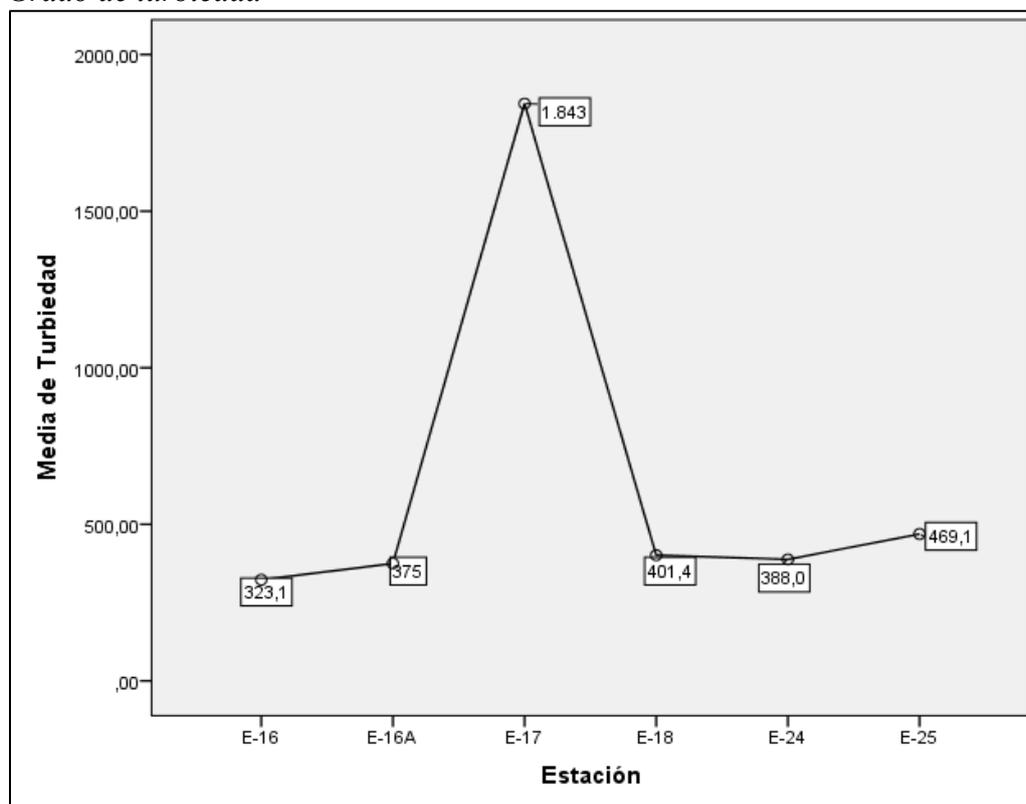
De acuerdo a la Tabla 4 y Figura 4, la estación E-16A, correspondiente a 100 m antes del río Huaycoloro, la media del pH del río Rímac es más alta con un valor de 8,3714 a diferencia de las demás estaciones, por encima de las estaciones E-24 y E-25, de las bocatomas N° 1 y 2 de la PTAP La Atarjea, que tienen una media más baja de potencial de hidrógeno con valores de 8,37 y 8,3057, respectivamente. Asimismo, la media de los valores del potencial de hidrógeno (pH) de todas las estaciones de muestreo, se encuentran dentro de los rangos definidos para el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) de 5,5 – 9,0 unidades.

Tabla 5
Grado de turbiedad

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	323,1143	375,0000	1843,2857	401,4286	388,0143	469,1143
Desv. estándar	502,76356	602,78429	2408,42021	708,18691	675,07304	687,44654
Mínimo	12,60	13,60	206,00	16,50	2,10	15,50
Máximo	1417,00	1710,00	5400,00	1976,00	1881,00	1911,00
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 5
Grado de turbiedad



Nota. La unidad de la media de Turbiedad en U.N.T. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

En la Tabla 5 y Figura 5, en la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, la media del parámetro de turbiedad es más alta con un valor de 1843, a diferencia de las demás estaciones, por encima de las estaciones E-24 y E-25, de las bocatomas N° 1 y 2 de la PTAP La Atarjea, que tienen una media más baja de turbidez con valores de 388,01 y

469,11. Para todos los casos, la media de este parámetro está por encima del rango definido para el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) < 100 U.N.T.

Tabla 6

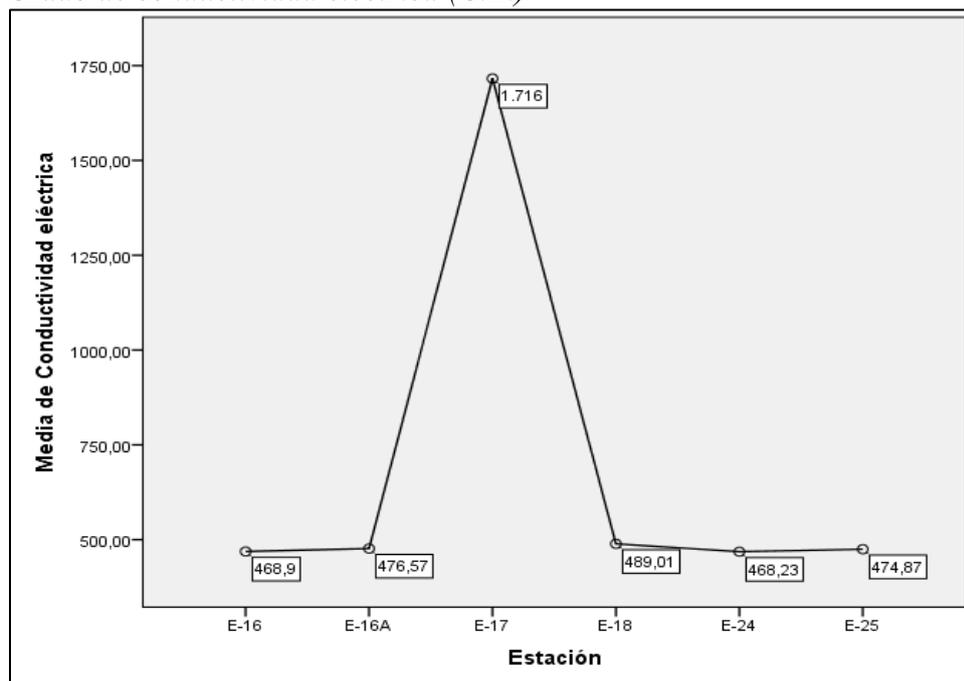
Grado de conductividad eléctrica (C.E.)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	468,9000	476,5714	1716,0000	489,0143	468,2286	474,8714
Desv. estándar	123,67482	129,59757	313,53150	134,19180	129,40431	128,76526
Mínimo	310,70	307,00	1225,00	306,40	291,40	300,30
Máximo	609,00	612,00	2122,00	662,80	610,10	610,00
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 6

Grado de conductividad eléctrica (C.E.)



Nota. La unidad de la media de Conductividad eléctrica en umho/cm. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia.

En la Tabla 6 y Figura 6, las estaciones E-16 y E-24, del río Rímac, en el puente Huachipa carretera central km 9,5, y en la bocatoma N° 2, tienen la media de conductividad eléctrica más baja con un valor de 468,9 y 468,23, a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, tiene la media de

conductividad eléctrica más alta, con un valor de 1716,00. La media de este parámetro en todas las estaciones, con excepción de la estación E-17, se mantienen dentro del rango definido para el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs), menor a 1600 umho/cm.

Tabla 7

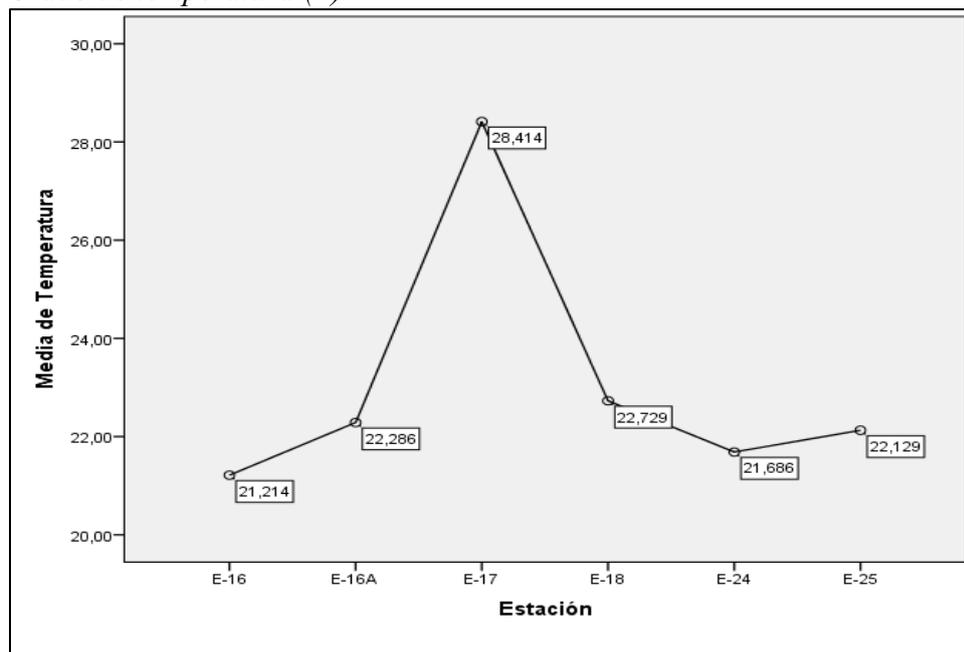
Grado de temperatura (T)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	21,2143	22,2857	28,4143	22,7286	21,6857	22,1286
Desv. estándar	0,89336	1,21577	2,13575	1,55426	1,31963	1,51406
Mínimo	20,00	20,90	24,70	20,40	20,00	20,00
Máximo	22,50	24,10	30,30	24,80	23,80	24,20
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 7

Grado de temperatura (T)



Nota. La unidad de la media de la Temperatura en °C. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia.

