

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LURÍN, POR
INFLUENCIA DE LA DESCARGA DE EFLUENTES DE LAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SAN BARTOLO Y
JULIO C. TELLO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MAURICIO GIRALDEZ, JONATHAN MARCO

**Villa El Salvador
2018**

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se la dedico a mis padres Maribel y Wilson por su apoyo, consejos, comprensión y ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y llegar hasta donde estoy. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos María de los Ángeles y Jesús, y a mi tía Nelly por estar siempre presentes, por la paciencia y comprensión que me han tenido durante la elaboración del trabajo de investigación y además por su apoyo emocional.

A mis abuelitos Augusto y Mary, que desde donde estén quiero dedicarles este informe de investigación, siendo solo un detalle a comparación de lo mucho que hicieron por mi desde pequeño hasta sus últimos años, y sé que se sentirían orgullosos.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios y a todas las personas que hicieron posibles con su contribución la realización de este trabajo. En primer lugar agradezco a mi asesor el profesor Julio César Bracho Pérez por los consejos y las asesorías brindadas durante la investigación y para la elaboración del informe.

Agradezco a mi madre por el apoyo en todos los aspectos, tanto económico como emocional, ya que sin su ayuda habría sido imposible cubrir los costos del trabajo de investigación. También agradezco a mis compañeros de la universidad por el apoyo durante las salidas de campo y su colaboración en la realización del monitoreo.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1. Descripción de la Realidad Problemática..... | 9 |
| 1.2. Justificación de la Investigación..... | 11 |
| 1.3. Delimitación de la Investigación..... | 12 |
| 1.3.1. Delimitación Teórica..... | 12 |
| 1.3.2. Delimitación Espacial..... | 12 |
| 1.3.3. Delimitación Temporal..... | 12 |
| 1.4. Formulación del Problema..... | 13 |
| 1.4.1. Problema General..... | 13 |
| 1.4.2. Problemas Específicos..... | 13 |
| 1.5. OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 14 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 14 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 15 |
| 2.1.1. Desde cuando se conoce el problema..... | 15 |
| 2.1.2. Investigaciones anteriores internacionales..... | 19 |
| 2.1.3. Investigaciones anteriores nacionales..... | 21 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 23 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 29 |
| CAPITULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA | |
| 3.1. Tipo de metodología..... | 32 |
| 3.2. Desarrollo de la metodología..... | 34 |
| 3.2.1. Ubicación de puntos de monitoreo..... | 34 |
| 3.2.2. Parámetros de muestreo..... | 35 |
| 3.2.3. Materiales y equipos..... | 37 |
| 3.2.4. Procedimientos de la toma de muestra..... | 37 |
| 3.2.5. Análisis de laboratorio..... | 40 |
| 3.3. Resultados y discusiones..... | 40 |
| CONCLUSIONES..... | 52 |
| RECOMENDACIONES..... | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |
| ANEXOS..... | 62 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N°01: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en el río Lurín | 35 |
| Figura N°02: Comparación de las temperaturas entre los dos puntos de monitoreo .. | 43 |
| Figura N°03: Comparación del potencial de hidrógeno entre los dos puntos de monitoreo. | 44 |
| Figura N°04: Comparación de la conductividad eléctrica entre los dos puntos de monitoreo | 45 |
| Figura N°05: Comparación del oxígeno disuelto entre los dos puntos de monitoreo .. | 46 |
| Figura N°06: Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno entre los dos puntos de monitoreo | 47 |
| Figura N°07: Comparación de la demanda química de oxígeno entre los dos puntos de monitoreo | 48 |
| Figura N°08: Comparación de los coliformes termotolerantes en el primer punto de monitoreo. | 49 |
| Figura N°09: Comparación de los coliformes termotolerantes en el segundo punto de monitoreo | 49 |
| Figura N°10: Comparación de la Escherichia coli en el primer punto de monitoreo ... | 50 |
| Figura N°11: Comparación de la Escherichia coli en el segundo punto de monitoreo | 51 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N°01: Puntos de monitoreo de calidad de agua del río Lurín | 34 |
| Tabla N°02: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua – Cat. 3..... | 36 |
| Tabla N°03: Materiales y equipos de monitoreo..... | 37 |
| Tabla N°04: Métodos y referencias de los ensayos de laboratorio | 40 |
| Tabla N°05: Resultados de parámetros de calidad del agua en el río Lurín | 41 |

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la disponibilidad del recurso hídrico, es motivo de preocupación no solo de especialistas en el tema o de los gobernantes sino de toda la humanidad, que han reconocido y comprendido la importancia que este vital recurso tiene para garantizar la vida en el planeta, por ello es de mucha importancia la adecuada gestión que se debe realizar sobre el recurso hídrico.

El calentamiento global es uno de los principales temas en la agenda ambiental internacional, ya que está afectando las principales reservas de agua dulce y en el Perú ha traído como una de las consecuencias el proceso de deshielo de la Cordillera de los Andes. Sin embargo, a pesar de que las fuentes de agua dulce representan un porcentaje mínimo de la disponibilidad de agua del planeta, muchos de los ríos del Perú tanto de la costa y de la sierra se encuentran contaminados debido al desarrollo de las diversas actividades humanas.

La contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad antropogénica es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran en el país, y que en muchos casos abarca toda su extensión tanto a escala distrital, provincial o regional; trayendo como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas y la desaparición de especies hidrobiológicas.

En la cuenca baja del río Lurín, las urbanizaciones han tomado cada vez mayor fuerza frente a las actividades que se realizaban en esta parte del valle como es la agricultura. El aumento de la población ha traído como consecuencia la degradación de la calidad de las aguas del río Lurín, teniendo como

consecuencia de ello diversos focos contaminantes, los cuales actualmente no están siendo manejados ambientalmente, motivo que ha impulsado el desarrollo del presente trabajo respecto al estado de la calidad del agua de este cuerpo receptor.

Basado en esta problemática, se ha realizado una evaluación de la calidad del agua del tramo bajo del río Lurín localizado en la zona donde se ubica la descarga de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Julio C. Tello y San Bartolo, el cual constituye el ámbito de estudio, de donde se ha obtenido que los parámetros microbiológicos superan los límites establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad del Agua respecto a la Categoría III referido al Riego de Vegetales y Bebida de Animales, razón por la cual el uso de estas aguas no es apto para el consumo humano ni el riego de vegetales y bebida de animales.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente en el Perú se encuentran 159 cuencas hidrográficas por las que escurren más de mil millones de metros cúbicos de agua al año, según datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA); estas cuencas están distribuidas en tres vertientes hidrográficas: la vertiente del Pacífico que cuenta con 62 cuencas; la vertiente del Atlántico que cuenta con 84 cuencas y la vertiente del Titicaca que cuenta con 13 cuencas (ANA, 2012).

La vertiente del Pacífico enfrenta serias restricciones de abastecimiento de agua a lo largo de la costa donde las cuencas de esta vertiente desembocan en el océano Pacífico. Esta vertiente se caracteriza principalmente por su aridez, pésimos hábitos de consumo hídrico y mal tratamiento de aguas residuales. Solo en el caso de Lima y Callao se vierte al océano Pacífico, entre aguas residuales tratadas y sin tratar, más de 400 millones de metros cúbicos al año contaminando gravemente el río Rímac y por ende el mar (Palacios, 2010).

La cuenca del río Lurín se ubica al sur del área metropolitana de Lima y está dividida por cuenca alta, media y baja. Los principales problemas ambientales que afectan a la cuenca del río Lurín pueden ser causados por factores naturales y antropogénicos o humanos. Entre las causas naturales, cabe señalar principalmente las siguientes: Eventos climáticos extremos, movimientos sísmicos, inestabilidad geológica y erosión hídrica. Entre los problemas ambientales provocados por actividades humanas se tiene principalmente los siguientes: La depredación de las lomas, quema de vegetación y rastrojos, expansión urbana de manera caótica, acumulación de basura, contaminación atmosférica provocada por chancherías y fábricas; y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Felipe-Morales, 2012).

En la zona baja de la cuenca del río Lurín se tiene como problemática el mal uso del agua al emplear técnicas de riego ineficiente (por inundación), falta de limpieza en la ribera del río y la expansión urbana desordenada; todo esto engloba la administración del agua. En cuanto a la calidad del agua, los principales contaminantes que se encuentran son: vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento, chancherías, arrojo de basura y desechos industriales (Felipe-Morales, 2012).

Con respecto al vertimiento de aguas residuales tratadas, en el distrito de Lurín se ubican dos efluentes provenientes de la PTAR San Bartolo y PTAR Julio C. Tello. La PTAR San Bartolo forma parte del Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la Zona Sur de Lima (Mesías) de SEDAPAL, esta PTAR recibe aguas residuales de diversos distritos del sur de Lima y es una de las más grandes que se encuentra en el Perú, diseñada para un caudal máximo de 1,700 L/s está conformada por un conjunto de lagunas aireadas de mezcla completa y mezcla

parcial, seguidas de lagunas de maduración y finalmente de instalaciones para la desinfección. Una de las finalidades de la planta de tratamiento es reutilizar las aguas tratadas en el riego de áreas verdes, así como terrenos eriazos localizados en las Pampas de San Bartolo. Sin embargo, la planta de tratamiento ha tenido diversos inconvenientes que afectan su operación, y por ende su eficiencia en la calidad de las aguas tratadas, entre los cuales están: problemas sociales con los pobladores cercanos a la PTAR, fallas en el diseño, ya que la carga orgánica proyectada es inferior a la carga real que se trata, y fallas en el procedimiento de construcción en una de las lagunas, ocasionando que el caudal de operación sea de $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$. (SUNASS, 2008)

Por otra parte, la PTAR Julio C. Tello puesta en funcionamiento en el año 2010, recibe aguas residuales del centro poblado Julio C. Tello y cuenta con un caudal de diseño de 23 L/s, está conformada por cámara de rejillas, desarenador, laguna anaerobia, lagunas aireadas de mezcla completa y parcial, sedimentador secundario y sistema de desinfección; las aguas tratadas son descargadas al río Lurín a 650 m. aproximadamente de la ubicación de la PTAR. Por otra parte, esta planta de tratamiento no cuenta con problemas de funcionamiento, ni con problemas sociales, y en los reportes de calidad de efluentes en su mayoría cumple con los límites máximos permisibles. (SEDAPAL, 2011)

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El resultado de dicha investigación permite observar la situación actual en la que se encuentra la calidad del agua en el río Lurín debido a la descarga de efluentes de la PTAR Julio C. Tello y la PTAR San Bartolo. Además, el resultado de la investigación

será de gran conocimiento para la población de la cuenca baja del río Lurín, ya que se demostraría el grado de contaminación del recurso hídrico, la cual se emplearía para la toma de decisiones sobre las actividades que se deben realizar en la cuenca baja del río Lurín para mejorar sus condiciones.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Delimitación Teórica

La investigación abarcó los conceptos básicos de contaminación del agua y calidad del agua; además del trabajo de campo y el análisis de la situación actual de la calidad del recurso hídrico en el río Lurín, ello permitió identificar el nivel de concentración de los contaminantes presentes en el agua.

1.3.2. Delimitación Espacial.

La investigación abarcó desde las coordenadas UTM de inicio 8644410 N y 0294111 E, hasta las coordenadas 8643140 N y 0293431 E; con una longitud del río Lurín en esa zona de 1.487 Km y en donde se establece los puntos de monitoreo antes y después de la descarga de los efluentes de las plantas de tratamiento al río Lurín.

1.3.3. Delimitación Temporal.

La investigación cubrió un período de 2 meses, desde Enero del año 2018 hasta Marzo del año 2018; ya que la evaluación se realizó en el período de avenida del ciclo hidrológico de la cuenca del río Lurín, según el estudio hidrológico de la cuenca

del río Lurín, analizando así la calidad del recurso hídrico en cuanto a su mayor caudal y por ende mayor volumen. (Ministerio de Agricultura, 2004)

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema General.

¿Cómo sería el resultado de la evaluación de la calidad del agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y Julio C. Tello?

1.4.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuál será el resultado de la evaluación de los parámetros físico-químicos: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en el agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y Julio C. Tello?
- ¿Cuál será el resultado de la evaluación de los parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Julio C. Tello y San Bartolo?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General.

Evaluar la calidad del agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y Julio C. Tello.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar los parámetros físico-químicos: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en el agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y Julio C. Tello
- Evaluar los parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en el agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y Julio C. Tello.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Desde cuando se conoce el problema.

La cuenca del río Lurín es una de las más pobladas de Perú, siendo una de las principales fuentes de agua para la ciudad de Lima. En dicha cuenca, se han realizado varios estudios indicando que los impactos de la degradación de los ecosistemas afectan de una forma más directa a las poblaciones rurales y personas con bajos recursos.

Entre algunos de estos estudios se tiene el realizado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales en el año de 1998, titulado “Diagnóstico de calidad de agua en la cuenca del río Lurín”, en este estudio se demostró que el oxígeno disuelto sobrepasaba el valor máximo de 3 ppm; los valores de conductividad eléctrica eran elevados en la zona del valle (1800 $\mu\Omega/cm$); el pH se encontraba en el rango permisible (5 – 9); los nutrientes se encontraban debajo del valor permisible; con

respecto a las sustancias tóxicas se evaluó 14 elementos metálicos, de los cuales solo el cadmio y plomo sobrepasaba los niveles máximos permisibles, y también se evaluó plaguicidas, encontrando que el DDT superaba 60 veces el límite máximo permisible.

En el año 2010, se realizó el informe de “Resultados del diagnóstico participativo sobre la situación de la gestión del agua en la cuenca del río Lurín y conformación del consejo de recursos hídrico de la cuenca” que se basó en entrevistas a diversos actores sociales de la cuenca y usuarios del agua; en donde se establecieron los siguientes temas: La administración del agua, la percepción del uso y disponibilidad del agua; y la calidad del agua, en este punto se expresó mayormente la problemática de la parte baja de la cuenca del río Lurín en relación al incremento de la contaminación de las fuentes de agua, incluso subterránea. Entre los 5 principales contaminantes se mencionó: vertimiento de aguas servidas sin previo tratamiento, la aplicación excesiva de pesticidas, chancherías, arrojado de basura y desechos industriales. (Felipe-Morales, 2010)

En el año 2011, se publicó el “Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana”, donde se menciona la problemática del diseño de las plantas de tratamiento en base a un valor de DBO_5 (250 mg/L) errado. Según los datos de Pro inversión publicadas en el mencionado estudio, la PTAR San Bartolo fue diseñada para tratar 1,700 L/s con una DBO de 250 mg/L de agua residual, sin embargo operaba con 834 L/s y con una concentración de la DBO de 550 mg/L. Por otra parte, la PTAR Julio C. Tello fue diseñada para un caudal de 23 L/s con una DBO de 250 mg/L, si bien operaba al caudal establecido en el diseño, la DBO que ingresaba a la PTAR era de 805 mg/L. Esto demuestra que las plantas de tratamiento reciben mayor concentración de DBO que el valor estimado en el diseño

lo que ocasiona una disminución en la eficiencia del tratamiento, afectando al cuerpo receptor, en este caso el río Lurín. (Moscoso, 2011)

En el año 2013, el diario Perú 21 dio a conocer que en el lecho del río Lurín, que atraviesa todo el distrito de Pachacámac, se arrojaba diariamente montañas de basura y desmonte. Además de como si se tratara de un efluente, una gran bocatoma, proveniente de la planta de tratamiento San Bartolo, expulsa las aguas residuales de varios distritos del sur de Lima al cauce, los que finalmente desembocan en el mar, exactamente en el sector del litoral que se encuentra entre la playa Mamacona y Campo Mar 'U'. En el recorrido realizado por el grupo de Perú 21 se pudo observar que en este tramo se encuentran dos pozas de oxidación de Sedapal que habían sido prácticamente abandonadas.

Ese mismo año, la Autoridad Nacional del Agua mediante la dirección de gestión de la calidad de los recursos hídricos presentó el informe "Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Lurín", el cual contiene los resultados de la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados en el río Lurín durante el periodo de transición de estiaje en el año 2013. De este monitoreo se identificó que los parámetros de DBO₅ (85.27 mg/L), DQO (233.33 mg/L), fosfatos (6.284 mg/L), aceites y grasas (9.4 mg/L), coliformes termotolerantes (33000 NMP/100mL) y Escherichia coli (23000 NMP/100mL) sobrepasaban los estándares de calidad ambiental, en el punto de monitoreo ubicado en el río Lurín cruce con la carretera Panamericana Sur.

En el año 2015, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento realizó el reporte de monitoreo de calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, donde se observa que de los nueve

monitoreos realizados a los efluentes de la PTAR San Bartolo en diversos meses, siete de ellos sobrepasaba el límite máximo permisible para coliformes termotolerantes, teniendo la mayor cantidad de coliformes termotolerantes en el mes de noviembre con 110,000 NMP/100mL; tres sobrepasaba la DBO y en los nueve meses sobrepasaba la DQO, en ambos casos la mayor concentración se obtuvo en el mes de noviembre con 220 mg/L para la DBO y 448 mg/L para la DQO. Para el caso de la PTAR Julio C. Tello se realizó dos monitoreos de calidad de efluente en diversos meses, en el cual solo en el mes de setiembre se obtuvo una concentración mayor de lo establecido para coliformes termotolerantes, siendo de 33,000 NMP/100mL.

En el año 2016, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) presentó el estudio “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento”, en la cual la PTAR San Bartolo si bien cuenta con una de las lagunas aireadas más grandes del Perú, esta no se encuentra en funcionamiento desde el 2012 debido a la falta de energía, motivo por el cual trabaja con el 50% del caudal de diseño; y además solo trabaja con 4 de las 5 lagunas anaerobias y facultativas, ya que una presenta fallas de construcción que ponen en peligro el estado de las otras lagunas. Por otra parte se menciona que hasta el 1 de julio del 2014, la PTAR San Bartolo contaba con autorización para que sus efluentes sean reusados en el riego de cultivos, es por ello que se implementó lagunas de pulimiento para lograr la remoción de huevos de helmintos. En el caso de la PTAR Julio C. Tello, se menciona que debido a la carga orgánica muy elevada que presentaban las aguas que trataba, se tuvo que incorporar lagunas anaerobias para mejorar la eficiencia,

considerando el recubrimiento adecuado de las unidades para evitar la emisión de olores.

2.1.2. Investigaciones anteriores internacionales

Flores Laureano, José Santos (México, 1997). *“Evaluación de la calidad del agua del río San Juan en el Estado de Nueva León”*. La investigación tuvo como propósito evaluar la calidad del agua en el río San Juan, afectada por la contaminación producida por el desarrollo urbano e industrial circundante al río, mediante la identificación de contaminantes y el análisis de los parámetros físicos, químicos, bacteriológicos, pesticidas y metales pesados.

La evaluación demostró que las concentraciones de coliformes fecales y totales, sulfatos, detergentes, sólidos disueltos, aluminio, bario, cromo, fierro y cadmio excedían los estándares de calidad del agua. Estos contaminantes provienen de diversas fuentes puntuales como descargas localizadas y de fuentes difusas producto del escurrimiento sobre la cuenca.

Illarramendi Rivas, María Auxiliadora (Venezuela, 2008). *“Calidad del agua en la cuenca del río Guaire”*. La investigación tuvo como objetivo general el de evaluar la calidad del agua en el río Guaira, mediante la realización de muestreos en once estaciones a lo largo del río Guaire y sus principales tributarios; los parámetros que se evaluaron fueron: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total, fósforo total, metales en agua y sedimentos, pesticidas organoclorados, coliformes totales, coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Los resultados de la investigación identificaron presencia de concentraciones de coliformes totales y fecales en varios puntos del río Guaire que sobrepasan los límites establecidos en la norma venezolana, así como la presencia de metales en tres estaciones. En cuanto a las encuestas realizadas, la población manifiesta que la calidad y disponibilidad de agua es adecuada en la cuenca del río Guaire.

Villa Achupallas, Mercedes Alexandra (Ecuador, 2011). “Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación”. En la investigación se manifestó la situación en la que se encuentra el río Yacuambi debido al crecimiento poblacional y el desarrollo de la actividad minera. Por ello, se realizó diversos muestreos para establecer las características fisicoquímicas y bacteriológicas del cauce, en base a cuyos resultados se determinó la calidad del agua. A partir de los resultados se realizaron propuestas de tratamiento y control de la contaminación, estableciendo adicionalmente las zonas y puntos de monitoreo más idóneas.

Los resultados obtenidos evidenciaron un deterioro en el ecosistema del río Yacuambi siendo el parámetro Coliformes fecales el de mayor significancia por las altas concentraciones encontradas en su cauce de hasta 8200 UFC/100mL, valores que sobrepasan los límites permisibles por la norma ecuatoriana vigente que es de 1000 UFC/100mL.

Martínez Lazo, Marcelino (Bolivia, 2015). “Calidad del agua y propuestas de conservación del río Chirapaca (Sector Puente)”. El objetivo fue estudiar la calidad del agua del río Chirapaca (Sector Puente), influenciada por las actividades domésticas, descarga de aguas residuales y la inapropiada disposición de residuos sólidos en el río; por medio de la recolección de muestras en cinco puntos a lo largo

del tramo del río Chirapaca, considerando los parámetros fisicoquímicos: Temperatura, turbiedad, sólidos totales, conductividad, pH, DBO₅, nitrógeno total y fósforo total. Aparte de la toma de muestra se realizó encuestas a la población que se encuentra en el área de estudio.

El resultado del análisis fisicoquímico de las muestras de agua del río, en relación con la temperatura, la turbidez, los sólidos totales, la conductividad, el pH, la DBO₅, nitrógeno total y fósforo total, demostró que algunos parámetros se encontraban fuera de los límites permisibles. Además de que las entrevistas efectuadas, identificaron una falta de cultura ambiental y educación en la población del lugar, también se observó la falta de una gestión de aguas del río por parte del Estado.

2.1.3. Investigaciones anteriores nacionales

Calla Llontop, Helen Jesús (Lima, 2010). “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”. La investigación tuvo como objetivo principal analizar el grado de alteración causado por la actividad minera en la calidad del agua del río Rímac, en el sector de San Mateo. Para esto se realizó la recopilación de información, el trabajo de campo que comprende los muestreos de agua en los cuerpos receptores o en los vertimientos, análisis de muestras y la elaboración del informe final, en el cual se incluyó las propuestas para la disminución de los contaminantes que se vierten al río por las actividades mineras.

Los resultados finales dieron que los elementos metálicos como el cadmio, el plomo, el arsénico, el manganeso y el fierro; así como los parámetros biológicos coliformes termotolerantes y totales; y los niveles de pH excedían los estándares de calidad

ambiental. Es por ello que se identificó la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad como la más adecuada para el tratamiento de efluentes mineros.

Casilla Quispe, Sergio (Puno, 2014). “Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez”. El propósito de la investigación fue evaluar la calidad del agua del río Suchez, debido a los impactos que genera las actividades de ganadería en menor escala, agricultura y la extracción de oro. Para esto se realizó la toma de muestra en cuatro puntos del río Suchez, los parámetros evaluados fueron: Sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, sulfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio y pH.

Los resultados de la evaluación encontraron que la concentración de sólidos suspendidos era baja, los sulfatos se encontraban en un rango de 32 – 24 mg/L, el calcio entre 24 – 16 mg/L, el sodio entre 6.4 – 6.9 mg/L, magnesio entre 5.1 – 3.4 mg/L, conductividad eléctrica con valores cercanos a 200 μ S/cm y pH con tendencia a ser ligeramente básico.

Andrea Momblanch, et al. (Lima, 2015). “Análisis de medidas para la mejora de la calidad del agua en el tramo bajo del río Lurín”. El objetivo de la investigación fue obtener resultados preliminares sobre la calidad del agua en el río Lurín, para luego poder definir los indicadores de calidad del agua más adecuados para gestionar los recursos hídricos del río Lurín. Por ello, se realizó 12 muestreos mensuales en 7 puntos del río y en 5 efluentes; las variables cuantificadas en cada punto fueron: caudal (m^3/s), conductividad (μ S/m), pH, temperatura ($^{\circ}C$), oxígeno disuelto (mg/l), DBO_5 (mg/l), sólidos totales (mg/l), *Escherichia coli* (NMP/100 ml) y coliformes totales (NMP/100 ml).

Finalmente se llegó a identificar como contaminantes prioritarios en el tramo bajo del río Lurín a los coliformes totales con una concentración máxima de 52000 NMP/100 mL y Escherichia coli con una concentración máxima de 17000 NMP/100 mL. Es por ello, que en la investigación se concluye que las elevadas concentraciones de los contaminantes evaluados, junto con el riesgo potencial de insalubridad que suponen para los usos identificados en la zona de estudio, demuestran la importancia de analizar y priorizar medidas encaminadas a la mejora de la calidad del agua.

Frías y Montilla (Iquitos, 2016). *“Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 – 2015”*. El objetivo fue evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores del río Itaya, y luego elaborar una propuesta para disminuir el nivel de contaminación en el agua. Para tal propósito, establecieron tres puntos de muestreo que se llevó a cabo los meses de diciembre 2014, julio y diciembre 2015.

Los resultados determinaron que los parámetros pH, aceites y grasas, oxígeno disuelto, fosfato, coliformes totales y coliformes fecales difieren de los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 conservaciones de ambientes acuáticos. Es por eso que se estableció como medidas preventivas monitorear la descarga de aguas residuales de las diversas actividades que se realizan en el área de estudio.

2.2. Bases Teóricas:

Calidad de agua: El término calidad del agua es un término relativo y solo tiene importancia si está relacionado con el uso que se le va a dar. Por ejemplo, una

fuentes de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. (CEPIS, 1987)

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También se puede definir por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. (Mendoza, 1996)

Parámetros físico-químicos del agua: Se clasifican como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, mientras que los parámetros químicos son aquellos indicadores o sustancias químicas que se encuentran en el agua.

Temperatura: La temperatura del agua es un parámetro muy importante dado su influencia sobre el desarrollo de la vida acuática, así como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción. Además, influye en el comportamiento de otros indicadores del agua, como la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto. Por ejemplo, el aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. (METALF & EDDY, 1995).

Algunos factores naturales que afectan la temperatura en el agua son:

- Energía solar: cambios estacionales y diarios, sombra, temperatura del aire.
- Flujo y profundidad del agua.
- Afluencia de agua subterránea: generalmente más fría que la corriente.
- Afluencia de agua de superficie en la corriente que está a una temperatura diferente a la corriente principal. Por ejemplo: una zanja de desagüe u otra corriente.
- Color o turbidez del agua: el sedimento suspendido absorbe el calor.
(CSWRCB, s.f.)

Potencial de hidrógeno (pH): La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales (METALF & EDDY, 1995). Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH (MITCHELL et al. 1991).

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro, siendo recomendable la medición in situ de modo que no se modifique los equilibrios iónicos debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio (METALF & EDDY, 1995).