En la Tabla 7 y Figura 7, se observa que en la estación E-16, en el río Rímac, en el Puente Huachipa carretera central km 9,5, la media de temperatura es más baja con un valor de 21,214, a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de

la unión con el Rímac, tiene la media más alta de temperatura con un valor de 28,414, por encima incluso, de las estaciones E-24 y E-25, correspondientes a las bocatomas N° 1 y 2 de la Planta de tratamiento La Atarjea, que tienen una media más baja de temperatura con valores de 21,6857 y 22,1286, respectivamente. Para todos los casos, la temperatura mantiene valores por debajo de lo señalado en el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs), igual a 35 °C.

4.2.2. Descriptivos de la dimensión parámetros químicos

Tabla 8

Grado de la demanda química de oxígeno (DQO)

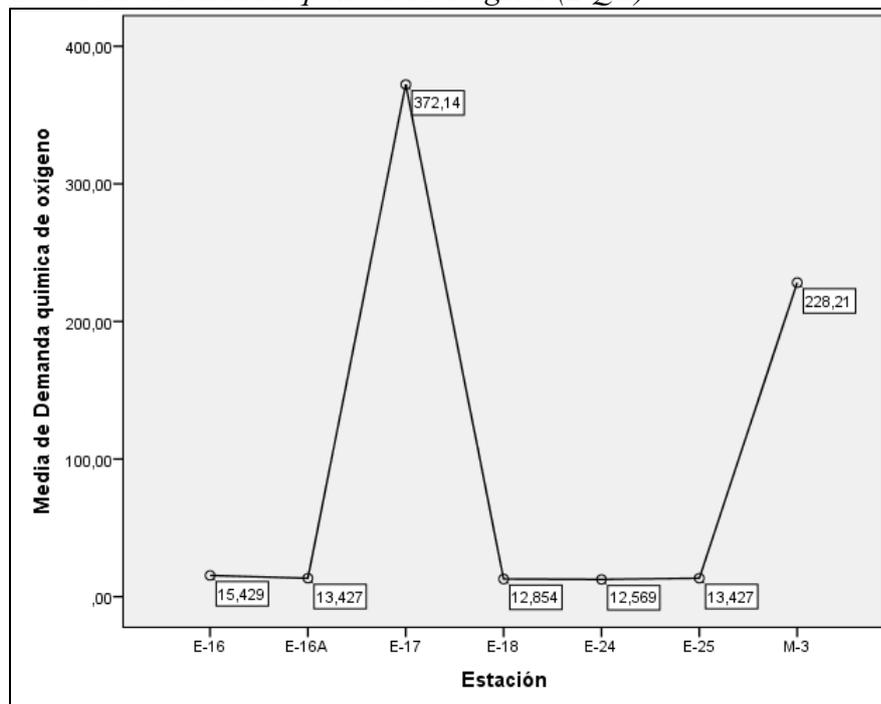
	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	15,4286	13,4271	372,1429	12,8543	12,5686	13,4271
Desv. estándar	12,69983	7,97792	266,09612	9,85877	10,29577	11,25376
Mínimo	7,00	4,99	125,00	4,99	4,99	4,99
Máximo	43,00	26,00	930,00	33,00	33,00	38,00
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23.

Adaptación propia

Figura 8

Grado de la demanda química de oxígeno (DQO)



Nota. La unidad de la media de Demanda química de oxígeno en mg/L. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

En la Tabla 8 y Figura 8, se observa que en la estación E-24, en la bocatoma N° 1 de la Planta de tratamiento La Atarjea, la demanda química de oxígeno tiene la media más baja con un valor de 12,569 a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, tiene la media más alta de DQO con un valor de 372,14, por encima de la estación E-25, correspondiente a las bocatomas N° 2 de la PTAP La Atarjea, que tiene una media más baja de DQO con un valor de 13,427. Para este parámetro, la media de demanda química de oxígeno (DQO), presenta picos en las estaciones E-17 y MR-3, muy por encima del estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) que es 20,0 mg/L. En las otras estaciones el valor DQO se encuentra en el rango permisible.

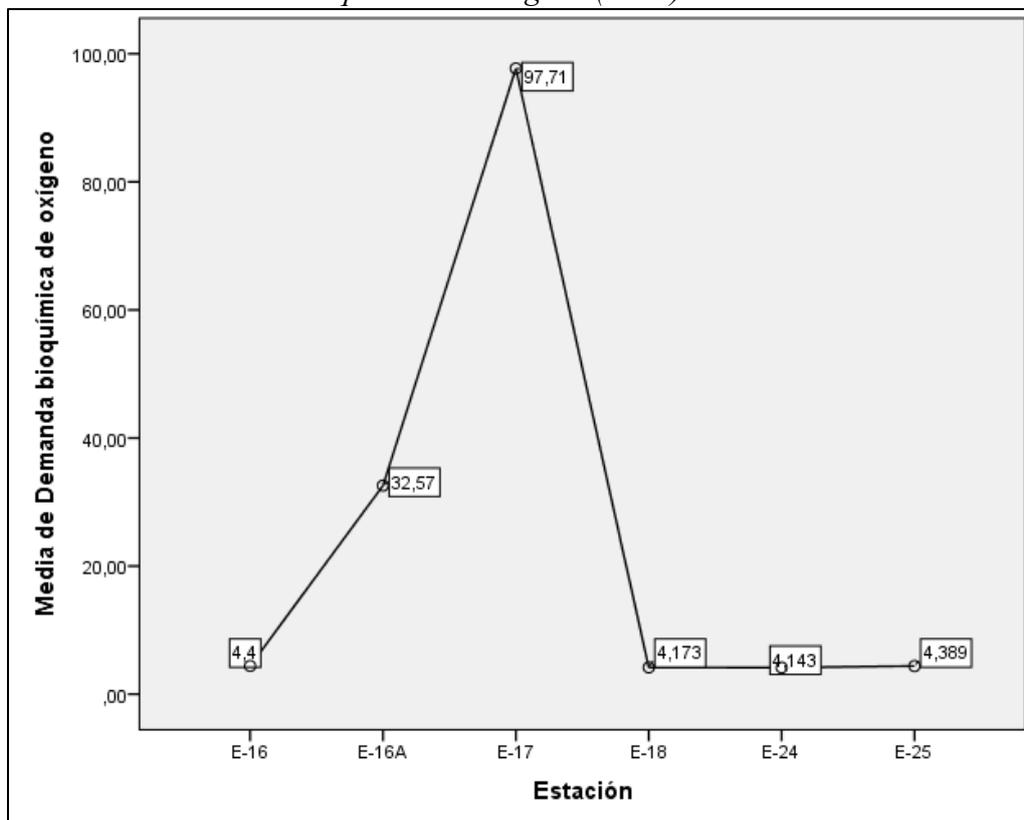
Tabla 9

Grado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	4,4000	32,5743	97,7114	4,1729	4,1429	4,3886
Desv. estándar	2,95693	73,90011	78,94333	1,95963	2,37254	2,20061
Mínimo	2,04	1,99	4,63	1,99	1,99	1,99
Máximo	8,87	200,00	234,50	7,11	8,51	7,71
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 9
Grado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)



Nota. La unidad de la media de Demanda bioquímica de oxígeno en mg/L. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

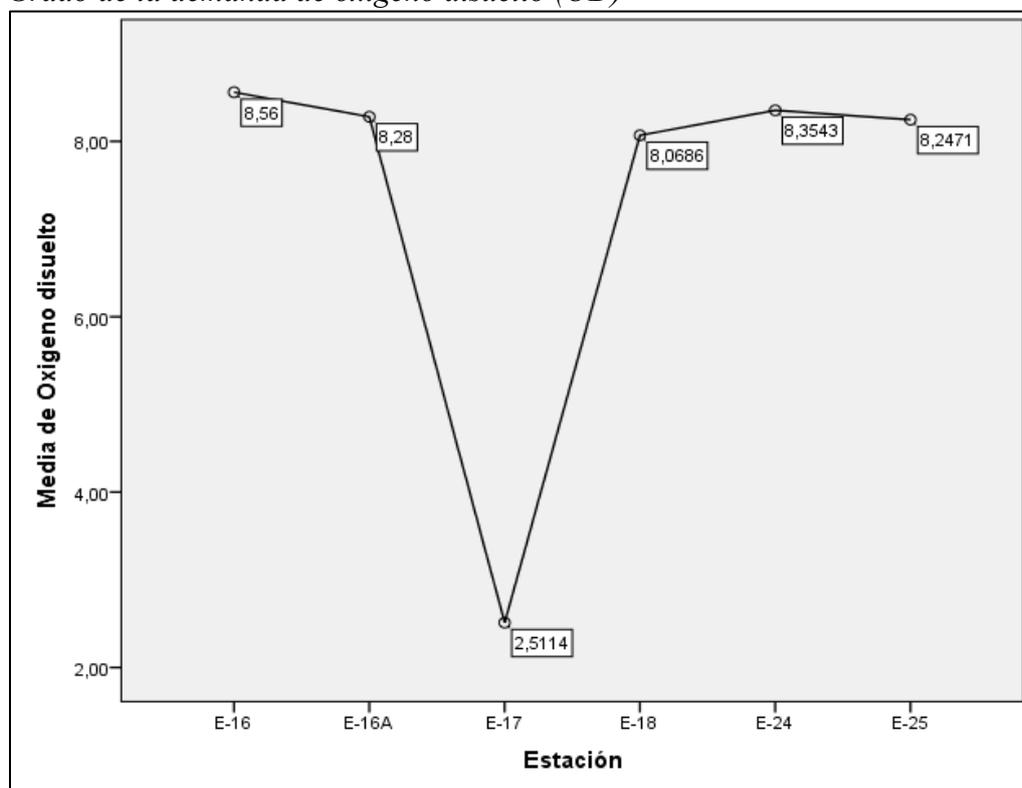
En la Tabla 9 y Figura 9, en la estación E-24, en la bocatoma N° 1 de la PTAP La Atarjea, la demanda bioquímica de oxígeno es más baja con un valor de 4,1429 a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, tiene la media más alta de DBO con un valor de 97,71, muy por encima de la estación E-24, antes mencionada, y la estación E-25, de la bocatoma N° 2 de la PTAP La Atarjea, que tiene una media más baja de DBO con un valor de 4,3886. Para este parámetro, la media de DBO en las estaciones E-16 A y E-17, presentan niveles superiores al estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) de 5,0 mg/L. Las otras estaciones el valor DBO se encuentra en los rangos permisibles.