Conductividad eléctrica: La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través del cual fluye el agua (cuenca). Indica que, la conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos

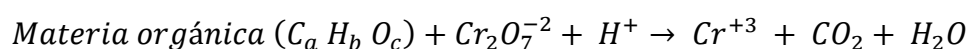
(ej. Aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores. Por ejemplo, aguas que corren en sustrato graníticos tienden a tener menor conductividad, ya que ese sustrato está compuesto por materiales que no se ionizan. Descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{-2} , u otros iones. (Fuentes, 2002)

Oxígeno disuelto (OD): El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que pueden estar presentes en la solución, viene acondicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas, (2) presión parcial del gas en la atmósfera; (3) temperatura, y (4) pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc.) (METALF & EDDY, 1995). Las concentraciones de OD en aguas naturales dependen de las características fisicoquímicas y la actividad bioquímica de los organismos en los cuerpos de agua. El análisis del OD es clave en el control de la contaminación en las aguas naturales y en los procesos de tratamiento de las aguas residuales industriales o domésticas. (SAWYER, 1996)

El conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. que se vierten a los cuerpos de agua son descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno y no es posible la existencia de peces u otros organismos vivos. El indicador para medir la contaminación por desechos o residuos orgánicos es la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua. (GESTA, 2005)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, es la DBO a 5 días (DBO₅). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para: (1) determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; (2) dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; (3) medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento, y (4) controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos. (METALF & EDDY, 1995)

Demanda química de oxígeno (DQO): El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El dicromato potásico proporciona excelentes resultados como agente oxidante, siendo la principal reacción química:



La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. (METALF & EDDY, 1995)

Parámetros microbiológicos del agua: Varios organismos patógenos de transmisión fecal-oral pueden estar presentes en el agua cruda (agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización), entre ellos

bacterias como *Salmonella* sp, *Shigella* sp, coliformes totales y fecales, los cuales han sido encontradas en abastecimientos de aguas. (Ocasio y López, 2004).

Coliformes fecales: Los coliformes fecales también denominados termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas, son un grupo de especies bacterianas de origen intestinal (*Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*), todos pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas; constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. (Prescott et. al., 1996)

Las bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático, están sometidas a un estrés fisiológico y pierden gradualmente la capacidad de producir colonias en medios diferenciales y selectivos. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. La presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua. (Prescott et. al., 1996)

Escherichia coli: Es un bacilo Gram negativo que se encuentra clasificado dentro de la familia *Enterobacteriaceae* (bacterias entéricas), existe como comensal en el intestino delgado de humanos y animales. Sin embargo, existen algunas cepas de *E. coli* patógenas que provocan enfermedades diarreicas. Estas se clasifican con base en las características que presentan sus factores de virulencia únicos, cada

grupo provoca enfermedad mediante un mecanismo diferente. (Camacho et. al., 2009)

Este grupo de bacterias se encuentra constituido por las siguientes cepas: E. coli enterotoxigénica (ETEC), E. coli enteropatógena (EPEC), E. coli enterohemorrágica (EHEC), E. coli enteroinvasiva (EIEC), E. coli enteroagregativa (EAEC) y E. coli enteroadherente difusa (DAEC). Existen otras cepas que no han sido perfectamente caracterizadas; de las cepas anteriores, las 4 primeras están implicadas en intoxicaciones causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados. (Camacho et. al., 2009)

2.3 Definición de términos básicos

Aguas residuales: Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

Coliformes Fecales: Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes, debido a que soportan temperaturas de hasta 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal. (HAYES, 1993)

Conductividad eléctrica: Es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide indirectamente la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, nitratos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos presentes en el agua; se mide en Ω/cm o Siemens/cm. (Sierra Ramírez; 2011).

Cuenca hidrográfica: La cuenca hidrográfica es un área drenada por un río, es una unidad natural hidrológica y geofísica, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos. Los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria de aguas. (IPROGA, 1996)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): La DBO es el parámetro que mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica. La prueba de DBO más conocida es la DBO₅. (Sierra Ramírez, 2011)

Demanda química de oxígeno (DQO): La DQO es una prueba ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química, como el dicromato de potasio, y no microorganismos. (Sierra Ramírez, 2011)

Efluente: Es aquella agua residual que sale de una planta o un proceso de tratamiento. (MVCS, 2013)

Estándar de calidad ambiental (ECA): Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. (OEFA, 2014)

Escherichia coli: Es una bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas,

algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria. (OMS, s.f.)

Límite máximo permisible (LMP): Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (OEFA, 2014)

Oxígeno disuelto (OD): Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua, además de ser un indicador de contaminación del agua. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica que el agua es de mejor calidad. (Peña E., 2007)

Planta de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR): Es aquella infraestructura y procesos que permiten la depuración de los parámetros contaminantes contenidos en las aguas residuales domésticas o municipales. (MVCS, 2013)

Potencial de hidrógeno (pH): Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14 (Sierra Ramírez, 2011).

Temperatura: Es una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua. Se mide en una escala lineal de grados Centígrados o grados Fahrenheit. (CSWRCB, s.f.)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA

3.1. Tipo de metodología

La presente investigación se define como un estudio aplicativo, ya que se aplica los conocimientos ya existentes para que se pueda familiarizar con la situación del problema, se identifique las variables más importantes y reconozca los puntos más representativos para la toma de muestra del agua del río Lurín; para ello la investigación se desarrolla en tres etapas:

- **Recopilación de información:** Comprende la revisión bibliográfica correspondiente al área de estudio, así como la información de campo que se pueda obtener mediante la inspección visual. La información obtenida por la revisión bibliográfica incluye estudios de entidades públicas como la Autoridad Nacional del Agua, el Ministerio del Ambiente, la Dirección General de Salud Ambiental, así como de autores de informes periodísticos, tesis, artículos científicos y trabajos publicados con respecto al área de estudio y en general con el tema de calidad del agua en fuentes superficiales. Con respecto a la

información de campo, la información obtenida fue mediante la revisión del área de estudio, donde se pudo observar las actividades que se realizan cercanas al río Lurín, así como los puntos más adecuados para poder realizar la toma de muestra del agua.

- **Trabajo de campo:** Comprende la realización de la toma de muestra del agua en las estaciones de monitoreo ya establecidas para obtener información actual del estado de la calidad del agua del río Lurín. Para ello se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua publicado por la Autoridad Nacional del Agua en el cual se considera los siguientes aspectos:
 - Elección de los puntos de muestreo de acuerdo a las actividades que se realizan y la ubicación geográfica.
 - Selección de los parámetros de muestreo.
 - Preparación de materiales y equipos para el monitoreo.
 - Llenado de cadena de custodia y fichas de información de los puntos
 - Especificaciones de las mediciones en campo por cada parámetro, así como la conservación de las muestras.
 - Instrucción para el envío de las muestras al laboratorio.
- **Elaboración del Informe final:** Consiste en el análisis y procesamiento de la información obtenida en la etapa de trabajo de campo y su posterior análisis de laboratorio, para luego realizar la interpretación, discusión de resultados y las conclusiones con respecto a la problemática de la investigación, para la interpretación de los resultados, estos se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados según Decreto Supremo N°004 – 2017 – MINAM en función a la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

3.2. Desarrollo de la metodología

3.2.1 Ubicación de puntos de monitoreo

Para la determinación de los puntos de monitoreo se consideraron los siguientes criterios establecidos en el Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos: La accesibilidad a los puntos de muestreo y la representatividad; y la distancia aguas arriba y abajo de la descarga de aguas residuales, en este caso aguas arriba de la descarga del efluente de la PTAR San Bartolo y aguas abajo de la descarga del efluente de la PTAR Julio C. Tello.

Es por ello que los puntos de monitoreo de calidad del agua en el río Lurín están conformado por dos (02) puntos, uno de ellos se ubica a 877 m. aguas arriba de la descarga del efluente de la PTAR San Bartolo y el segundo punto se ubica a 210 m. aguas abajo de la descarga del efluente de la PTAR Julio C. Tello. En cada punto de monitoreo se realizó tres repeticiones para poder obtener datos más representativos. En la siguiente tabla se especifica las coordenadas UTM y la descripción detallada de la ubicación de los puntos de monitoreo, mientras que en la figura posterior se ubica geográficamente los puntos de monitoreo y los puntos de descarga de aguas residuales de las plantas de tratamientos ya mencionadas. (Ver Anexo N° 02: Mapa de ubicación de puntos de monitoreo).

TABLA N°01: PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO LURÍN

| PUNTO DE MONITOREO | | DESCRIPCIÓN | COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 18S | |
|--------------------|--------|---|--------------------------------|---------|
| | | | NORTE | ESTE |
| RL 1 | RL 1.1 | Río Lurín a 877 metros aguas arriba de la descarga de efluentes de la PTAR San Bartolo y a 491 metros aguas abajo del Puente Lurín. | 8644410 | 0294111 |
| | RL 1.2 | | | |
| | RL 1.3 | | | |

| | | | | |
|------|--------|---|---------|---------|
| RL 2 | RL 2.1 | Río Lurín a 290 metros aguas abajo de la descarga de efluentes de la PTAR Julio C. Tello y a 210 metros aguas arriba de la carretera Panamericana Sur | 8643140 | 0293431 |
| | RL 2.2 | | | |
| | RL 2.3 | | | |

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°01: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO LURÍN



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Parámetros de muestreo

Los parámetros de calidad del agua en el río Lurín evaluados han sido los más significativos, debido a los antecedentes mencionados en capítulos anteriores y al tipo de contaminante que afecta la calidad del agua en el área de estudio, en este caso aguas residuales domésticas. Además, en el Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, publicado por la Autoridad Nacional del Agua, se

menciona los parámetros a evaluar en campo y parámetros a determinar en laboratorio para cuerpos de agua que son impactados por aguas residuales procedentes de actividades económicas y poblacionales. Con todo lo mencionado anteriormente, los parámetros a evaluar son:

- Parámetros determinados en campo: Temperatura (°C), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y oxígeno disuelto (mg/L).
- Parámetros determinados en laboratorio: Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L), demanda química de oxígeno (mg/L), coliformes termotolerantes (NMP/100mL) y *Escherichia coli* (NMP/100mL).

Estos parámetros, luego de la medición y toma de muestra, fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. En la Tabla N°02 se menciona los estándares para cada parámetro.

TABLA N°02: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA – CAT. 3

| Parámetro | Unidad de medida | ECA |
|-------------------------------|-------------------------|-----------|
| pH | Unidad de pH | 6.5 – 8.4 |
| Conductividad | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 2500 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | ≥ 4 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 15 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 40 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | 1000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100mL | 1000 |

Fuente: D.S. N°004 – 2017 – MINAM categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

3.2.3 Materiales y equipos

El trabajo de campo se inicia con la preparación de materiales y equipos que se utilizarán para la toma de muestra. Se tiene los materiales generales, los materiales de laboratorio y equipos de medición.

TABLA N°03: MATERIALES Y EQUIPOS PARA MONITOREO

| Materiales generales | Materiales de laboratorio | Equipos |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Tablero, fichas de registro de campo• Cadena de custodia• Etiquetas para la identificación de frascos• Soga y balde de plástico transparente• Papel secante• Plumón indeleble• Cinta métrica | <ul style="list-style-type: none">• Frasco de polietileno• Frasco de vidrio esterilizado• Guantes descartables• Cooler grande• Refrigerante Ice pack• Reactivo de ácido sulfúrico, para preservación• Agua destilada | <ul style="list-style-type: none">• GPS modelo eTrex Venture HC• Multiparámetro Hach co. Modelo HQ40D• Cámara fotográfica |

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Procedimiento de la toma de muestra

El monitoreo de la calidad del agua del río Lurín fue realizado el día Sábado 10 de Febrero del 2018, desde las 12:04 m hasta 15:10 pm., para cada punto de monitoreo se realizó una repetición de toma de muestra tres veces (Anexo N° 03: Registro fotográfico del monitoreo). El procedimiento en todos los casos fue el mismo y se realizó en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, como se menciona a continuación:

- Se inició con la medida de caudal, para ello se ubicó un tramo cercano a cada estación de monitoreo que presente un cauce homogéneo. Luego se utilizó el método del flotador para poder hallar la velocidad del flujo de agua, este método se realizó en el margen izquierdo, centro y derecho del río Lurín. Después, se tomó las medidas de las alturas en cada punto de medición de las velocidades, para finalmente medir el ancho del río Lurín en ese tramo. Con estos datos se determinó el caudal aproximado que presentaba el río Lurín al momento de cada toma de muestra. En el Anexo N° 04: Fichas de campo y cadena de custodia se puede observar los datos tomados para la medición del caudal.
- Para el llenado de cadena de custodia se anotaron las observaciones con respecto al cuerpo de agua como del entorno cercano a la estación de monitoreo, además se tomó las lecturas de las coordenadas con el GPS eTrex Venture HC y se colocaron los datos de los parámetros in situ, así como la revisión del envío de parámetros analizados en laboratorio (Anexo N° 04: Fichas de campo y cadena de custodia).
- Para la lectura de los parámetros de campo se procedió a medir cada uno en el siguiente orden: Oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad. Para ello se tomó de cada punto una muestra compuesta, que consiste en la combinación de muestras sencillas tomadas en el mismo sitio, esta muestra se colocó en un recipiente adecuado y se realizó la medición, en el orden mencionado anteriormente, utilizando el equipo multiparámetro Hach co. Modelo HQ40D el cual se encontraba calibrado antes de la medición de los parámetros (Anexo N° 05: Certificado de calibración de multiparámetro).
- Para los parámetros microbiológicos: coliformes fecales y Escherichia coli se utilizaron frascos de vidrio esterilizados de 500 mL, la toma de muestra fue del

tipo compuesta, tomando tres muestras puntuales cercanas al centro de la corriente del río a una profundidad de 13 cm aproximadamente y en dirección opuesta al flujo del río Lurín, se dejó un espacio de un 1/3 del frasco para la aireación de los microorganismos y tapando el frasco lo más rápido posible. Luego se procedió con el rotulado del frasco indicando el punto de monitoreo, el parámetro del cual se requiere ensayo de laboratorio, hora y fecha de la recolección de la muestra; y el responsable de la toma de muestra.

- Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno se utilizaron frascos de plástico de boca ancha con 1 L. de capacidad, la toma de muestra fue del tipo compuesta, a una profundidad de 13 cm aproximadamente y en dirección opuesta al flujo del río Lurín, se tuvo que llenar completamente el frasco sin que se forme burbujas de aire, e inmediatamente fue cerrado. Luego el envase fue rotulado de igual manera como se explicó en el punto anterior.
- Para el parámetro demanda química de oxígeno se utilizaron frascos de plástico de 100 mL de capacidad, la toma de muestra fue del tipo compuesta, a una profundidad de 13 cm aproximadamente y en dirección opuesta al flujo del río Lurín, no fue necesario el llenado completo del envase, ya que se tuvo que dejar un espacio libre para añadir el preservante ácido sulfúrico hasta que la muestra tenga un pH menor a 2, aproximadamente añadiendo 10 gotas de ácido sulfúrico se llegó a un valor menor del pH establecido. Luego el envase fue rotulado de igual manera como se explicó en el punto anterior.
- Todas las muestras tomadas en cada punto de monitoreo fueron colocadas en un recipiente térmico (cooler) y refrigerados con Ice pack, teniendo en cuenta que los frascos de vidrio fueron envueltos con film alveolar. Para luego llevar las muestras al laboratorio el mismo día de realizado la toma de muestra.

3.2.5 Análisis de laboratorio

Las muestras fueron llevadas en un cooler debidamente refrigerado con Ice pack al laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L., con ubicación en Prolongación Zarumilla. Mz. D2. Lt. 3., Bellavista, Callao. En el establecimiento se recibió las muestras y la cadena de custodia, dando conformidad con el embalaje, preservación y refrigeración de las muestras.

El laboratorio se encargó del análisis de las muestras de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes fecales y *Escherichia coli* mediante los métodos que se muestran en la Tabla N°04.

TABLA N°04: MÉTODOS Y REFERENCIAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|-------------------------------|--|---|
| Demanda bioquímica de oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017 | Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda química de oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017 | Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Coliformes fecales | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 22nd Ed. 2012 | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) |
| <i>Escherichia coli</i> | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, (ítem 1), 22nd Ed. 2012 | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. <i>Escherichia coli</i> Procedure Using Fluorogenic Substrate |

Fuente: Informe de ensayo N°: IE-18-0319 - laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.

3.3. Resultados y discusiones

Los resultados de los parámetros obtenidos en campo, así como los parámetros reportados por el laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. (Anexo N° 06:

Informes de ensayos de laboratorio) se presentan en la Tabla N°05, estos resultados se compararon con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3.

TABLA N°05: RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO LURÍN

| Fecha de Monitoreo | DD/MM/AÑO | 10/02/18 | 10/02/18 | 10/02/18 | 10/02/18 | 10/02/18 | 10/02/18 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Hora de muestreo | hh:mm | 14:26 | 14:45 | 15:10 | 12:04 | 12:38 | 12:59 |
| Puntos de monitoreo Parámetro | Código de los puntos de monitoreo | RL 1 | | | RL 2 | | |
| | | RL 1.1 | RL 1.2 | RL 1.3 | RL 2.1 | RL 2.2 | RL 2.3 |
| Caudal | m ³ /s | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.73 | 0.76 | 0.71 |
| Parámetros Físico-químicos | | | | | | | |
| Temperatura | ° Celsius | 30.4 ± 0.25 | 30.9 ± 0.25 | 30.6 ± 0.25 | 29.5 ± 0.26 | 29.9 ± 0.26 | 29.4 ± 0.26 |
| pH | Unidad de pH | 7.90 ± 0.05 | 7.99 ± 0.05 | 7.93 ± 0.05 | 7.89 ± 0.05 | 7.79 ± 0.05 | 7.83 ± 0.05 |
| Conductividad eléctrica | µS/cm | 767 ± 1.53 | 770 ± 1.53 | 769 ± 1.53 | 2277 ± 19.66 | 2240 ± 19.66 | 2270 ± 19.66 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 4.55 ± 0.38 | 3.98 ± 0.38 | 3.83 ± 0.38 | 2.37 ± 0.24 | 2.84 ± 0.24 | 2.52 ± 0.24 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 11.2 ± 7.63 | 20.0 ± 7.63 | 26.4 ± 7.63 | 61.9 ± 2.06 | 58.1 ± 2.06 | 61.4 ± 2.06 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 45 ± 15.04 | 70 ± 15.04 | 72 ± 15.04 | 197 ± 5.03 | 191 ± 5.03 | 201 ± 5.03 |
| Parámetros microbiológicos | | | | | | | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | 11 ± 491.59 | 920 ± 491.59 | 790 ± 491.59 | 240,000 ± 11,547.01 | 240,000 ± 11,547.01 | 220,000 ± 11,547.01 |
| Escherichia Coli | NMP/100mL | 7.8 ± 172.74 | 220 ± 172.74 | 350 ± 172.74 | 160,000 ± 40,951.19 | 79,000 ± 40,951.19 | 130,000 ± 40,951.19 |

Fuente: Informe de ensayo N°: IE-18-0319 - laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L.

Leyenda: : Mayor al ECA para agua

Como se observa en la tabla anterior y en comparación con los estándares de calidad ambiental, se evidencia que:

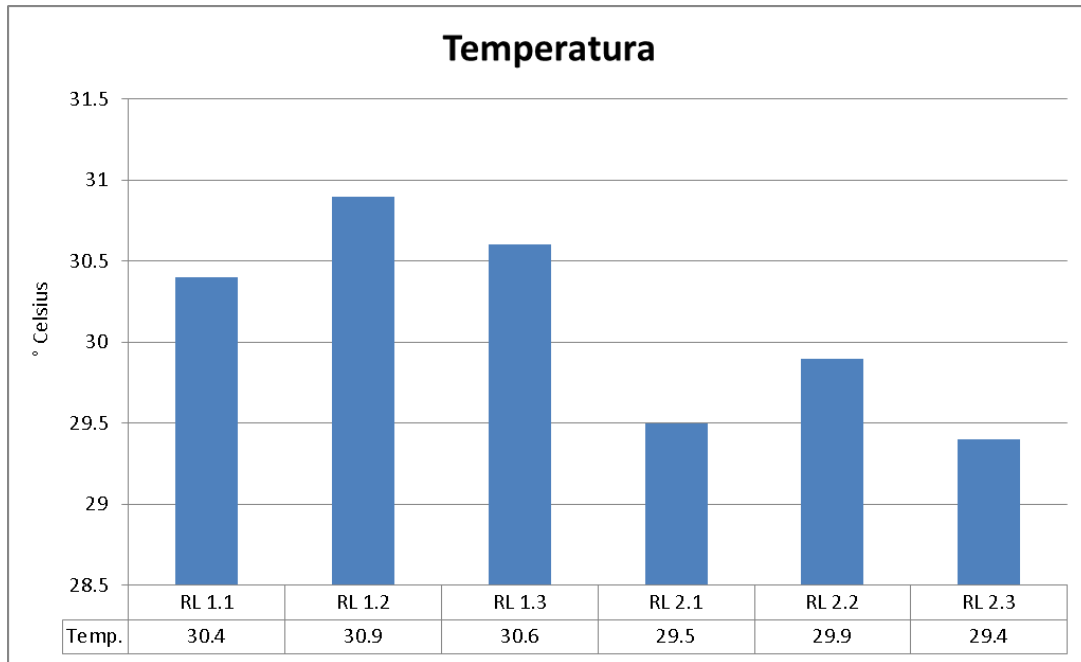
- En el punto de monitoreo RL1, en dos de las tres repeticiones (RL1.2 y RL1.3); el oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno exceden los valores de ECA-Agua Categoría 3, mientras que los valores de la demanda química de oxígeno exceden en las tres repeticiones. Esto debido a que aguas arriba de la toma de muestra se encontraron áreas recreacionales que tenían pequeños vertederos que conducían al río Lurín, además de que cercano a la ribera del río se encontraron pequeñas viviendas, actividad agrícola y crianza de ganado en menor medida.
- En el punto de monitoreo RL2, se observa que en las tres repeticiones, los parámetros de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes termotolerantes y Escherichia coli no cumplen con los límites de ECA-Agua Categoría 3 afectando la calidad del río Lurín. Esto se debe a la descarga de los efluentes por parte de las plantas de tratamiento que se encuentran en la zona, San Bartolo y Julio C. Tello, además que estas aguas aumentan el caudal del río Lurín.

A continuación se presentan los gráficos en barras, en los cuales se identifican los parámetros de calidad de agua, los más importantes comparados con el valor de la categoría correspondiente del ECA-Agua.

3.3.1 Parámetros Físico-químicos

Temperatura

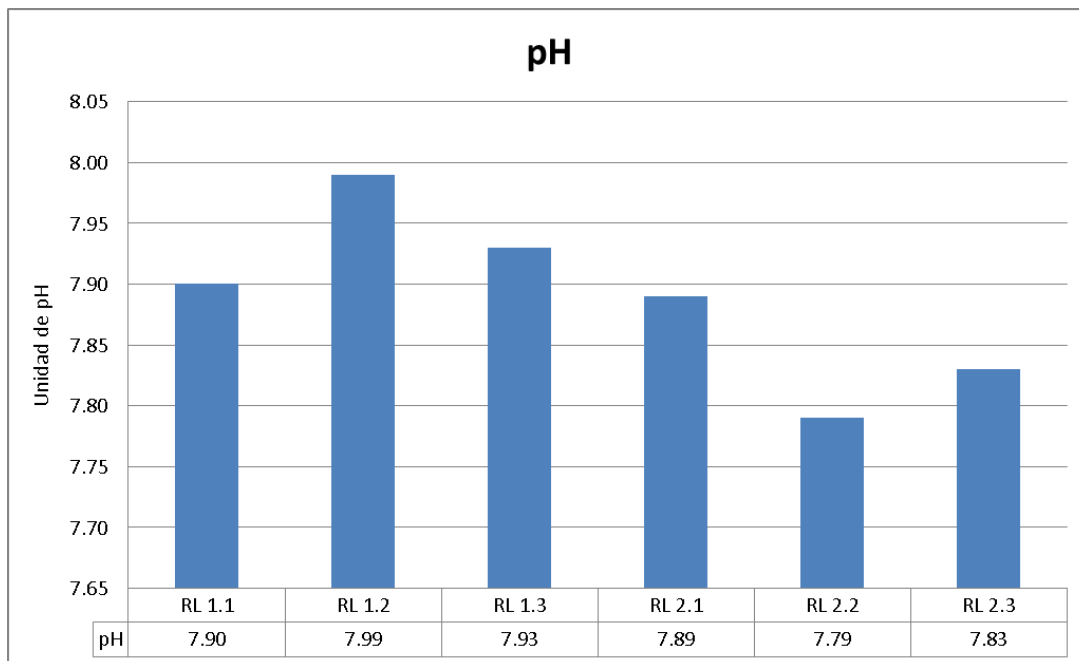
FIGURA N°02: COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO



La temperatura para el punto de monitoreo RL 1 indica un promedio de 30.63°C, mientras que en el punto de monitoreo RL 2 se indica una temperatura promedio de 29.6°C. La temperatura del agua en el punto uno es ligeramente mayor a la del punto dos, esto debido a las fluctuaciones normales climáticas y al flujo del agua en la que se realizó la toma de muestra en cada punto, ya que en la toma de muestra del primer punto se sintió una mayor radiación solar y el caudal era de un promedio de 0.08 m³/s, mientras que en el segundo punto se presencié mayor nubosidad y se tenía un caudal promedio de 0.73 m³/s. Según las bases teóricas la temperatura en el agua se ve influenciada por factores climáticos así como por el flujo y profundidad del cuerpo de agua.

Potencial de hidrógeno (pH)

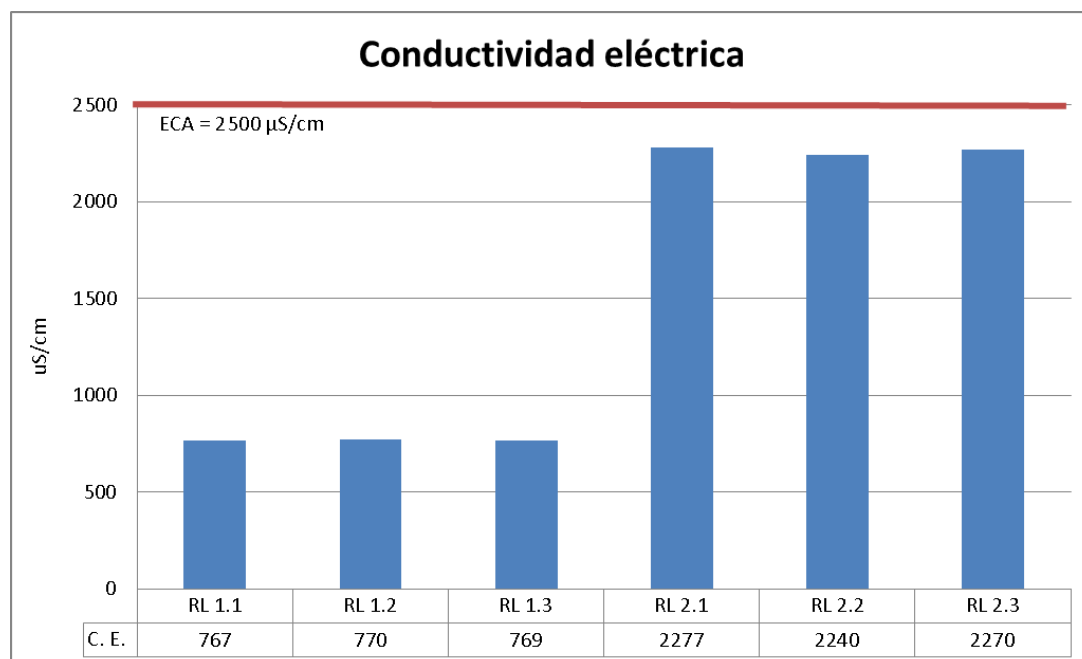
FIGURA N°03: COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO



El pH en ambos puntos de monitoreo no evidencian una gran diferencia, teniendo para el punto RL 1 un pH promedio de 7.94 y para el punto RL 2 de 7.84, si bien la diferencia es mínima, esta indica que la contribución de los efluentes en el río Lurín ha ocasionado una disminución mínima en el pH del primer punto de monitoreo, según METALF & EDDY los efluentes domésticos alcanzan un valor de entre 7 u 8, por lo que el valor del pH de los efluentes de la PTAR San Bartolo y PTAR Julio C. Tello son aceptables. Por otra parte los valores de pH cumplen con el rango establecido en el ECA-Agua cat. 3.