Tabla 10
Grado de la demanda de oxígeno disuelto (OD)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	8,5600	8,2800	2,5114	8,0686	8,3543	8,2471
Desv. estándar	,25285	,30370	2,17257	,33359	,28065	,49456
Mínimo	8,13	7,77	,24	7,54	7,86	7,28
Máximo	8,86	8,67	5,98	8,45	8,68	8,76
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 10
Grado de la demanda de oxígeno disuelto (OD)



Nota. La unidad de la media de Oxígeno disuelto en mg/L. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

En la Tabla 10 y Figura 10, en la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, el oxígeno disuelto tiene la media más baja con un valor de 2,5114 a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-16, en el río Rímac, en el Puente Huachipa carretera central km 9,5, tiene la media más alta de oxígeno disuelto con un valor de 8,56. En este caso,

la estación E-17 presenta un valor de media de oxígeno disuelto (OD) por debajo del permisible, que para el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs), debe ser $\geq 5,0$ mg/L.

En las otras estaciones el valor de OD se encuentra en los rangos permisibles.

4.2.3. Descriptivos de la dimensión parámetros biológicos

Tabla 11

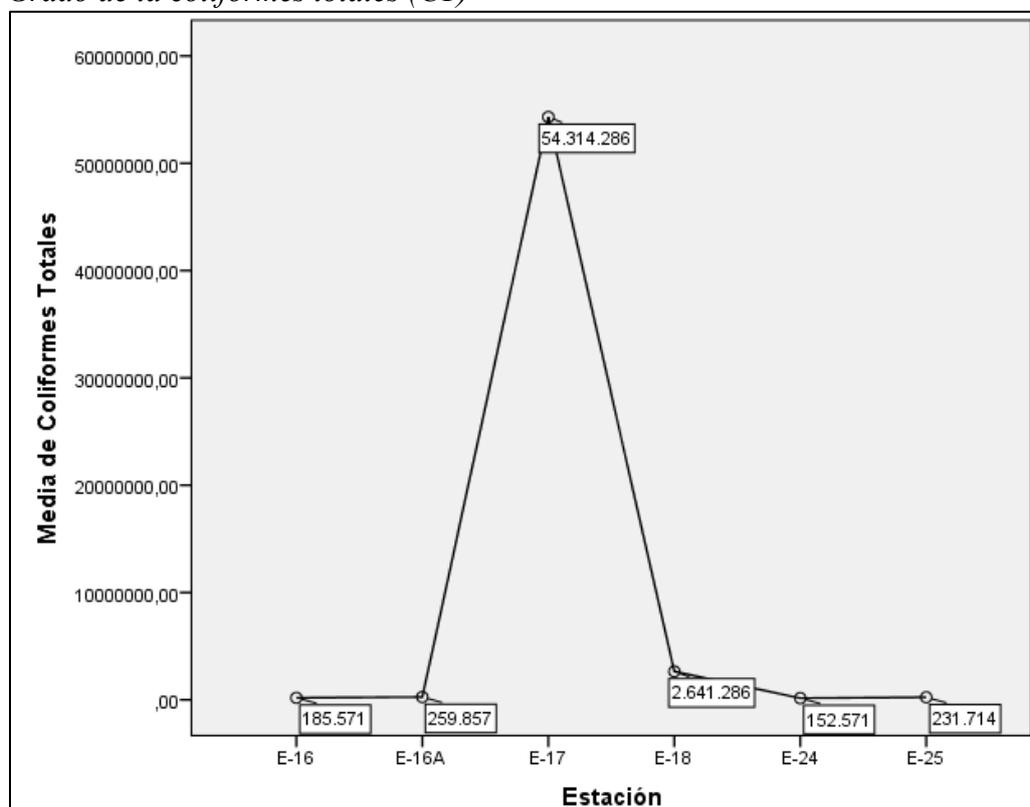
Grado de coliformes totales (CT)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	185571,4286	259857,2857	54314286,1429	2641286,0000	152571,4286	231714,2857
Desv. estándar	87162,40998	294210,9949	72358377,3421	5915029,3206	67621,14350	187104,8853
Mínimo	79000,00	79000,00	4,90E+6	79000,00	79000,00	33000,00
Máximo	350000,00	920000,00	1,60E+8	1,60E+7	240000,00	540000,00
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 11

Grado de la coliformes totales (CT)



Nota. La unidad de la media de Coliformes totales en CT UFC/100 mL. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

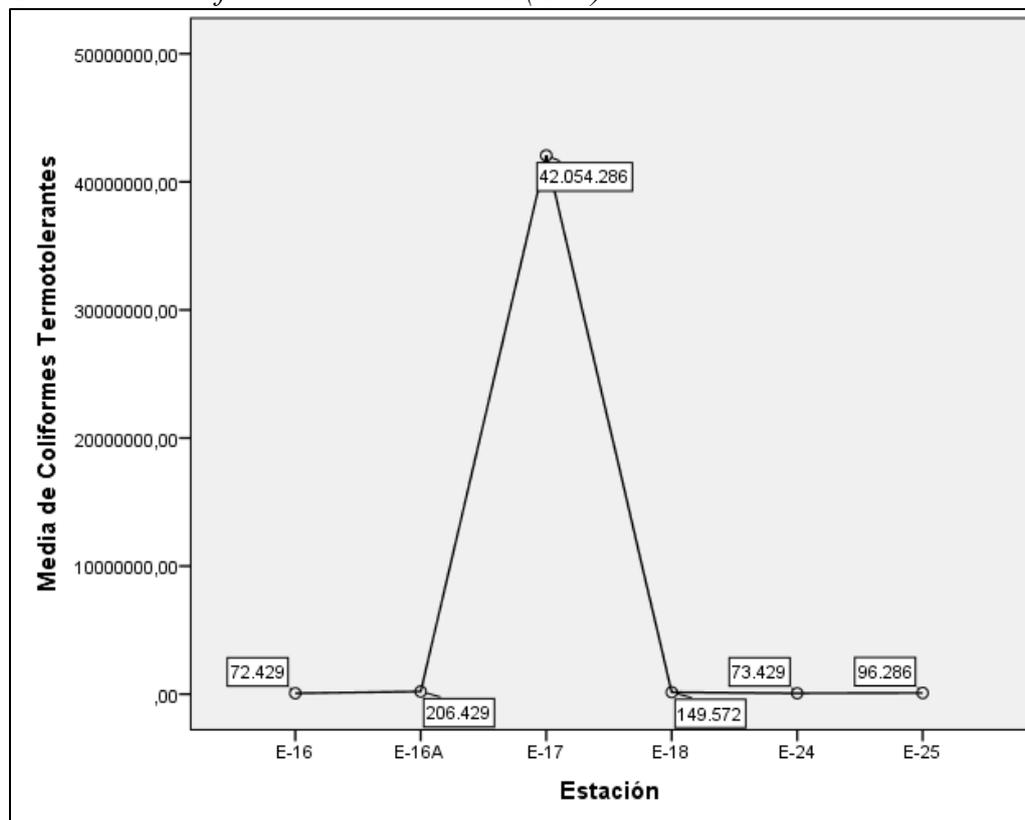
En la Tabla 11 y Figura 11, se observa que en la estación E-24, en la bocatoma N° 1 de la Planta de tratamiento La Atarjea, los Coliformes Totales (CT) tienen la media más baja con un valor de 152 571,42, a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, tiene la media más alta de coliformes totales con un valor de 54 314 286,14, muy por encima de las demás estaciones. Esta elevación muy pronunciada en la estación E-17, es muy superior al estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) que es < 5000 UFC/100 mL. La presencia elevada en el agua de este parámetro, es un indicador de contaminación fecal, por desechos o excrementos humanos y/o de animales, e indica, que sus aguas no son aptas para consumo y son un peligro para la salud de las personas.