Conductividad eléctrica

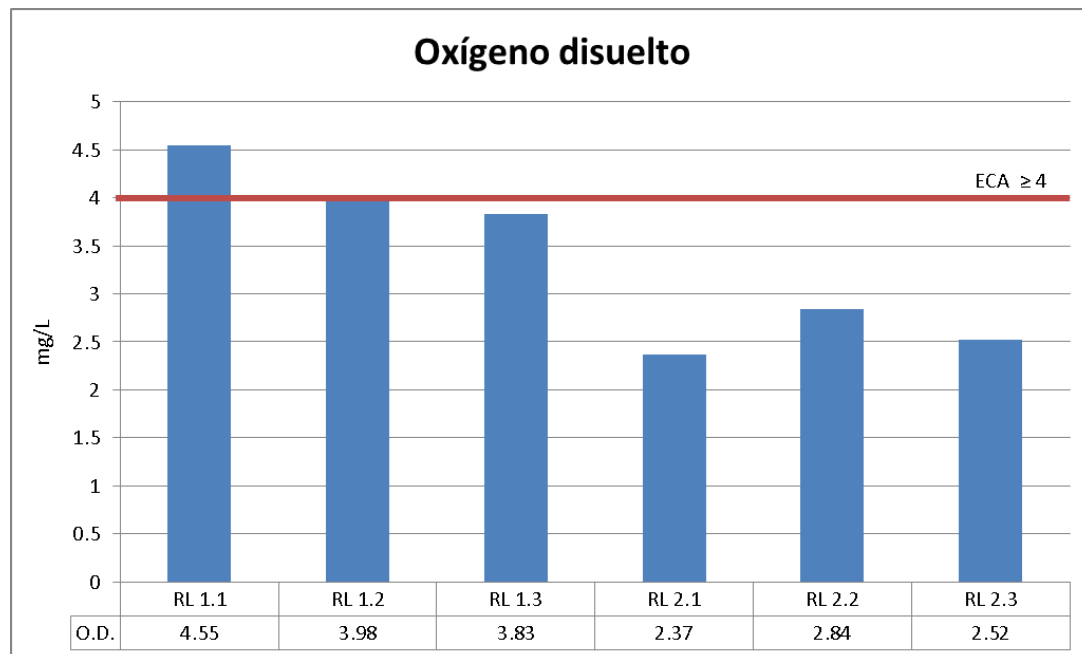
FIGURA N°04: COMPARACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO



La conductividad en el punto RL 1 tiene un valor promedio de 768.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el punto RL 2 un valor promedio de 2262.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como se observa hay una diferencia de casi tres veces más una de otra. De esta manera se puede afirmar que los efluentes de las plantas de tratamiento contienen una gran cantidad de fosfatos, sulfatos, nitratos y cloruros, ya que según Fuentes las aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de cloruros, nitratos, sulfatos u otros iones. Por otra parte los detergentes provenientes de las aguas residuales contienen concentraciones de fosfatos, lo que se pudo observar a la salida del efluente de la PTAR San Bartolo con la formación de espuma blanca, además se debe considerar que en ambos puntos de muestreo existe el aporte de la actividad agrícola cercana a la ribera del río con la contribución de nitratos mediante la escorrentía de fertilizantes. Sin embargo, el ECA-Agua cat. 3 para conductividad se cumple en ambos puntos de monitoreo.

Oxígeno disuelto (OD)

FIGURA N°05: COMPARACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO

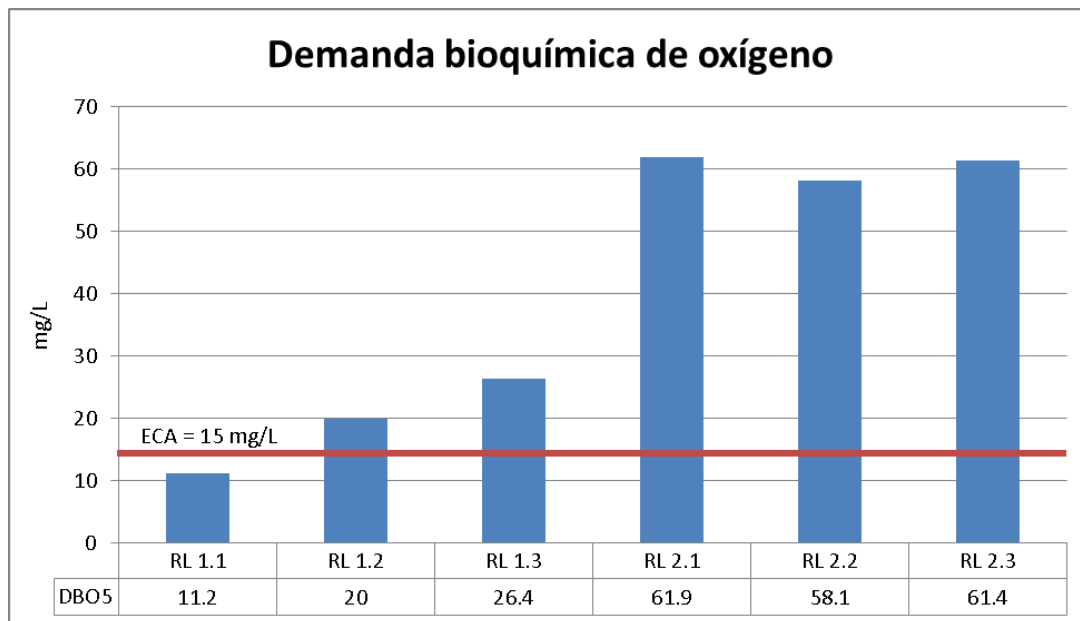


El oxígeno disuelto en el punto RL 1 muestra una tendencia a disminuir, esto se debe a que aguas arriba de la toma de muestra existe pequeños vertimientos por parte de viviendas cercanas a la ribera del río así como de centros recreacionales, lo que origina que la actividad microbiana inicie la degradación de la materia orgánica presente en el agua y por ende consume el oxígeno que se encuentra. Por otra parte en el segundo punto la concentración de oxígeno disuelto es mucho menor en comparación al primer punto y esto evidencia que existe una gran actividad microbiana en la degradación de materia orgánica, además de la influencia de la conductividad por ser muy elevada, por lo tanto se observa que los efluentes de la planta de tratamiento influyen sobre la concentración de oxígeno disuelto en el río Lurín. Para el caso de cumplimiento de ECA-Agua cat. 3, en el punto RL 1 solo se cumple en la primera muestra tomada, mientras que en las otras dos repeticiones

se encuentran mínimamente por debajo de esta, mientras que en el punto RL 2 ninguna de las tres muestras cumple con el estándar de calidad ambiental.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

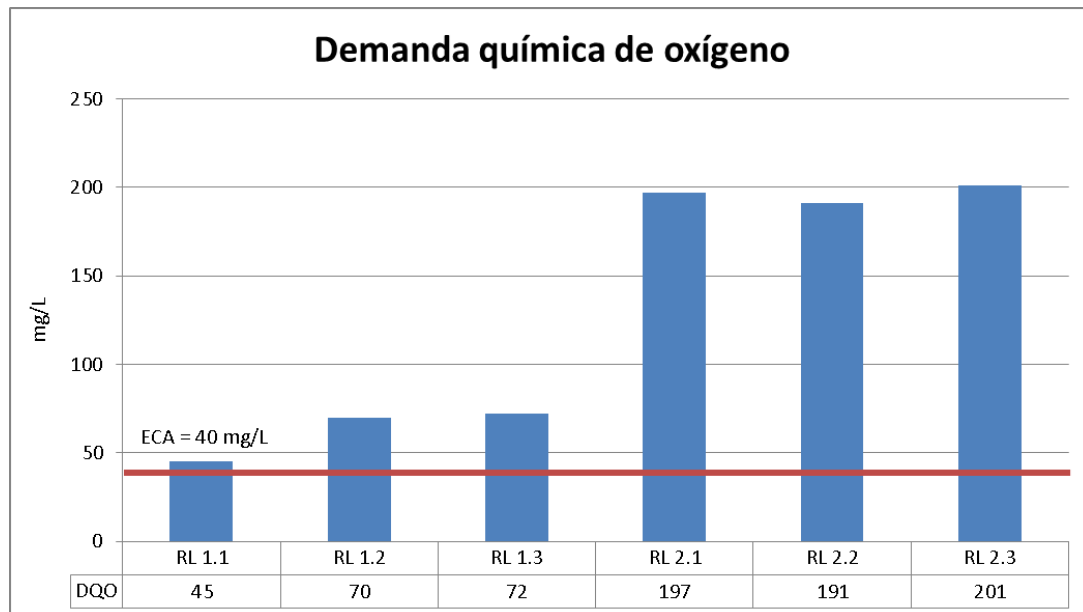
FIGURA N°06: COMPARACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO



La DBO₅ en el punto RL 1 demuestra una tendencia a elevarse con una concentración máxima de 26.4 ±7.63 mg/L , esto guarda relación con el oxígeno disuelto presente en el agua, mientras que la DBO aumenta el OD disminuye debido a que existe un proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. En el caso del punto RL 2 se evidencia un aumento de casi tres veces la concentración de la DBO₅ en comparación con el punto RL 1, con una concentración máxima de 61.9 ±2.06 mg/L, lo que evidencia la influencia de los efluentes de las plantas de tratamiento sobre la calidad del agua del río Lurín. En cuanto al cumplimiento del ECA-Agua cat. 3, para el punto RL 1 solo se cumple en la muestra RL 1.1 mientras que en las otras dos muestras no; para el punto RL 2 ninguna de las tres muestras cumplen con la normativa, superando más de tres veces el valor límite.

Demanda química de oxígeno (DQO)

FIGURA N°07: COMPARACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ENTRE LOS DOS PUNTOS DE MONITOREO



La DQO es un parámetro que representa el valor que se necesita de oxígeno para oxidar tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable en el agua residual, por ende siempre es mayor que la DBO. (METALF & EDDY). Es por ello que en el punto de monitoreo RL 1, se observa que la DQO tiende a elevarse al igual que la DBO, como se muestra en la figura anterior, con un valor máximo de 72 ± 15.04 mg/L; mientras que en el punto RL 2 se tiene un valor máximo de 201 ± 5.03 mg/L, esto significa que el aporte de materia orgánica por parte de los efluentes hacia el río Lurín es elevada, ya que la concentración de la DQO para oxidar esta materia orgánica aumenta más del doble con respecto al primer punto. Para el caso del cumplimiento del ECA-Agua cat. 3 se observa que el punto RL 1 excede este valor en las tres muestras, y el punto RL 2 excede hasta casi cinco veces el valor del estándar de calidad ambiental, demostrando que los efluentes de las plantas de tratamiento contribuyen al aumento de este parámetro en la calidad del río Lurín.

3.3.2 Parámetros Microbiológicos

Coliformes termotolerantes

FIGURA N°08: COMPARACIÓN DE LOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL PRIMER PUNTO DE MONITOREO

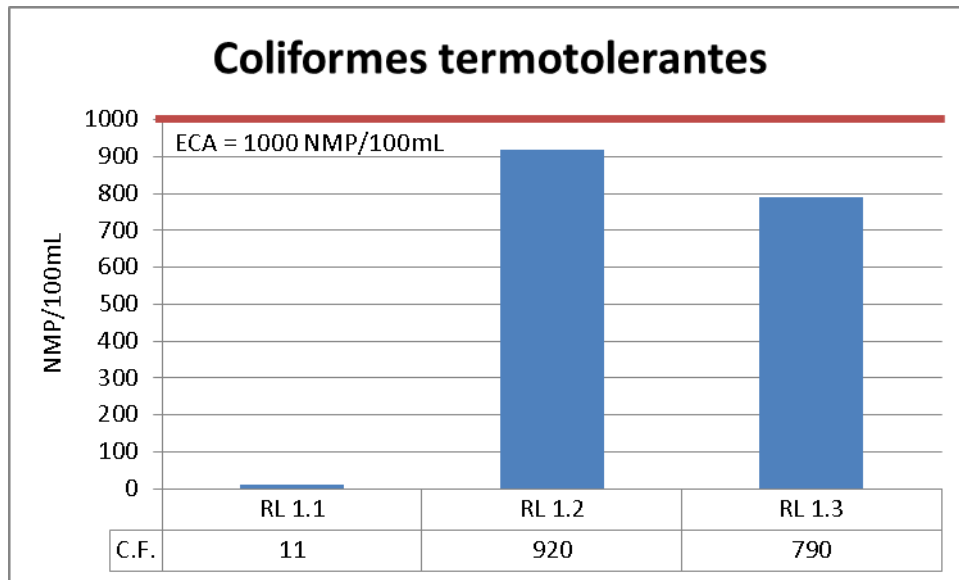
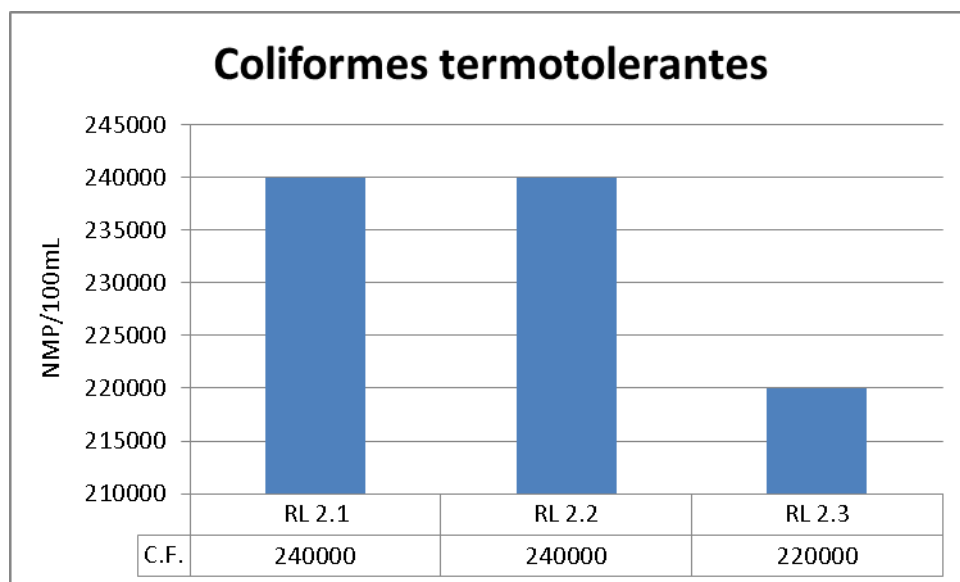


FIGURA N°09: COMPARACIÓN DE LOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO



Los coliformes termotolerantes en el punto RL 1 demuestra que durante la toma de muestra RL 1.2 se realizó vertimiento de aguas residuales ya sea domésticas o de los centros recreativos cercanos al río mientras que en la muestra RL 1.3 tiende a

disminuir, ya que la velocidad de mortalidad de estas bacterias depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua (Prescott). Caso contrario ocurre en el punto RL 2 donde la cantidad de coliformes termotolerantes tiende a permanecer en $240,000 \pm 11,547.01$ NMP/100 mL, esto debido al constante vertimiento de los efluentes de las plantas de tratamiento. En comparación con otros estudios de calidad ambiental en el río Lurín y cercano al punto RL 2, este valor es el más elevado hasta el momento, esto implica que los procesos de tratamiento no están siendo los más adecuados y que presenta una menor eficiencia con respecto a años anteriores. En cuanto al cumplimiento del ECA-Agua cat. 3 en el punto RL 1 si bien existe vertimiento este cumple con los estándares, mientras que en el punto RL 2 no hay cumplimiento del ECA, excediendo este valor 240 veces.

Escherichia coli

FIGURA N°10: COMPARACIÓN DE LA ESCHERICHIA COLI EN EL PRIMER PUNTO DE MONITOREO

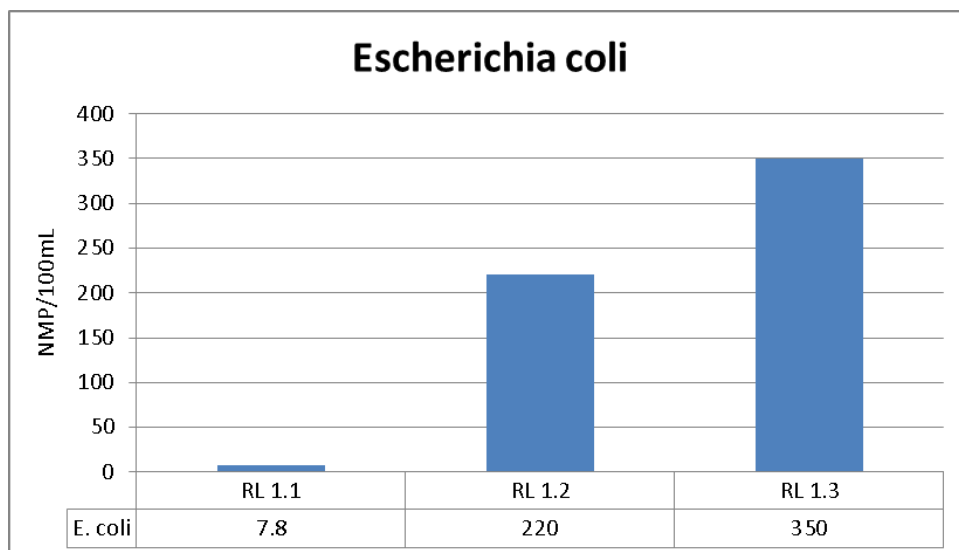
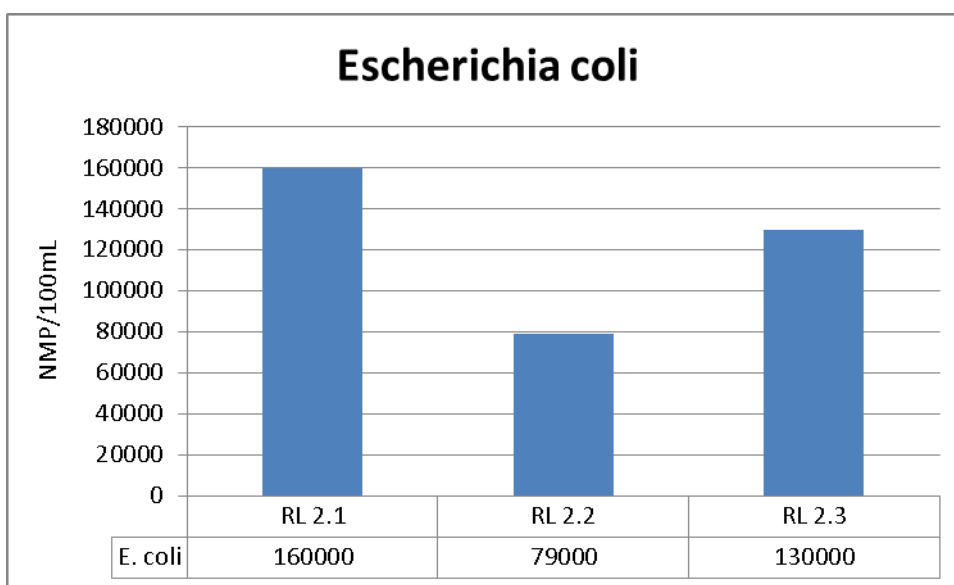


FIGURA N°11: COMPARACIÓN DE LA ESCHERICHIA COLI EN EL SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO



La *Escherichia coli* es una bacteria que conforma el grupo de coliformes termotolerantes por lo que su concentración es menor a esta. En el punto RL 1 se observa un aumento de esta bacteria conforme se tomaba cada muestra con un máximo de 350 ± 172.74 NMP/100 mL. Para el caso del punto RL 2 se muestra una variación de estas bacterias con una concentración máxima de $160,000 \pm 40,951.19$ NMP/100 mL, esto implica de que en el agua del río Lurín existe una gran variedad de coliformes termotolerantes diferentes a la *Escherichia coli*. Por otra parte, en comparación con el ECA-Agua cat. 3 en el punto RL1 hay cumplimiento de los estándares, mientras que en el punto RL 2 este parámetro excede mínimamente 79 veces el valor del ECA, lo que demuestra la influencia del vertimiento de las plantas de tratamiento sobre todo de la PTAR San Bartolo.

CONCLUSIONES

1. La evaluación realizada demuestra el evidente deterioro de la calidad de las aguas del río Lurín por parte de la descarga de los efluentes de las plantas de tratamiento, sobre todo de las aguas provenientes de la PTAR San Bartolo, ya que según la revisión bibliográfica, su efluente contiene mayor concentración de los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes, a comparación de los efluentes de la PTAR Julio C. Tello que si bien su descarga es hacia el río Lurín, su influencia en la calidad del agua del río es mucho menor. Además la evaluación de la calidad del agua en el segundo punto de monitoreo demostró que los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* no cumplen con los valores ECA-Agua cat.3 y además aumentaban con respecto al primer punto con valores máximos de 61.9 mg/L, 201 mg/L, 240,000 NMP/100mL y 160,000 NMP/100mL respectivamente, mientras que el oxígeno disuelto disminuía en el segundo punto con un valor mínimo de 2.37 mg/L, estos datos evidencian como los efluentes de las plantas de tratamiento influyen en la calidad de las aguas del río Lurín que tienen como punto final el océano Pacífico.
2. La evaluación de los parámetros físico – químicos en la calidad del agua del río Lurín demuestra la influencia de la descarga de efluentes sobre esta, si bien los parámetros oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno no cumplían con los valores ECA-Agua cat. 3 aguas arriba de la descarga de los efluentes, con concentraciones de 3.83 ± 0.38 mg/L, 26.4 ± 7.63 mg/L y 72 ± 15.04 mg/L respectivamente, estas concentraciones

empeoran aguas abajo de la descarga de los efluentes con concentraciones de 2.37 ± 0.24 mg/L, 61.9 ± 2.06 mg/L y 201 ± 5.03 mg/L. Por otra parte, la temperatura en los dos puntos de monitoreo no mostraban gran diferencia, el parámetro pH se encontraban en el rango de los valores ECA-Agua cat. 3 con una leve disminución del pH en el segundo punto, la conductividad si bien se encontraba por debajo de los valores del ECA, se pudo observar un aumento de esta en el segundo punto de monitoreo, teniendo un valor máximo en el primer punto de monitoreo de 770 ± 1.53 μ S/cm y en el segundo punto de 2277 ± 19.66 μ S/cm.

3. La evaluación de los parámetros microbiológicos en la calidad del agua del río Lurín demuestra el gran impacto que genera la descarga de los efluentes de las plantas de tratamiento sobre esta, ya que el parámetro coliformes termotolerantes presentaba en el primer punto una concentración máxima de 920 ± 491.59 NMP/100 mL mientras que en el segundo punto se tuvo una concentración máxima de $240,000 \pm 11,547.01$ NMP/100 mL. Por otra parte, la *Escherichia coli* presentaba una concentración máxima en el primer punto de monitoreo de 350 ± 172.74 NMP/100 mL y en el segundo punto una concentración máxima de $160,000 \pm 40,951.19$ NMP/100 mL. Como se puede evidenciar los parámetros microbiológicos aumentan su concentración más de 250 veces entre el primero y segundo punto, esto se debe a la baja eficiencia del tratamiento de las aguas residuales, que como ya se mencionó en los antecedentes la carga orgánica que tratan es mucho mayor a la que proyectaron y por ende mayor la cantidad de microorganismos a fines al sustrato, impactando negativamente al cuerpo receptor, en este caso el río Lurín.

RECOMENDACIONES

1. Se debe establecer un programa de vigilancia de la calidad del agua en el río Lurín, realizando análisis periódicos de los parámetros físicos, químicos y biológicos; contrarrestando los datos que proveen las plantas de tratamiento con respecto a la calidad de los efluentes que vierten al río. Por otra parte se debe poner mayor énfasis en la solución de los diversos problemas que presenta la PTAR San Bartolo, tanto los problemas técnicos como los problemas sociales, considerando que es una de las plantas de tratamiento más grandes del Perú según lo mencionado en los antecedentes. En el caso de la PTAR Julio C. Tello, considerando la calidad del efluente que mencionan presentar se debería evaluar la reutilización de estas aguas para el riego de áreas verdes.
2. Se recomienda realizar un programa de educación ambiental a la población cercana al río Lurín, ya que como se identificó en el primer punto existe una elevada concentración de los parámetros físico-químicos DBO y DQO, y disminución de OD debido al vertimiento de algunos centros recreacionales, de viviendas, actividades agrícolas y crianza de animales. Para el caso de los efluentes de las plantas de tratamiento, se debe tener una mayor vigilancia con respecto a los valores de la DBO y DQO, y esto es a través de la mejora del sistema de tratamiento, además se debe tomar en cuenta el registro de la conductividad en los efluentes ya que aumentan excesivamente este parámetro en la calidad del agua del río Lurín.
3. Se debe poner mayor atención en los sistemas de tratamiento de aguas residuales que vierten sus efluentes al río Lurín, priorizando un proyecto de

mejora del sistema de tratamiento de la PTAR San Bartolo, ya que el método de tratamiento utilizado no está siendo eficaz en la remoción de los parámetros microbiológicos, lo cual se evidencia en las altas concentraciones que presenta el río Lurín aguas abajo de la descarga y que exceden en gran medida los estándares establecidos. Además se debe recomendar a los pobladores de San Bartolo realizar la evaluación de calidad de las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales, así se tendrá mayor información del nivel de contaminación con el que ingresa el agua residual a la PTAR San Bartolo.