Tabla 12

Grado de coliformes termotolerantes (CTT)

	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25
Media	72428,5714	206428,5714	42054286,1429	149571,5714	73428,5714	96285,7143
Desv. estándar	45912,44255	318744,85990	60892320,1275	143674,2467	29108,1726	73624,53007
Mínimo	49000,00	33000,00	780000,00	23000,00	49000,00	33000,00
Máximo	170000,00	920000,00	1,60E+8	350000,00	130000,00	240000,00
N	7	7	7	7	7	7

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

Figura 12*Grado de la coliformes termotolerantes (CTT)*

Nota. La unidad de la media de Coliformes termotolerantes en CT UFC/100 mL. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

En la Tabla 12 y Figura 12, se observa que en la estación E-16, en el río Rímac, en el Puente Huachipa carretera central km 9,5, la media de coliformes termotolerantes es más baja con un valor de 72,429, a diferencia de las demás estaciones; y, la estación E-17, en el río Huaycoloro antes de la unión con el Rímac, tiene la media más alta de coliformes totales con un valor de 42054286,1429, muy por encima de los valores de las estaciones E-24 y E-25, correspondientes a las Bocatomas N° 1 y 2 de la PTAP La Atarjea, que tienen una media más baja de coliformes termotolerantes con valores de 73428,5714 y 96285,7143, respectivamente.

La media para el parámetro de Coliformes Termotolerantes (CTT), presenta una muy pronunciada elevación en la estación E-17, superior al estándar de calidad ambiental para agua (ECAs) que es < 2000 UFC/100 mL. Lazcano (2014) refiere que los CTT son bacterias del

grupo de los coliformes totales, capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C. En la mayoría de las aguas contaminadas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. Hay gran cantidad de *Escherichia coli*, o coliformes termotolerantes, en heces humanas y de animales, y en el agua expuesta a residuos fecales; su concentración se mide, por lo general, en muestras de 100 ml de agua, y su presencia es un indicio de contaminación fecal reciente.

4.3. Planteamiento de Hipótesis

Prueba de Hipótesis general

Ho: Los efluentes domésticos no inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

Ha: Los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

Elección de nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: ANOVA

Regla de decisión: Si $p < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula

Tabla 13

Resumen de ANOVA de los efluentes domésticos y la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

ANOVA			
		F	Sig.
Dimensión parámetros físicos			
Potencial de hidrógeno	Entre grupos	2,769	0,032
Turbiedad	Entre grupos	1,893	0,120
Conductividad eléctrica	Entre grupos	59,287	0,000
Temperatura	Entre grupos	22,467	0,000
Dimensión parámetros químicos			
Demanda química de oxígeno	Entre grupos	12,615	0,000
Demanda bioquímica de oxígeno	Entre grupos	5,062	0,001

Oxígeno disuelto	Entre grupos	44,396	0,000
Dimensión parámetros biológicos			
Coliformes Totales	Entre grupos	3,826	0,007
Coliformes Termotolerantes	Entre grupos	3,320	0,014

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23.
Adaptación propia

La Tabla 13, presenta los resultados para contrastar la hipótesis general: se obtuvo diferencias significativas en casi todas las dimensiones e indicadores de las variables, sin embargo el indicador turbiedad de la dimensión parámetros físicos tiene una $\rho > 0,05$ y para los demás indicadores y dimensiones se presenta $\rho < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se establece que los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

Hipótesis específicas

Primera hipótesis específica

Ho: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos no inciden significativamente en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Ha: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Elección de nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: ANOVA

Regla de decisión: Si $\rho < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula

Tabla 14

Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

ANOVA			
		F	Sig.
Dimensión parámetros físicos			
Potencial de hidrógeno	Entre grupos	2,769	0,032
Turbiedad	Entre grupos	1,893	0,120
Conductividad eléctrica	Entre grupos	59,287	0,000
Temperatura	Entre grupos	22,467	0,000

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia.

La Tabla 14, presenta los resultados para contrastar la hipótesis específica 1: se obtuvo diferencias significativas en casi todos los indicadores de la dimensión parámetros físicos, por lo que el indicador turbiedad de la dimensión parámetros físicos tiene una $\rho > 0,05$, y para los demás indicadores se presenta $\rho < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se establece que los efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros físicos del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

Segunda hipótesis específica

Ho: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos no inciden significativamente en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Ha: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Elección de nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: ANOVA

Regla de decisión: Si $\rho < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula

Tabla 15

Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

		ANOVA	
		F	Sig.
Dimensión Parámetros químicos			
Demanda química de oxígeno	Entre grupos	12,615	0,000
Demanda bioquímica de oxígeno	Entre grupos	5,062	0,001
Oxígeno disuelto	Entre grupos	44,396	0,000

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Adaptación propia

La Tabla 15, presenta los resultados para contrastar la hipótesis específica 2: se obtuvo diferencias significativas en todos los indicadores de la dimensión parámetros químicos, debido a que se presenta $p < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se establece que los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

Tercera hipótesis específica

Ho: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos no inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Ha: Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. 2017

Elección de nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: ANOVA

Regla de decisión: Si $p < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula

Tabla 16

Resumen de ANOVA de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rimac, Cuenca baja. Año 2017

		ANOVA	
		F	Sig.
Dimensión parámetros biológicos			
Coliformes Totales	Entre grupos	3,826	0,007
Coliformes Termotolerantes	Entre grupos	3,320	0,014

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23.
Adaptación propia

La Tabla 16, presenta los resultados para contrastar la hipótesis específica 3: se obtuvo diferencias significativas en todos los indicadores de la dimensión parámetros biológicos, debido a que se presenta $\rho < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se establece que los efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

4.4. Determinación del nivel de significancia

Hernández et al., (2014), refiere que Wiersma y Jurs define de manera sencilla el nivel de significancia, como la probabilidad de que ocurra un suceso fluctúa entre cero (0) y uno (1), donde cero implica la imposibilidad de ocurrencia y uno la certeza de que el evento ocurra. Por tanto, el nivel de significancia se expresa en términos de probabilidad.

Para el presente estudio, consideramos $\alpha = 0,05$, que implica la existencia de un 95% de seguridad o confianza para generalizar sin equivocarse, contra un 5%, en contra, por un posible error de muestreo. Ambas probabilidades, 0,95 y 0,05, respectivamente, suman la unidad. (Hernández et al., 2014)

Elección de nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: ANOVA

Regla de decisión: Si $\rho < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula

La Tabla 17, a continuación, presenta los resultados para contrastar la hipótesis general: se obtuvo diferencias significativas en casi todas las dimensiones e indicadores de las variables, sin embargo el indicador turbiedad de la dimensión parámetros físicos tiene una $p > 0,05$, y para los demás indicadores y dimensiones se presenta $p < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se establece que los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

Tabla 17

Significancia de los efluentes domésticos y la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

		Sig.
Dimensión parámetros físicos		
Potencial de hidrógeno	Entre grupos	0,032
Turbiedad	Entre grupos	0,120
Conductividad eléctrica	Entre grupos	0,000
Temperatura	Entre grupos	0,000
Dimensión Parámetros químicos		
Demanda química de oxígeno	Entre grupos	0,000
Demanda bioquímica de oxígeno	Entre grupos	0,001
Oxígeno disuelto	Entre grupos	0,000
Dimensión parámetros biológicos		
Coliformes Totales	Entre grupos	0,007
Coliformes Termotolerantes	Entre grupos	0,014

Nota. Obtenido de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 23
Adaptación propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron nueve indicadores de parámetros físico-químicos y biológicos de calidad de agua, para cada mes, de enero a agosto 2017, mediante el análisis comparativo de medias, cuya discusión de resultados se muestran a continuación:

La contrastación de la hipótesis general revela diferencias significativas en casi todas las dimensiones e indicadores de las variables, no así, el indicador turbiedad de la dimensión parámetros físicos que tiene un valor superior al nivel de significancia establecido: $\rho > 0,05$, y para los demás indicadores y dimensiones presenta el valor de significancia menor al establecido: $\rho < 0,05$. Este resultado permite establecer que los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.

El resultado coincide con Sánchez (2019) que señala que las aguas con alta concentración de materia orgánica no son aptas para consumo humano, condición que implica que el agua es de mala calidad. Asimismo, Hoyo (2015) concluye que, pese a evaluarse los parámetros mínimos, que permite revelar la característica del agua que se vierte en la presa Villa Victoria, el nivel de contaminación en la descarga es altamente elevada, debiendo estas aguas, según comparación con el índice de calidad, ser previamente tratadas antes de su vertimiento a fin de ser inocuo al ser humano. De igual manera, Flores (2017) concluye que la variación temporal de calidad del agua del río Rímac, tiene un patrón temporal de tres épocas relacionadas con el caudal del río: estiaje, transición y avenida; refiriendo que el análisis de varianza univariante determinó que las variables: pH, oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes termotolerantes, no se diferencian entre épocas; y, otras variables: caudal, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos, varían en las tres épocas del año.

La Dirección General de Salud Ambiental en su informe de evaluación de la calidad sanitaria y ambiental de las aguas del río Huaycoloro, realizada en cuatro estaciones de monitoreo a lo largo de su cauce, concluye que las estaciones monitoreadas en el río Huaycoloro contienen un alto grado de contaminación muy significativa, perjudicial para la salud de las personas y dañina para el ambiente, en los parámetros: cromo, hierro, plomo, aceites y grasas, turbiedad, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, incumpliendo el ECA del agua del D.S. N° 002-2008-MINAM. (DIGESA, 2012)

En ese contexto, Dumler (2015) señala que a medida que las aguas del Rímac avanzan en su recorrido hacia la cuenca baja, la calidad superficial del río disminuye, excediendo en la mayoría de casos los LMP establecidos en los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs), siendo el Huaycoloro una de las fuentes de mayor contaminación del Rímac por el traslado de residuos de origen industrial, doméstico y otros contaminantes químicos y biológicos que su cauce acoge, los cuales ocasionan problemas operativos, especialmente en la desinfección del agua en la PTAP de La Atarjea. En la misma línea el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2009) menciona que SEDAPAL efectúa el monitoreo y control de calidad de las aguas del Rímac, sus tributarios y de algunos vertimientos, que serán luego captadas para su potabilización en la PTAP de La Atarjea.

La contrastación de la hipótesis específica 1, revela diferencias significativas en los indicadores de parámetros físicos: pH, conductividad eléctrica y temperatura, que tienen un valor $p < 0,05$, con excepción del indicador turbiedad, que tiene un valor $p > 0,05$. Este resultado permite establecer, con un 95 % de confiabilidad, que los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros físicos del río Rímac, cuenca baja (2017), con excepción del parámetro turbiedad, cuyo valor es superior al nivel de significancia establecido: $p > 0,05$, lo que indica que este parámetro de la muestra tomada entre los meses

de enero y agosto 2017, no inciden de manera significativa en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac. Las incidencias significativa de los demás parámetros coinciden con Guevara (2013) quién dice que existe una tendencia de vertimientos de desagües domésticos, en los lechos de los ríos, debido a una falta de tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Huarochirí que afecta la calidad de las aguas del río Rímac, en su cuenca media y baja, que podría tener efectos en la salud de las personas, confirmando el resultado obtenido.

En la contrastación de la hipótesis específica 2, se obtuvo diferencias significativas en todos los indicadores de la dimensión parámetros químicos, los cuales presentan un valor por debajo del nivel de significancia establecido: $\rho < 0,05$; coincidiendo con Vasquez (2018) quién concluye que la concentración de muestras monitoreadas revelan alteración en la calidad de las aguas por contaminación de metales pesados, y por indicadores orgánicos: Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno y Oxígeno disuelto, que en la mayoría de veces, se han encontrado fuera de los estándares de calidad ambiental (ECA), lo cual denota asociación con vertimientos de tipo doméstico provenientes de ciudades cercanas. De igual manera, el resultado coincide con Marcelo (2018) quién concluye que la existencia de alta concentración de metales pesados que superan los valores del estándar de calidad del agua (ECA), en los diversos puntos de muestreo, produce problemas de salud en la población aledaña al lago estudiado, sobretodo de tipo digestivo.

Mihelcic y Zimmerman (2012) señalan que el oxígeno disuelto es requisito clave para la integración de organismos que se encuentran asociados en un ecosistema diverso y en equilibrio; indica, que los residuos domésticos e industriales contienen altos niveles de DBO, que si se descargaran sin ningún tratamiento, agotaría las reservas de oxígeno y reducirían la diversidad de la vida acuática de forma grave. Asimismo, el resultado, coincide con Dapa (2018) quién concluye que a menor caudal ($<0.5 \text{ m}^3/\text{s}$), la concentración de parámetros

fisicoquímicos y bacteriológicos es más elevada, mientras que cuando el caudal es mayor esta concentración se diluye; así como, conforme las aguas avanzan cuenca abajo, la contaminación con predominancia de fecal se incrementa. Señala también, que la contaminación de las aguas por *E.coli* y coliformes, está asociado al incremento poblacional que vierten sus descargas directas al cauce del río.

En la contrastación de la hipótesis específica 3, se obtuvo diferencias significativas en todos los indicadores de la dimensión parámetros biológicos, debido a que presenta un valor del nivel de significancia por debajo del establecido: $p < 0,05$. Este resultado permite establecer, con un 95% de confiabilidad, que los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua, como son los coliformes totales y termotolerantes.

Al respecto, Mihelcic y Zimmerman (2012) señalan que las aguas residuales domésticas y los desechos industriales concentran altos niveles de materia orgánica comparados con el agua natural. En aguas negras, las proteínas y carbohidratos componen el 90% de la materia orgánica. La fuente son las heces y orina de los seres humanos y los desechos de alimentos, entre otros; los desechos de ciertas industrias tienen altos niveles de materia orgánica. De igual manera, Velásquez (2018) concluye que la concentración de metales tomadas después de la interacción de los ríos Huaycoloro y el Rímac, son mayores que las muestras tomadas aguas arriba, antes de la confluencia, estableciendo que el río Huaycoloro influye en la calidad del agua del río Rímac; precisando, que los metales pesados son considerados metales tóxicos, cuya concentración en el ambiente puede dañar la salud de las personas. Asimismo, Gonzales (2016), señala que la contaminación del agua trae como consecuencia enfermedades comunes que afectan la salud de la población, como: el cólera, hepatitis, diarrea, enfermedad de la piel y manchas en las manos.

El resultado, coincide con el diagnóstico del ANA (2016), quien menciona que las evaluaciones y monitoreos realizados por DIGESA (2009), revelan la alta contaminación fecal que las aguas residuales ocasionan. Refiere que mientras la contaminación por causa minera descendió, la contaminación de tipo fecal en la cuenca del río Rímac se ha incrementado, por desagües domésticos de distritos y poblados ubicados cercanos a su cauce, alcanzando niveles elevados de coliformes termotolerantes antes de ser captados para su potabilización en la PTAP de La Atarjea.

La media mensual de coliformes totales (CT), en todas las estaciones de muestreo excede largamente el valor máximo para este parámetro según el ECA, que es < 5000 UFC/100 mL. De igual manera, la media mensual de coliformes termotolerantes (CTT), en todas las estaciones de muestreo exceden ampliamente el valor máximo para este parámetro según el ECA, que es < 2000 UFC/100 mL. Los resultados precedentes, coinciden con lo señalado por DIGESA (2010) en su evaluación de resultados de los monitoreos realizados a los recursos hídricos en la cuenca del Rímac (Ago.–dic. 2009), sobre los parámetros microbiológicos registrados en la estación E-17 "Río Huaycoloro, antes de la unión con el Río Rímac", cuya concentración de coliformes totales por encima del permitido, incrementa en su unión con el Rímac la carga orgánica de la cuenca baja, por encima del valor límite permitido. Asimismo, presenta también altos índices de contaminación por coliformes termotolerantes, que al confluir con el Rímac, genera un alto impacto negativo en la parte baja de la cuenca, por encima del límite establecido. En la misma línea, Alvariño y Iannacone (2012), afirman que la descarga de efluentes domésticos procedentes del distrito de Santa María de Huachipa, vertidos al río Rímac contienen alta carga bacteriológica superior al río Huaycoloro y valores muy elevados de materia orgánica.

Conforme se observa, los resultados de significancia obtenidos para la casi totalidad de parámetros ($\rho < 0,05$), la discusión de resultados y análisis efectuado, permiten concluir que los efluentes domésticos vertidos por el distrito de Santa María de Huachipa inciden en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, principalmente los del grupo coliformes totales y termotolerantes presentes en sus aguas.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Las evidencias estadísticas permiten establecer, con un nivel de confiabilidad de 95%, que los efluentes domésticos que provienen del distrito de Santa María de Huachipa, inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja (2017). Los indicadores de los parámetros físico-químicos y biológicos analizados, con excepción del indicador turbiedad, presentan un nivel de significancia estadística menor de 0,05 ($p < 0,05$), que permite establecer, que los residuos orgánicos, por heces de humanos y animales, y por residuos de alimentos, inciden significativamente en los indicadores de calidad del agua: *pH*, conductividad eléctrica, temperatura, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y los coliformes totales y termotolerantes.
- 6.2. La estación E-17, río Huaycoloro antes de su unión con el Rímac, resulta ser la estación más contaminada, presenta los mayores indicadores fuera del rango permitido o muy superiores para el estándar de calidad ambiental para agua (ECAs), tal es el caso de las medias de conductividad eléctrica, la DQO, la DBO, el oxígeno disuelto y los coliformes totales y termotolerantes. La confluencia de las aguas del río Huaycoloro, que descarga sus aguas con materia orgánica, contaminan el río Rímac e influyen en la calidad de sus aguas, generando un impacto negativo y dañando la diversidad acuática de forma grave.
- 6.3. La media mensual de coliformes totales (CT) y termotolerantes (CTT), en todas las estaciones de muestreo exceden ampliamente el valor máximo para este parámetro según el ECA, que es $< 5000 \text{ UFC} / 100 \text{ mL}$ y $< 2000 \text{ UFC} / 100 \text{ mL}$, respectivamente. La estación E-17, presenta una pronunciada elevación muy por encima del permitido, concentrando en estas aguas contaminadas bacterias del grupo coliformes, entre las que

predomina el género *Escheriachia coli*, que es indicador de presencia de heces humanas y de animales, con alto contenido de residuos fecales que son muy peligrosos para la salud humana. Esta mayor concentración de contaminación por materia fecal, confirma la hipótesis planteada, respecto que los efluentes domésticos y aguas servidas vertidas por el distrito de Santa María de Huachipa, a través del río Huaycoloro y el canal que recoge sus aguas servidas (estación MR-3), inciden en la contaminación de la calidad del agua en la cuenca baja del río Rímac.