4. Se recomienda realizar las próximas evaluaciones de calidad del agua del río Lurín, tanto para el análisis químico y microbiológico, en los laboratorios de química ambiental y biología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua. (2012). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos*. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/politica-estrategia-recursos-hidricos>

Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Lurín*. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/lima/documentos/monitoreo-calidad-agua-superficial-cuenca-rio-lurin-2013>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.

California State Water Resources Control Board. (s.f.). *Folleto Informativo Temperatura*. Recuperado de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf

Calla Llontop, H. (2010). *Calidad del agua en la cuenca del río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras*. Magister. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Camacho, A., Giles, M., Ortigón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos* (2ª ed.). Ciudad de México, México: Facultad de Química - UNAM.

Casilla Quispe, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suhez*. Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (s.f.). *Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua*. Documento presentado en Curso/Taller sobre control de calidad analítica, Lima, Perú. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/000276/000276-00.pdf>

Felipe-Morales, C. (2010). *Resultados del diagnóstico participativo sobre la situación de la gestión del agua en la cuenca del río Lurín y conformación del consejo de recursos hídrico de la cuenca*. Lima, Perú: Centro Global para el Desarrollo y la Democracia (CGDD), Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN-BID).

Felipe-Morales, C. (2012). *Manual para Gestores del Agua de la Cuenca del Río Lurín*. Lima, Perú: Centro Global para el Desarrollo y la Democracia (CGDD), Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN-BID).

Flores Laureano, J. (1997). *Evaluación de la calidad del agua del río San Juan en el Estado de Nueva León*. Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Frías Quiñones, T. and Montilla Cabudiva, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 – 2015*. Licenciatura. Universidad Científica del Perú.

Fuentes, F., & Deya, A. (2002). *Manual de Laboratorios: Ecología y Microorganismos*. Recuperado de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>

Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua. (2005). *Grupo de uso 1 - Propuesta de los ECA' s para agua*. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/informe_tecnico_gesta_agua.pdf

HAYES. (1993). *Microbiología e Higiene de los Alimentos*. Zaragoza, España: ACRIBIA.

Instituto de Promoción para la Gestión del Agua. (1996). *Metodología para la elaboración de Planes Maestros de Cuencas*. Recuperado de http://www.iproga.org.pe/descarga/plan_maestro.pdf

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1998). *Diagnóstico de calidad de agua en la cuenca del río Lurín*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/255564293/Diagnostico-Calidad-Agua-Cuenca-Rio-Lurin>

Martínez Lazo, M. (2015). *Calidad del agua y propuestas de conservación del río Chirapaca (Sector Puente)*. Revista Tecnológica, 11(17), 36-40.

Martínez, C. (2013, 18 agosto). *Contaminación amenaza el río Lurín, último pulmón ecológico de Lima*. Perú 21. Recuperado de <https://peru21.pe/lima/contaminacion-amenaza-rio-lurin-pulmon-ecologico-lima-120395>

Mendoza, M. (1996). *Impacto de la tierra, en la calidad del agua en la cuenca del río San Juan Turrialba*. Cartago, Costa Rica: CATIE.

METCALF y EDDY. (1998). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización* (3ª ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.

Ministerio de Agricultura. (2004). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Lurín*.

Recuperado de http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/1691/ANA0000637_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). *Propuesta de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). *Reporte de monitoreo de calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/DGAA/documentos/REPORTE%20DE%20MONITOREO%20DE%20CALIDAD%20DE%20EFLUENTES%20DE%20LAS%20PLANTAS%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DOMESTICAS%20O%20MUNICIPALES%20-%202015.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2017). *DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

- Momblanch, A., Paredes-Arquiola, J., Andreu, J., Ramos Fernández, L., Baldeón Quispe, W., & García Hernández, J. (2015). *Análisis de medidas para la mejora de la calidad del agua en el tramo bajo del río Lurín (Perú)*. Documento presentado en IV Jornadas de Ingeniería del Agua La precipitación y los procesos erosivos, Córdoba, España. Recuperado de <http://www.uco.es/jia2015/ponencias/b/b029.pdf>
- Moscoso Cavallini, J. C. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. Recuperado de http://www.lima-water.de/documents/jmoscoso_informe.pdf
- Ocasio, N., & López, M. (2004). *El Uso del Cloro en la Desinfección del Agua*. Recuperado de http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/uso_cloro.pdf
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Palacios Dongo, A. (2010, 16 enero). *Nuestras descuidadas cuencas hidrográficas*. Recuperado 7 febrero, 2018, de <http://www.planteamientosperu.com/2010/01/nuestras-descuidadas-cuencas.html>
- Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (1996). *Microbiología*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Sedapal. (2011). *Planta de tratamiento de Aguas Residuales Julio C. Tello Programa de Adecuación y Manejo Ambiental*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/358025664/1-resumen-ejecutivo>

Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (Ed. Rev.). Medellín, Colombia: Universidad de Medellín - Ediciones de la U.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2008). *Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución*. Recuperado de http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2016). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Recuperado de <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

SAWYER, C., & McCARTY, P. (2001). *Química para ingeniería ambiental* (4ª ed.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Villa Achupallas, M. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación*. Maestría. Universidad de Cádiz.

ANEXOS

Anexo N° 01: Registro fotográfico de actividades en el área de estudio

Anexo N° 02: Mapa de ubicación de puntos de monitoreo

Anexo N° 03: Registro fotográfico del monitoreo

Anexo N° 04: Fichas de campo y cadena de custodia

Anexo N° 05: Certificado de calibración de multiparámetro

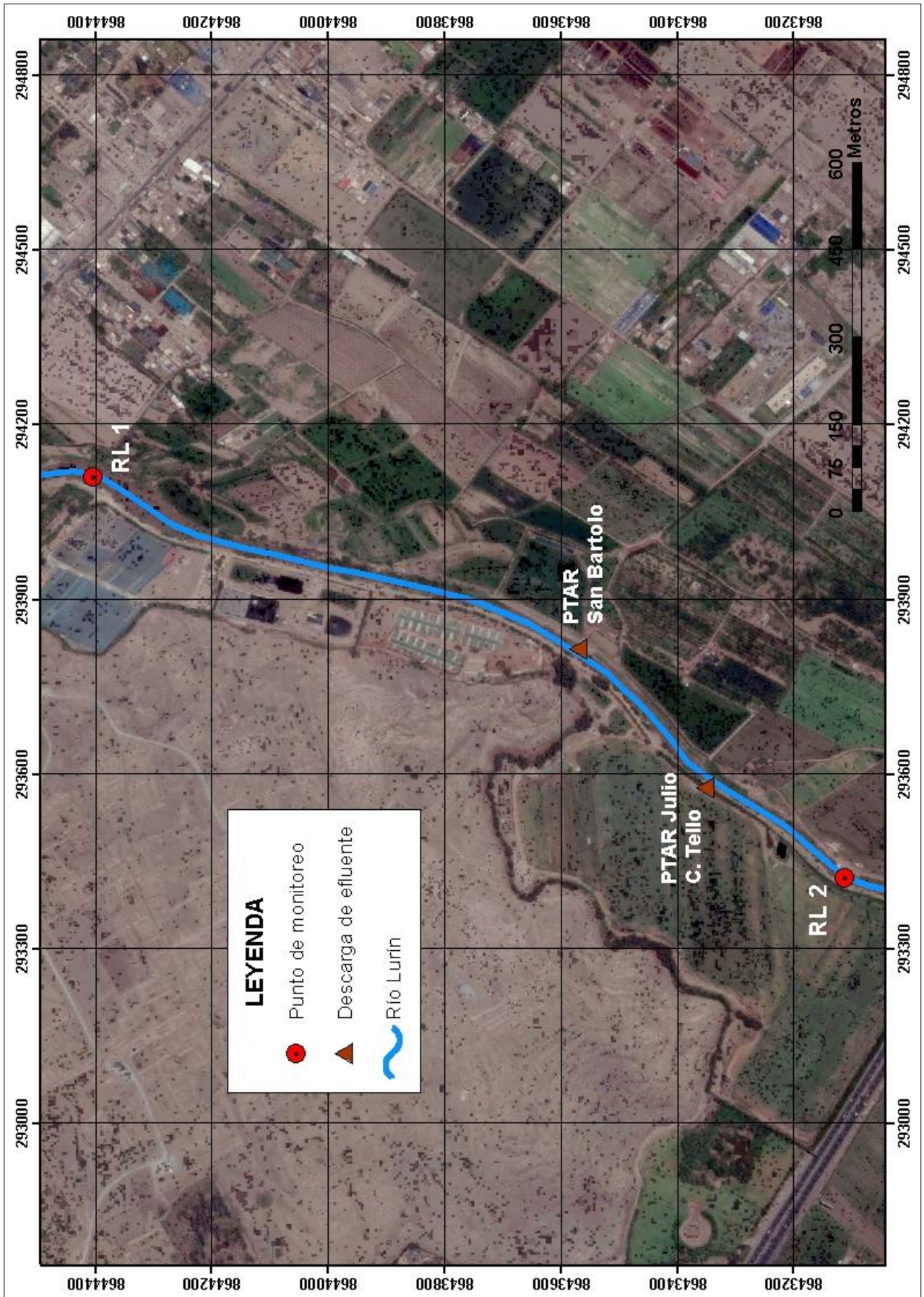
Anexo N° 06: Informes de ensayos de laboratorio

Anexo N° 01: Registro fotográfico de actividades en el área de estudio





Anexo N° 02: Mapa de ubicación de puntos de monitoreo



Anexo N° 03: Registro fotográfico del monitoreo



Anexo N° 04: Fichas de campo y cadena de custodia

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO PARA CAUDAL

| Código del Punto de monitoreo | Fecha de muestreo | | Hora de muestreo | | Largo (m) | Ancho (m) | Tiempo (seg.) | | | Profundidad (m) | | | Velocidad (m/s) | | | Caudal (m ³ /s) | U _{prom} (m/s) | Prof. prom (m) |
|-------------------------------|-------------------|-------|------------------|----|-----------|-----------|---------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| | dd/mm/aa | hh:mm | T1 | T2 | | | T3 | P1 | P2 | P3 | V1 | V2 | V3 | | | | | |
| RL 1.1 | 10/02/18 | 14:26 | 36 | 40 | 53 | 4.60 | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.14 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 0.12 | 0.17 | | | |
| RL 1.2 | 10/02/18 | 14:45 | 39 | 52 | 75 | 4.60 | 0.16 | 0.18 | 0.21 | 0.13 | 0.10 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.18 | | | |
| RL 1.3 | 10/02/18 | 15:10 | 44 | 58 | 72 | 4.60 | 0.19 | 0.16 | 0.19 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.18 | | | |
| RL 2.1 | 10/02/18 | 12:04 | 11 | 6 | 14 | 7.00 | 0.19 | 0.21 | 0.18 | 0.45 | 0.83 | 0.36 | 0.73 | 0.55 | 0.19 | | | |
| RL 2.2 | 10/02/18 | 12:38 | 10 | 6 | 13 | 7.00 | 0.17 | 0.21 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.38 | 0.76 | 0.57 | 0.19 | | | |
| RL 2.3 | 10/02/18 | 12:59 | 13 | 8 | 15 | 7.00 | 0.19 | 0.23 | 0.18 | 0.38 | 0.62 | 0.33 | 0.71 | 0.51 | 0.21 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

10 de Febrero del 2018

Observaciones:

Jonathan Mauricio G.
Responsable del monitoreo

**FICHA DE MUESTREO DE CAMPO
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

| | |
|-----------------|-----------|
| CUENCA: | LURÍN |
| CUERPO DE AGUA: | RÍO LURÍN |

| | |
|--------------|-------|
| DISTRITO | LURÍN |
| PROVINCIA | LIMA |
| DEPARTAMENTO | LIMA |

| N° Item | Punto de monitoreo | Descripción | Fecha | Hora de muestreo | T °C | pH Unid. | OD mg/L | conductividad uS/cm | Coordenadas UTM WGS84 | | Caudal m³/s | Observaciones |
|------------|-----------------------|--|----------|---------------------|---------|-------------|------------|------------------------|--------------------------|---------|----------------|---------------|
| | | | | | | | | | Norte | Este | | |
| 1 | RL1.1 | Río Lurín a 877m aguas arriba de la descarga de efluentes de la PTA San Bartolo | 10-02-18 | 14:26 | 30.4 | 7.90 | 4.55 | 767 | 8644410 | 0294111 | 0.09 | |
| 2 | RL1.2 | ya 491m aguas abajo del puente Lurín. | 10-02-18 | 14:45 | 30.9 | 7.99 | 3.98 | 770 | 8644410 | 0294111 | 0.08 | |
| 3 | RL1.3 | Río Lurín a 240m aguas abajo de la des- carga de efluentes de la PTA Julio C. Tello | 10-02-18 | 15:10 | 30.6 | 7.93 | 3.83 | 769 | 8644410 | 0294111 | 0.07 | |
| 4 | RL2.1 | ya 210m aguas arriba de la carretera P.S. | 10-02-18 | 12:04 | 29.5 | 7.89 | 2.37 | 2277 | 8643140 | 0293431 | 0.73 | |
| 5 | RL2.2 | | 10-02-18 | 12:38 | 29.9 | 7.79 | 2.84 | 2240 | 8643140 | 0293431 | 0.76 | |
| 6 | RL2.3 | | 10-02-18 | 12:59 | 29.4 | 7.83 | 2.52 | 2270 | 8643140 | 0293431 | 0.71 | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |

10 de febrero del 2018

Jonathan Mauricio G.