- 6.4. La contaminación del río se incrementa a medida que sus aguas discurren en su cauce, desde la naciente en la laguna Ticticocha hacia la cuenca baja del Rímac, entre otros factores, debido al incremento de centros poblados asentados a lo largo y cerca de sus riberas que vierten sus desagües domésticos, comerciales e industriales, directamente al cauce del río sin ningún tipo de tratamiento, como consecuencia de sus actividades cotidianas y de desarrollo.
- 6.5. Las causas de la contaminación de los ríos por vertimientos urbanos, entre ellas por efluentes domésticos, son diversas. Las descargas de aguas residuales se realizan sin recibir cuando menos un tratamiento preliminar o primario, al no contarse con sistemas de pretratamiento de aguas residuales a nivel municipal o plantas de tratamiento (PTAR), antes de su vertimiento; así como, no contar con una política definida de aprovechamiento de estas aguas residuales, con fines de su reuso en la agricultura o industrial, entre otros.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. A las entidades, organismos, autoridades públicas y/o privadas, que por competencia administrativa, funcional y/o misional, tienen el encargo de cautelar, prevenir, mitigar o erradicar las contaminaciones de los cuerpos de agua, sea por vertimiento de efluentes domésticos u otras causas relacionadas, asumir el rol del encargo conferido con el objeto de persuadir, disuadir y/o sancionar a los agentes contaminantes, a fin de reducir el grado de contaminación y daño que se viene causando al cauce y ribera del río Rímac.
- 7.2. Contar con sistemas de pretratamiento de aguas residuales en el distrito Santa María de Huachipa, ubicados estratégicamente, a fin de reducir el vertimiento directo de efluentes domésticos al cauce del río Rímac y Huaycoloro, cuyas aguas, al confluirse, incrementan y concentran un alto contenido de carga orgánica, residuos fecales y de bacterias del grupo coliformes, perjudiciales para la salud.
- 7.3. Que las entidades y organismos competentes sobre la materia, SEDAPAL, DIGESA, ANA, entre otros, continúen con el monitoreo, control y vigilancia de la calidad de los cuerpos de agua, salvaguardando el registro histórico de información de los parámetros e indicadores físicos, químicos y/o biológicos de todo el cauce, que permita conocer en futuras investigaciones el grado de contaminación variable en el tiempo de cada estación de muestreo, que para la presente investigación, es la cuenca baja del Rímac.
- 7.4. Que el resultado de la presente investigación, a través de la autoridad local, sea puesta al alcance de la población del distrito Santa María de Huachipa, a fin de disuadir y/o persuadir acciones a favor de la reducción de vertimientos de efluentes domésticos al cauce de los ríos Rímac y Huaycoloro, y de otras fuentes contaminantes; promoviendo actividades de capacitaciones educativas en materia ambiental y creando conciencia en la población en el cuidado del cauce de los ríos y el medio ambiente.

VIII. REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (1999). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales - Desinfección con cloro*.
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FB0613FDC4933A8005257DC600826FA0/\\$FILE/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FB0613FDC4933A8005257DC600826FA0/$FILE/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf)
- Aliaga, E. (2005). *Programa de monitoreo del río Rímac en la cuenca media y baja*. [Tesis de Pregrado] Universidad Nacional de Ingeniería. <https://1library.co/document/z126e4vy-programa-monitoreo-rio-rimac-cuenca-media-baja.html>
- Alvariño, L. y Iannacone, J. (2012). *Impacto ambiental de Huaycoloro en el río Rímac, Lima, Perú*. http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologist/v10_sup/pdf/a04v10.pdf
- Aquafondo (2019). *Aqua fondo Inversión en agua para Lima*. <https://aquafondo.org.pe/>
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Organización Panamericana de la Salud.
<http://www.elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (2014). *Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos en el Perú 2000-2012*.
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/212/ANA0000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20documento%20%E2%80%9CDiagnostico%20de%20la,calidad%20asociadas%20al%20desarrollo%20de>
- Autoridad Nacional del Agua (2016). *Estrategia Nacional para el mejoramiento de la calidad de los Recursos Hídricos*.
[https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/210#:~:text=La%20estrategia%20nacional%20para%20el,ambientales\)%20C%20protecci%C3%B3n%20de%20los%20recursos](https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/210#:~:text=La%20estrategia%20nacional%20para%20el,ambientales)%20C%20protecci%C3%B3n%20de%20los%20recursos)

- Autoridad Nacional del Agua (2017). *8° Foro Mundial del Agua. Brasilia 2018: Compartiendo Agua*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/935>
- Barón, F. y Tellez, F. (2004). Apuntes de Bioestadística: Tercer Ciclo en Ciencias de la Salud y Medicina. <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap01.pdf>
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). Pearson.
- Calla, H. (2010). *Calidad del agua en la cuenca del río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de tesis digitales UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/797>
- Comisión para la Cooperación Ambiental (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sistético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp.* <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>
- Chalarca, D., Mejía, R. y Aguirre, J. (2007). *Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga*. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43004004.pdf>
- Chung, B. (2014). *Aguas y Arsénico. Legislación y control de la contaminación. En Aguas y Arsénico Natural en Perú*. PUCP - IANAS
- Congreso de la República (2018). *Diario de los Debates Primera Legislatura Ordinaria 13° Sesión*. [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/DiarioDebates/Publicad.nsf/SesionesPleno/05256D6E0073DFE90525833800039871/\\$FILE/PLO-2018-13.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/DiarioDebates/Publicad.nsf/SesionesPleno/05256D6E0073DFE90525833800039871/$FILE/PLO-2018-13.pdf)
- Congreso de la República (2018). *Expediente Virtual Parlamentario: Ley que declara de interés Nacional y necesidad pública la creación del distrito Santa María de Huachipa,*

Ley N° 30888.

http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/tradocestproc/Expvirt_2011.nsf/idexpvir/DDF01AECE0B120AC0525811000520D14

Conopuma, C. (2018). *Recuperación Marina Costera de la Bahía Callao en el marco del saneamiento de las aguas residuales*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/browse?value=Conopuma+Rivera%2C+Carmen+Dina&type=author>

Dapa, J. (2018). *Estudio comparativo de caudales y análisis de la calidad del agua del río Pixquiaz, centro de Veracruz, México*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=pO2eWP&q=DAPA&t=search_0&as=2&d=false&a=5&v=1

Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (2010). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. (24 de septiembre de 2010). Publicado en Portal Institucional del Ministerio de Salud. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>

Del Castillo, L. (2008). *El régimen legal del agua. En Derechos y Conflictos de Agua en el Perú*. PUCP

Dirección General de Salud Ambiental (2010). *Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos Hídricos en la cuenca del río Rímac, en el marco del Convenio N° 002-2009/MINSA, correspondiente al periodo de agosto a diciembre de 2009*. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2009/RIO_RIMAC_DIGESA-SEDAPAL_2009.pdf

Dirección General de Salud Ambiental (2012). *Evaluación de la calidad sanitaria y ambiental de las aguas del río Huaycoloro - Año 2011.*

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2011/RIO_HUAYCOLORO_2011.pdf

Dumler, F. (2015). Río Rímac recibe 173 descargas contaminantes en su recorrido. *Andina Agencia Peruana de Noticias*. <https://andina.pe/agencia/noticia-rio-rimac-recibe-173-descargas-contaminantes-su-recorrido-548067.aspx>

El Comercio. (27 de noviembre de 2011). Nadie ha sido sancionado por contaminar el Rímac. Daño Ambiental. *El Comercio*, 20.

Ercillo, F., Rodríguez, S., Cabel, W., Ortiz, I., Noriega, P. y Tejada, M. (2005). *Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú*. Centro de Investigación y Educación Popular - ALTERNATIVA y Centro de Asesoría Laboral del Perú - CEDAL. http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/desafios_del_derecho_humano_al_agua_en_el_peru.pdf

Espinoza, R. (2014). *Agua y Arsénico en el escenario de la Política Nacional de Salud Ambiental. En Aguas y Arsénico Natural en Perú*. PUCP - IANAS

Fair, M., Geyer, C. y Okun, A. (2008). *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. (4ª ed.). Limusa S.A.

Fernández, A. (2011). *Perú Informe de País: Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la Agricultura*. FAO, UNW-DPC, UNU-INEH. http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf

Flores, R. (2017). *Variación temporal de la calidad de agua en la Bocatoma "La Atarjea", río Rímac (2009-2015)*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Repositorio institucional UNALM,

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2892>

Flores, L. (2015). *Estudio de la calidad del agua de uso doméstico de 13 municipios del Estado de México, México*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México].

Repositorio Institucional UNAM.

<http://132.248.9.195/ptd2015/mayo/0729573/0729573.pdf>

Gómez, M. (1995). *El estudio de los residuos: definiciones, tipologías, gestión y tratamiento*.

<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1037/EI%20Estudio%20de%20los%20Residuos.%20Definiciones%2c%20Tipolog%3%adas%2c%20Gesti%3%b3n%20y%20Tratamiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzales, B. (2016). *Contaminación del agua, Colonia Santa Cruz Meyehualco. Delegación Iztapalapa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México].

Repositorio Institucional UNAM.

https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000740927

Google Earth. (2019). *Google Earth*. <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Gramajo, B. (2004). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala*. [Tesis de

Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca USAC.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0907_Q.pdf

Guevara, M. (2013). *Modelo de gestión para la recuperación de la calidad sanitaria y ambiental del río Rímac por vertimientos domésticos*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Red de Repositorios latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2353598>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.).

McGraw Hill Education Interamericana Editores S.A.

Hoyo, M. (2015). *Análisis de la calidad del agua de la descarga del rastro municipal de Villa*

Victoria, Estado de México. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de

México]. Repositorio Institucional UNAM.

https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000736310

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Nota de Prensa N° 108 - 25 Junio 2018*.