Responsable del monitoreo

Anexo N° 05: Certificado de calibración de multiparámetro



Perú
Green Group

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LA-309-2017



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 019

Pág. 1 de 1

1 Cliente : E&OH CONSULTING S.A.C

2 Dirección : Jr. Río Mantaro Mza. J Lote. 33 Co. Mariscal Luzuriaga Lima - Lima - San Juan de Lurigancho

3 Datos del Instrumento

| | |
|---|---|
| . Instrumento de medición : Termómetro digital* | . N° de serie del instrumento : 160700001538 |
| . Marca : HACH | . N° de serie de sensor : 162022587006 |
| . Modelo : HQ40d | . Intervalo de Indicación : -10,0 °C a 110,0 °C |
| . Identificación : No indica | . Resolución : 0,1 °C |

4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de calibración : 2017-09-13

6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación siguiendo el procedimiento "PC-017 Calibración de Termómetros Digitales" Edición 2° de INDECOPI

7 Condiciones Ambientales

| | Temperatura (°C) | Humedad relativa (% hr) |
|---------|------------------|-------------------------|
| Inicial | 24,6 | 59,9 |
| Final | 25,0 | 62,5 |

8 Trazabilidad

| Patrón Usado | Código Interno | N° de Certificado | F. Vencimiento |
|---|----------------|-----------------------|----------------|
| Indicadores digitales con sensores de termistor de resolución de 0,001 °C | GGP-25 | LT-441-2017 INACAL/DM | 2019-08-22 |
| | GGP-26 | LT-417-2017 INACAL/DM | 2019-08-09 |

9 Resultados de medición

| T.C.V. (°C) | Indicación del Termómetro (°C) | Corrección (°C) | Incertidumbre (°C) |
|-------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|
| 0,00 | 0,2 | -0,20 | 0,06 |
| 15,03 | 15,2 | -0,17 | 0,10 |
| 25,02 | 25,1 | -0,08 | 0,09 |

Temperatura Convencionalmente Verdadera (T.C.V.) = Indicación del termómetro + Corrección.

10 Observaciones

a) La profundidad de inmersión del sensor fue de 5 cm
 b) El tiempo de estabilización de temperatura fue de 7 minutos.
 c) La precisión del instrumento es $\pm 0,4$ °C
 * La calibración del termómetro digital se realizó del medidor de conductividad en el Multiparámetro.

- Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).
- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión



2017-09-14

Jefe de Laboratorio de Calibración



Enzo Barrera



FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo
Central: 560-6134 / 273-3550
www.greengroup.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCCIONADO CONFORME A LEY"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LA-308-2017

Pág. 1 de 1

1 Cliente : E&OH CONSULTING S.A.C
 2 Dirección : Jr. Río Mantaro Mza. J Lote. 33 Coor. Mariscal Luzuriaga Lima - Lima - San Juan de Lurigancho

3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición : Medidor de Conductividad* . N° de serie del instrumento : 160700001538
 . Marca : HACH . N° de serie de sonda : 162022587006
 . Modelo : HQ40d . Intervalo de Indicación : 0,01 uS/cm a 200,0 mS/cm
 . Identificación : No indica . Resolución : 0,1uS /cm -1uS /cm -0,01mS /cm

4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de calibración : 2017-09-12

6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de conductividad específica certificados, según procedimiento "PC-022 Calibración de conductímetros" de INDECOPI.

7 Condiciones Ambientales.

| | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%hr) |
|---------|------------------|------------------------|
| Inicial | 24,8 | 64,8 |
| Final | 24,4 | 66,8 |

8 Trazabilidad

| Patrón usado | Código Interno | N° de lote o N° de certificado | F. Vencimiento |
|-----------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| MRC 98,4 uS/cm | GGP-S-04.19 | CC16131 | 2018-06-07 |
| MRC 1410 uS/cm | GGP-S-05.18 | CC16108 | 2018-05-31 |
| MRC 10003 uS/cm | GGP-S-07.14 | CC15548 | 2018-01-09 |

9 Resultados de medición

| Indicación del instrumento | Valor del patrón | Error | Incertidumbre |
|----------------------------|------------------|-------------|---------------|
| 98,9 uS/cm | 98,4 uS/cm | 0,5 uS/cm | 2,2 uS/cm |
| 1411 uS/cm | 1410 uS/cm | 1 uS/cm | 6 uS/cm |
| 9,95 mS/cm | 10,00 mS/cm | -0,05 mS/cm | 0,05 mS/cm |

10 Observaciones

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C.
- b) La precisión del instrumento declarado en el manual del fabricante es: ± (0,5 % del valor medido)
- * La calibración del medidor de conductividad se realizó en el Multiparámetro.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Calibración



Enzo Barrera
Enzo Barrera



"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

FO-[LC-PR-01]-03

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LA-307-2017

Pág. 1 de 1

- 1 Cliente : E&OH CONSULTING S.A.C
- 2 Dirección : Jr. Ric Mantaro Mza. J Lote. 33 Coo. Mariscal Luzuriaga Lima - Lima - San Juan de Lurigancho
- 3 Datos del Instrumento
- . Instrumento de medición : Medidor de pH*
 - . Marca : HACH
 - . Modelo : HQ40d
 - . Identificación : No indica
 - . N° de serie del Instrumento : 160700001538
 - . N° de serie sonda : 162052568022
 - . Intervalo de Indicación : 2,00 pH a 14,00 pH
 - . Resolución : 0,01 pH
- 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE SAC.
- 5 Fecha de calibración : 2017-09-12
- 6 Método de calibración.

La calibración se realizó por comparación de la indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INDECOPI.

7 Condiciones Ambientales.

| | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%hr) |
|---------|------------------|------------------------|
| Inicial | 23,8 | 62,4 |
| Final | 24,1 | 60,7 |

8 Trazabilidad

| Patrón usado | Código Interno | N° Lote o N° Certificado | F. Vencimiento |
|--------------|----------------|--------------------------|----------------|
| MRC pH 4 | GGP-S-01.14 | CC499467 | 2019-04-28 |
| MRC pH 7 | GGP-S-02.15 | CC506435 | 2019-06-26 |
| MRC pH 10 | GGP-S-03.14 | CC481210 | 2018-11-29 |

9 Resultados de medición

| Indicación del Instrumento (pH) | Valor del patrón (pH) | Error (pH) | Incertidumbre (pH) |
|---------------------------------|-----------------------|------------|--------------------|
| 4,00 | 4,003 | -0,003 | 0,016 |
| 7,01 | 7,001 | 0,009 | 0,013 |
| 10,00 | 10,012 | -0,012 | 0,016 |

10 Observaciones

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C
- b) El coeficiente de correlación obtenido es: 1,000
- c) El error máximo permisible considerado, tomando como referencia: IUPAC Recommendations 2002, "Measurement of pH, Definition, Standards, and Procedures", es: \pm pH 0,03
- * La calibración del medidor de pH se realizó en el Multiparámetro.

- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.



Fecha de emisión

Jefe de Laboratorio de Calibración




Erzo Barrera

FO-[LC-PR-01]-03

- 1 **Cliente** : E&OH CONSULTING S.A.C
- 2 **Dirección** : Jr. Río Mantaro Mza. J Lote. 33 Coor. Mariscal Luzuriaga Lima - Lima - San Juan de Lurigancho
- 3 **Datos del Instrumento :**
- | | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|
| .Instrumento de Medición | : Medidor de Oxígeno* | .N° de serie del Instrumento | : 160700001538 |
| .Marca | : HACH | .N° de serie de la sonda | : 162032597001 |
| .Modelo | : HQ40d | .Alcance | : 0,0 mg/L a 20,0 mg/L |
| .Identificación | : No indica | .Resolución | : 0,01 mg/L |
- 4 **Lugar de calibración** : Laboratorio de Agua - Green Group PE S.A.C
- 5 **Fecha de calibración** : 2017-09-13
- 6 **Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación de la indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de oxígeno, según procedimiento GGP-08 Calibración de Medidores de Oxígeno Disuelto - Green Group.

7 **Condiciones Ambientales**

| | Temperatura (°C) | Humedad (%hr) | Presión (mbar) |
|---------|------------------|---------------|----------------|
| Inicial | 24,9 | 67,4 | 999,2 |
| Final | 25,1 | 65,8 | 999,3 |

8 **Trazabilidad**

| Materiales de Referencia | Código Interno | N° Lote/Certificado | F. Vencimiento |
|-----------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Solución estándar de Oxígeno Zero | GGP-S-13.6 | 12457 | 2017-10-24 |
| Barómetro | GGP-02 | LFP-227-2017 | 2019-07-04 |

9 **Resultados de Medición**

| Referencia (mg/L) | Lectura del Instrumento (mg/L) | Error (mg/L) | Incertidumbre (mg/L) |
|-------------------|--------------------------------|--------------|----------------------|
| 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |
| 8,00 | 8,24 | -0,16 | 0,01 |

10 **Observaciones**

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C.
 b) La precisión del instrumento declarado en el manual del fabricante es: $\pm (0,1 \text{ mg/L para } 0 \text{ mg/L a } 8,0 \text{ mg/L}; 0,2 \text{ mg/L para más de } 8,0 \text{ mg/L})$
 (*) Medidor perteneciente al multiparámetro

- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el Instrumento y sensor de oxígeno disuelto, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.
- La Incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.



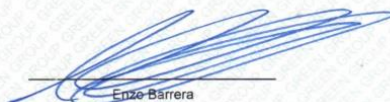
EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY

Fecha de emisión

Jefe de Laboratorio de

Calibración




Enzo Barrera

FO-[LC-PR-01]-03

Anexo N° 06: Informes de ensayos de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N°LE-096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-18-0319

I. DATOS DEL SERVICIO

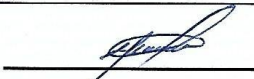
1. RAZÓN SOCIAL : JONATHAN MAURICIO GIRALDEZ
2. DIRECCIÓN : JR. MANUEL IRRIBARREN 1215- SURQUILLO
3. PROYECTO : EVALUACION DE CALIDAD DE AGUA RIO LURÍN
4. PROCEDENCIA : NO INDICA
5. SOLICITANTE : JONATHAN MAURICIO GIRALDEZ
6. ORDEN DE SERVICIO N° : OS-18-0140
7. PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
8. MUESTREO POR : EL CLIENTE
9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2018-02-22

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ : AGUA
2. NÚMERO DE MUESTRAS : 6
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2018-02-10
4. PERÍODO DE ENSAYO : 2018-02-10 al 2018-02-22

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA REFERENCIA | TÍTULO |
|-------------------------------|--|--|
| Demanda bioquímica de oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017 | Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test |
| Demanda química de oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017 | Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Coliformes Fecales (a) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 22nd Ed. 2012 | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium). |
| E.coli (a) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, (item 1), 22nd Ed. 2012 | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia Coli Procedure Using Fluorogenic Substrate |


Marco A. Valencia Huerta
Ing. Químico
Gerente General

(a) Los métodos indicados han sido tercerizado(s) a un laboratorio acreditado.

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Tel.: +511 453 1389 / 717 0636
www.alab.com.pe

Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO IE-18-0319
IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-0756 | M-0757 | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | RL 1.1 | RL 1.2 | | |
| COORDENADAS UTM WGS 84: | E: 0294111 N: 8644410 | E: 0294111 N: 8644410 | | |
| MATRIZ : | AGUA | | | |
| GRUPO : | NATURAL | | | |
| SUBGRUPO : | SUPERFICIAL | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO : | NO APLICA | | | |
| MUESTREO | FECHA : | 2018-02-10 | 2018-02-10 | |
| | HORA : | 14:26 | 14:45 | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.C.M | RESULTADOS | |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 2.0 | 11.2 | 20.0 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 5 | 45 | 70 |
| Coliformes Fecales (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 11 | 920 |
| E.coli (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 7.8 | 220 |

"L.C.M." : Límite de Cuantificación del Método

(a) Los métodos indicados han sido tercerizado(s) a un laboratorio acreditado.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO IE-18-0319
IV. RESULTADOS

| ITEM | 3 | 4 | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|--------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-0758 | M-0759 | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | RL 1.3 | RL 2.1 | | |
| COORDENADAS UTM WGS 84: | E: 0294111 N: 8644410 | E: 0293431 N: 8643140 | | |
| MATRIZ : | AGUA | | | |
| GRUPO : | NATURAL | | | |
| SUBGRUPO : | SUPERFICIAL | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO : | NO APLICA | | | |
| MUESTREO | FECHA : HORA : | 2018-02-10 15:10 | 2018-02-10 12:04 | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.C.M | RESULTADOS | |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 2.0 | 26.4 | 61.9 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 5 | 72 | 197 |
| Coliformes Fecales (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 790 | 240000 |
| E.coli (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 350 | 160000 |

"L.C.M." : Límite de Cuantificación del Método

(a) Los métodos indicados han sido tercerizado(s) a un laboratorio acreditado.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO IE-18-0319
IV. RESULTADOS

| ITEM | 5 | 6 | | |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------|--------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-0760 | M-0761 | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | RL 2.2 | RL 2.3 | | |
| COORDENADAS UTM WGS 84: | E: 0293431 N: 8643140 | E: 0293431 N: 8643140 | | |
| MATRIZ: | AGUA | | | |
| GRUPO: | NATURAL | | | |
| SUBGRUPO: | SUPERFICIAL | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | |
| MUESTREO | FECHA: 2018-02-10 HORA: 12:38 | 2018-02-10 12:59 | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.C.M | RESULTADOS | |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 2.0 | 58.1 | 61.4 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 5 | 191 | 201 |
| Coliformes Fecales (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 240000 | 220000 |
| E.coli (a) | NMP/100 ML | 1.8 | 79000 | 130000 |

"L.C.M." : Límite de Cuantificación del Método

(a) Los métodos indicados han sido tercerizado(s) a un laboratorio acreditado.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

" FIN DEL DOCUMENTO "