<https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-108-2018-inei.pdf>

Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (2018). *Sedapal advierte escasez de agua en*

Lima y Callao. <https://www.tvperu.gov.pe/informa/locales/sedapal-advierte-escasez-de-agua-en-lima-y-callao>

Lazcano, C. (2014). *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales*. Fondo Editorial de la UNMSM.

Ley N.º 29338. Ley de Recursos Hídricos (31 de marzo de 2009). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano.

Marcelo, A. (2018). *Evaluación de los factores físico-químicos del agua del Lago*

Chinchaycocha, Pasco - Junín. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Federico

Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2645>

Méndez, J. y Méndez, J. (2010). *Revista Sociedad y Economía: Un sistema de permisos negociables para el control de la contaminación de empresas con vertimientos a la red*

de alcantarillado. <https://www.redalyc.org/pdf/996/99618003010.pdf>

- Mihelcic, J. y Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño*. Alfaomega Grupo Editor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017). *Agua Residuales El Recurso Desaprovechado*. <https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/04/Informe-Mundial-de-las-Naciones-Unidas-sobre-el-Desarrollo-de-los-Recursos-Hidricos-2017.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2009). *El agua en un mundo en constante cambio*. <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/05/SF.-El-agua-en-un-mundo-en-constante-cambio-UNESCO.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Pinto, C. (2015). *Proceso de conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Interregional Chillón, Rímac y Lurín, Perú*. Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA). https://aquafondo.org.pe/wp-content/uploads/2016/11/sistematizacion_GA_cuencas-lima.pdf
- Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos (14 de enero de 2010). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano.
- Rivera, Y. (2017). *Evaluación del impacto de vertimientos de aguas residuales de una industria papelería a un tramo del río Rímac*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio Institucional UNTELS. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/239/1/Rivera_Yosselin_Trabajo_Profesional_2017.pdf

Rock, C. y Rivera, B. (2014). *La Calidad del agua, E.coli y su Salud*. College of Agriculture and Life Sciences:

<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Sanchez, H. y Reyes, C. (2015). *Metodología y Diseños en la Investigación científica* (5ª. ed.). Business Support Aneth SRL.

Sánchez, R. (2019). *Evaluación de la calidad del agua y propuesta de medidas de protección ambiental de la Laguna de Zupitlán, Municipio de Acatlán, Hidalgo*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000787098

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (2015). *Nota de prensa N° 64-2015, de 23 de octubre de 2015. Descargas de industrias y comercios ocasionan perjuicio económico por S/. 100 millones a SEDAPAL*. <https://andina.pe/agencia/noticia-descargas-indebidas-a-desag%C3%BCes-ocasionan-perjuicio-economico-s-100-mlns-a-sedapal-581521.aspx>

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (2016). *Bases Integradas Adjudicación Simplificada N° 0037-2018-Sedapal. Lima, Perú*. <http://procesos.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>

Sistema Nacional de Información Ambiental (2009). *Estudio: Evaluación de Monitoreo de Río Rímac con datos de SEDAPAL - Enero 2009*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/evaluacion-monitoreo-rio-rimac-datos-sedapal-enero-2009>

Vasquez, A. (2018). *Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en al subcuenca del río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco*. [Tesis de Maestría,

Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2222>

Velásquez, M. (2018). *Contaminación por plomo y cobre en el río Huaycoloro y su influencia en la calidad del agua en el río Rímac, 2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20580>

Anexo A. Matriz de Consistencia:

Efluentes domésticos y su incidencia en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICO	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICA	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera los efluentes domésticos inciden en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>1. ¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?</p> <p>2. ¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?</p> <p>3. ¿De qué manera los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja?</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL</p> <p>Establecer la incidencia de los efluentes domésticos en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>1. Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.</p> <p>2. Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.</p> <p>3. Determinar la incidencia de los residuos orgánicos de efluentes domésticos en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Ene-ago. 2017.</p>	<p>HIPÓTESIS PRINCIPAL</p> <p>Los efluentes domésticos inciden significativamente en la contaminación de la calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICA</p> <p>1. Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros físicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.</p> <p>2. Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros químicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.</p> <p>3. Los residuos orgánicos de efluentes domésticos inciden significativamente en los parámetros biológicos de calidad del agua del río Rímac, Cuenca baja. Año 2017.</p>	<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u></p> <p>X: Efluentes domésticos</p> <p>Dimensiones:</p> <p>X.1. Residuos orgánicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heces (Humanas, animales) - Desechos orgánicos (alimentos) <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u></p> <p>Y: Calidad del agua</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Y.1. Parámetros Físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Turbiedad (NTU) - Conductividad Eléctrica (uS/cm) - Temperatura (°C) <p>Y.2. Parámetros Químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - DQO - DBO - Oxígeno disuelto (mg/L) <p>Y.3. Parámetros Biológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coliformes totales - Coliformes termotolerantes (fecales) 	<p>Método: Hipotético deductivo</p> <p>Tipo: Sustantivo</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: No experimental, Longitudinal – Diseño panel, Correlacional causal</p>	<p>Método: Recolección de datos</p> <p>Técnica: Análisis de datos - Documental (Fuente secundaria - bibliográfica)</p> <p>Instrumento: Data</p> <p>Ficha de recolección de datos. Cumple requisitos de un instrumento: Confiable, Válido y Objetivo.</p> <p>Estadística aplicada: ANOVA.</p>	<p>Población: Data de información de Estaciones de Muestreo de SEDAPAL, 2017.</p> <p>Muestra: Data de información de 07 Estaciones de monitoreo. Enero – agosto 2017.</p> <p>Tipo: No probabilístico por conveniencia.</p>

Adaptación propia.

Anexo B. Valores retrospectivos por estaciones de muestreo

Tabla 18

Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Enero

ENERO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,16	8,08	9,07	8,15	8,18	8,2	6,9	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	190	254	243	121	112	192	114	100	U.N.T.
C.E.	421,1	419,5	1495	427,3	409,1	414,2	1255	1600	umho/cm
T °C	22,5	24,1	39,8	23,6	23,8	24,2	29,2	35	°C
DQO	18	26	310	4,99	15	11	145	20	mg/L
DBO	8,87	11,31	143,6	7,11	8,51	7,71	164,2	5	mg/L
OD	8,13	7,77	0,24	7,54	7,86	7,28	0,67	≥5	mg/L
Coliformes Totales	160000	160001	6300000	160001	170000	350000	243000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	92000	160000	6300000	160001	49000	79000	93000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual enero 2017 del Servicio de muestreo de cuencas. Adaptación propia

Tabla 19

Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Febrero

FEBRERO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,18	8,23	8,05	8,29	8,12	8,15	6,88	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	423	350	5300	379	405	384	81,3	100	U.N.T.
C.E.	353,3	361	2008	387,6	365,6	372,1	2995	1600	umho/cm
T °C	21,5	22,6	38,3	24,8	21,2	22,1	31,5	35	°C
DQO	9	4,99	365	4,99	4,99	4,99	215	20	mg/L
DBO	2,15	2,03	141,5	3,03	3,03	4,29	56,0	5	mg/L
OD	8,59	8,19	0,33	7,82	8,51	8,21	2,78	≥5	mg/L
Coliformes Totales	350000	170000	16000001	1.6E+07	79000	33000	182000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	170000	130000	16000001	350000	49000	33000	62000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual febrero 2017 del Servicio de muestreo de cuencas. Adaptación propia

Tabla 20*Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Marzo*

MARZO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,61	8,63	8,04	8,45	8,69	8,36	7,15	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	1417	1710	5400	1976	1881	1911	200	100	U.N.T.
C.E.	310,7	307	1539	306,4	291,4	300,3	2170	1600	umho/cm
T °C	21	21,2	29,1	21,8	21,1	21,2	30,8	35	°C
DQO	43	11	930	33	33	38	485	20	mg/L
DBO	2,14	2	6,63	3,63	2,04	2,97	7,45	5	mg/L
OD	8,61	8,57	1,88	8,34	8,68	8,57	3,01	>=5	mg/L
Coliformes Totales	130000	140000	16000001	1600000	79000	49000	132000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	49000	120000	16000001	350000	49000	33000	112000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual marzo 2017 del Servicio de muestreo de cuencas.

Adaptación propia

Tabla 21*Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Abril*

ABRIL	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,35	8,6	9,18	8,49	8,43	8,27	10,2	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	147	224	929	270	269	733,7	4360	100	U.N.T.
C.E.	412,8	422,2	1801	429,3	413,2	419,3	2243	1600	umho/cm
T °C	21,4	22,7	29,7	22,8	21,9	22,7	28,1	35	°C
DQO	9	7	180	7	8	6	150	20	mg/L
DBO	2,3	2,46	47,5	2,26	2,83	2,09	24,6	5	mg/L
OD	8,43	8,17	4,33	8	8,41	8,26	3,94	>=5	mg/L
Coliformes Totales	170000	220000	4900000	130000	240000	130000	176000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	49000	49000	780000	45000	79000	49000	84000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual abril 2017 del Servicio de muestreo de cuencas.

Adaptación propia

Tabla 22*Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Mayo*

MAYO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,28	8,28	9,09	8,34	8,44	8,4	6,53	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	44,9	48,9	539	27,5	27,2	28,5	160	100	U.N.T.
C.E.	580,8	608,9	1822	662,8	581,2	601,2	2626	1600	umho/cm
T °C	21,9	23,3	29,2	24,1	23	23,7	29,3	35	°C
DQO	13	12	420	10	4,99	10	220	20	mg/L
DBO	5,6	5,65	234,5	6,01	5,25	5,21	216,1	5	mg/L
OD	8,46	8,16	1,26	7,96	8,23	8,05	4,12	>=5	mg/L
Coliformes Totales	79000	130000	1.6E+08	350000	130000	350000	218000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	49000	33000	1.6E+08	49000	79000	240000	94000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual mayo 2017 del Servicio de muestreo de cuencas.

Adaptación propia

Tabla 23*Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Junio*

JUNIO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,31	8,42	8,18	8,11	8,48	8,48	7,02	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	12,6	13,6	286	16,5	19,8	15,5	341	100	U.N.T.
C.E.	594,6	605,4	1225	604,7	610,1	610	1611	1600	umho/cm
T °C	20,2	20,9	34,7	21,6	20,8	21	26,2	35	°C
DQO	7	10	275	14	17	10	135	20	mg/L
DBO	2,04	1,99	53,5	1,99	1,99	1,99	43,7	5	mg/L
OD	8,84	8,67	3,56	8,45	8,59	8,6	3,94	>=5	mg/L
Coliformes Totales	170000	79000	17000000	79000	240000	170000	154000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	49000	33000	3300000	23000	130000	110000	67000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual junio 2017 del Servicio de muestreo de cuencas.

Adaptación propia

Tabla 24
Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Julio

JULIO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,37	8,36	9,18	8,39	8,25	8,28	7,38	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	27,3	24,5	206	20	2,1	19,1	364	100	U.N.T.
C.E.	609	612	2122	605	607	607	1646	1600	umho/cm
T °C	20	21,2	26,1	20,4	20	20	25,3	35	°C
DQO	9	23	125	16	5	14	247,5	20	mg/L
DBO	7,7	4,58	58,75	5,18	5,35	6,46	7,64	5	mg/L
OD	8,86	8,43	2,98	8,37	8,2	8,76	8,65	>=5	mg/L
Coliformes Totales	240000	920000	1.6E+08	170000	130000	540000	150000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	49000	920000	92000000	70000	79000	130000	121000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual julio 2017 del Servicio de muestreo de cuencas. Adaptación propia

Tabla 25
Estaciones y puntos de Muestreo – Monitoreo de río / Agosto

AGOSTO	E-16	E-16A	E-17	E-18	E-24	E-25	M-3	ECA para Agua	Und.
Ph	8,27	8,29	7,92	8,32	8,14	8,32	7,13	5,5-9,0	Unidades
Turbiedad	22	20,3	138	14,4	19,3	15,7	275	100	U.N.T.
C.E.	610	614	1967	615	605	615	2940	1600	umho/cm
T °C	19,8	20,2	22,9	20	19,2	19,4	26,5	35	°C
DQO	16	15	115	19	18	11	555	20	mg/L
DBO	3,41	3,36	43,5	3,01	2,68	2,8	17,0	5	mg/L
OD	8,9	8,58	4,94	8,58	8,87	8,73	3,74	>=5	mg/L
Coliformes Totales	240000	920000	1.6E+08	130000	240000	330000	264000	5000	CT UFC / 100 mL
Coliformes Termotolerantes	33000	13000	7900000	79000	23000	33000	142000	2000	CTT UFC / 100 mL

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual agosto 2017 del Servicio de muestreo de cuencas. Adaptación propia

Resultado de monitoreos mensuales de parámetros de medición de calidad de agua, en Estaciones de muestreo: E-16, E-16 A, E-17, E-18, E-24, E-25 y MR-3.

Tabla 26
Resultado de monitoreos mensuales de nueve parámetros de calidad de agua

Mes	Estación	Ph	Turbiedad	C.E.	T °C	DQO	DBO	OD	Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes
ENE	E-16	8,16	190	421,1	22,5	18	8,87	8,13	160000	92000
ENE	E-16 A	8,08	254	419,5	24,1	26	11,31	7,77	160001	160000
ENE	E-17	9,07	243	1495	39,8	310	143,6	0,24	6300000	6300000
ENE	E-18	8,15	121	427,3	23,6	4,99	7,11	7,54	160001	160001
ENE	E-24	8,18	112	409,1	23,8	15	8,51	7,86	170000	49000
ENE	E-25	8,2	192	414,2	24,2	11	7,71	7,28	350000	79000
ENE	MR-3	6,9	114	1255	29,2	145	164,2	0,67	243000	93000
FEB	E-16	8,18	423	353,3	21,5	9	2,15	8,59	350000	170000
FEB	E-16 A	8,23	350	361	22,6	4,99	2,03	8,19	170000	130000
FEB	E-17	8,05	5300	2008	38,3	365	141,5	0,33	16000001	16000001
FEB	E-18	8,29	379	387,6	24,8	4,99	3,03	7,82	16000001	350000
FEB	E-24	8,12	405	365,6	21,2	4,99	3,03	8,51	79000	49000
FEB	E-25	8,15	384	372,1	22,1	4,99	4,29	8,21	33000	33000
FEB	MR-3	6,88	81,3	2995	31,5	215	56,0	2,78	182000	62000
MAR	E-16	8,61	1417	310,7	21	43	2,14	8,61	130000	49000
MAR	E-16 A	8,63	1710	307	21,2	11	2,00	8,57	140000	120000
MAR	E-17	8,04	5400	1539	29,1	930	6,63	1,88	16000001	16000001
MAR	E-18	8,45	1976	306,4	21,8	33	3,63	8,34	1600000	350000
MAR	E-24	8,69	1881	291,4	21,1	33	2,04	8,68	79000	49000
MAR	E-25	8,36	1911	300,3	21,2	38	2,97	8,57	49000	33000
MAR	MR-3	7,15	200	2170	30,8	485	7,45	3,01	132000	112000
ABR	E-16	8,35	147	412,8	21,4	9	2,3	8,43	170000	49000
ABR	E-16 A	8,6	224	422,2	22,7	7	2,46	8,17	220000	49000
ABR	E-17	9,18	929	1801	29,7	180	47,5	4,33	4900000	780000
ABR	E-18	8,49	270	429,3	22,8	7	2,26	8	130000	45000
ABR	E-24	8,43	269	413,2	21,9	8	2,83	8,41	240000	79000
ABR	E-25	8,27	733,7	419,3	22,7	6	2,09	8,26	130000	49000
ABR	MR-3	10,2	4360	2243	28,1	150	24,6	3,94	176000	84000
MAY	E-16	8,28	44,9	580,8	21,9	13	5,6	8,46	79000	49000
MAY	E-16 A	8,28	48,9	608,9	23,3	12	5,65	8,16	130000	33000
MAY	E-17	9,09	539	1822	29,2	420	234,5	1,26	160000001	160000001
MAY	E-18	8,34	27,5	662,8	24,1	10	6,01	7,96	350000	49000
MAY	E-24	8,44	27,2	581,2	23	4,99	5,25	8,23	130000	79000
MAY	E-25	8,4	28,5	601,2	23,7	10	5,21	8,05	350000	240000
MAY	MR-3	6,53	160	2626	29,3	220	216,1	4,12	218000	94000
JUN	E-16	8,31	12,6	594,6	20,2	7	2,04	8,84	170000	49000
JUN	E-16 A	8,42	13,6	605,4	20,9	10	1,99	8,67	79000	33000
JUN	E-17	8,18	286	1225	34,7	275	53,5	3,56	17000000	3300000
JUN	E-18	8,11	16,5	604,7	21,6	14	1,99	8,45	79000	23000
JUN	E-24	8,48	19,8	610,1	20,8	17	1,99	8,59	240000	130000
JUN	E-25	8,48	15,5	610	21	10	1,99	8,6	170000	110000
JUN	MR-3	7,02	341	1611	26,2	135	43,7	3,94	154000	67000

JUL	E-16	8,37	27,3	609	20	9	7,7	8,86	240000	49000
JUL	E-16 A	8,36	24,5	612	21,2	23	4,58	8,43	920000	920000
JUL	E-17	9,18	206	2122	26,1	125	58,75	2,98	160000000	92000000
JUL	E-18	8,39	20	605	20,4	16	5,18	8,37	170000	70000
JUL	E-24	8,25	2,1	607	20	5	5,35	8,2	130000	79000
JUL	E-25	8,28	19,1	607	20	14	6,46	8,76	540000	130000
JUL	MR-3	7,38	364	1646	25,3	247,5	7,64	8,65	150000	121000
AGO	E-16	8,27	22	610	19,8	16	3,41	8,9	240000	33000
AGO	E-16 A	8,29	20,3	614	20,2	15	3,36	8,58	920000	13000
AGO	E-17	7,92	138	1967	22,9	115	43,5	4,94	1.6E+08	7900000
AGO	E-18	8,32	14,4	615	20	19	3,01	8,58	130000	79000
AGO	E-24	8,14	19,3	605	19,2	18	2,68	8,87	240000	23000
AGO	E-25	8,32	15,7	615	19,4	11	2,8	8,73	330000	33000
AGO	MR-3	7,13	275	2940	26,5	555	17,0	3,74	264000	142000

Nota. Obtenido de Informe técnico mensual enero – agosto 2017 del Servicio de muestreo de cuencas. Adaptación propia

Anexo C. Figuras de las diferentes estaciones de muestreo.

Figura 13

Estación E-16



Figura 14

Estación E-16A



Figura 15
Estación E-17



Figura 16
Estación E-18



Figura 17
Estación MR-3



Figura 18
Estación MR-3



Figura 19
Estación MR-3

