



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Evaluación de la contaminación por surfactantes debido
al impacto de la descarga de efluentes de la PTAR
Manchay en la cuenca baja del Rio Lurín, Lima**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

AUTOR

Flor Talita BRIOSO CRUZ

ASESOR

Mg. Martha Kelly AVILÉS PAVÓN

Lima, Perú

2025



Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual – Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Brioso, F. (2025). *Evaluación de la contaminación por surfactantes debido al impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la cuenca baja del Rio Lurín, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Flor Talita Brioso Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77473758
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5830-1920
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Martha Kelly Avilés Pavón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41449368
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4064-4786
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Augusto Guillermo Bravo Malca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06016801
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Giuliana Patricia Becerra Celis
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40745335
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Verónica Tello Mendivil
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08449536

Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.2.8. Ingeniería y tecnologías del Medio Ambiente
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Pachacámac Centro poblado: Manchay Bajo Latitud: -12.180549 Longitud: -76.856622
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – octubre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; el día 24 de octubre del año 2025, siendo las 14:30 horas, en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

Mg. AUGUSTO GUILLERMO BRAVO MALCA

(Presidente del Jurado)

Dra. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS

(Miembro del Jurado)

Mg. VERONICA TELLO MENDIVIL

(Miembro del Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesista Bachiller FLOR TALITA BRIOSO CRUZ, quien sustentara la Tesis Titulada: **"Evaluación de la contaminación por surfactantes debido al impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la cuenca baja del Rio Lurín, Lima"**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A..... *SATISFACCIÓN DE*

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

..... *DIECISEIS (16)*

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL a la Bach. **FLOR TALITA BRIOSO CRUZ.**

Siendo las 15:30 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose dos (02) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 24 de octubre del 2025

Mg. AUGUSTO GUILLERMO BRAVO MALCA
PRESIDENTE DEL JURADO

Veronica Tello Mendivil
Mg. VERONICA TELLO MENDIVIL
MIEMBRO DE JURADO

Giuliana Patricia Becerra Celis
Dra. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS
MIEMBRO DE JURADO

Martha Kelly Aviles Pavon
Mg. MARTHA KELLY AVILES PAVON
ASESORA

Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Martha Kelly Avilés Pavón en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Resolución Decanal N°-000946-2024-D-FIGMMG de la tesis cuyo título es: **“Evaluación de la contaminación por surfactantes debido al impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la cuenca baja del río Lurín, Lima”** presentado por la bachiller Flor Talita Briosó Cruz para optar el grado de título de Ingeniero Ambiental.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 19 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado de título de Ingeniero Ambiental.

Lima, 10 de setiembre de 2025

Firma del Asesor



UNMSM

Firmado digitalmente por AVILES
PAVON Martha Kelly FAU
20148092282 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10.09.2025 19:26:52 -05:00

Nombres y apellidos del asesor: Martha Kelly Avilés Pavón

DNI: 41449368

Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación y todo el esfuerzo que conllevó se lo dedico a mi familia, quienes son mi principal motor y motivo para todo lo que hago. Este logro académico no solo es mío, porque también le pertenece a mi padre, madre, hermanos, tíos, primos, amigos, hermanos de la iglesia, aquellos que estuvieron conmigo desde que era una niña hasta cuando terminé la aventura de la universidad. Asimismo, para aquellas personas que alguna vez me dieron frases de ánimos y me compartieron sus razones para continuar con sus metas. Y para mis mascotas:

Akimichi, Momo y Akamaru...

Y Tesla

“Cumpliendo cada sueño, luchando por ser alguien,

....por llegar al mismo cielo”

Xenon

AGRADECIMIENTO

Después de todo, solo me queda agradecer a todas las personas que hicieron posible este logro. Gracias a mi madre Davia y padre Fausto, por todo el sacrificio y el apoyo. Gracias, hermanos: Jefferson, Daniel, Ronaldo, Meilli y Evelin, por acompañarme y ayudarme a convertir en la persona que soy ahora.

Gracias a mi familia, sobre todo a mis tías Vilga y Florencia, por haber cuidado a mi yo pequeña. Gracias a mis amigos de la universidad, del trabajo, del colegio, de la academia, en especial a Deysi, Aaron, Gianella y Naiela, por haber crecido conmigo.

Gracias a los hermanos de la iglesia “Vida Abundante” por inculcarme sobre el amor y misericordia de Dios.

Gracias a Fernando por apoyarme en todo este proceso y por hacer mis días más bonitos.

Gracias a los docentes de la UNMSM, por las enseñanzas y por hacerme amar la carrera; en especial a mi asesora Martha Aviles.

Pero, sobre todo, agradezco a Dios por la oportunidad.

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Situación Problemática	10
1.2. Formulación del Problema	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos	13
1.3. Justificación teórica	13
1.4. Justificación práctica	14
1.5. Objetivos	15
1.5.1. Objetivo General	15
1.5.2. Objetivos Específicos	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Marco Conceptual	16
2.1.1. Contaminantes emergentes.....	16
2.1.2. Surfactantes	17
2.1.3. Aguas residuales.....	20
2.1.4. Parámetros relacionados a los surfactantes	23
2.2 Antecedentes de estudio	26
2.2.1. Antecedentes internacionales	26
2.2.2. Antecedentes nacionales	28
2.3 Bases Teóricas	31
2.3.1. Contaminantes emergentes en efluentes.....	31
2.3.2 Surfactantes en cuerpos de agua.....	32
2.3.3 Impactos negativos de los surfactantes en el ambiente	33
2.3.4 Degradación de surfactantes.....	37
2.3.5.Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Manchay.....	41
2.3.6. Cuenca hidrográfica del río Lurín	44
2.3.6.1. Descripción general de la cuenca	44

2.3.6.2. Fuentes de contaminación.....	46
2.3.6.3. Historial de calidad ambiental en la cuenca.....	48
III. Hipótesis y variables	50
3.1. Hipótesis General	50
3.2. Hipótesis Específicas	50
3.3. Identificación de variables.....	50
3.4. Operacionalización de variables específicas	51
3.5. Matriz de consistencia.....	53
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	54
4.1.1. Tipo de investigación	54
4.1.2. Diseño de investigación	54
4.2. Unidad de análisis	55
4.3. Población de estudio.....	55
4.4. Tamaño de Muestra	57
4.5. Selección de Muestra.....	58
4.6. Técnicas de recolección de datos.....	59
4.7. Análisis e interpretación de la información	65
V. RESULTADOS.....	68
5.1. Reconocimiento de campo	68
5.2. Análisis de los parámetros	71
5.3. Análisis correlacional	79
5.4. Impacto de la descarga de efluentes al río Lurín.....	80
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	83
VII. CONCLUSIONES.....	87
VIII. RECOMENDACIONES.....	90
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUCTURA DEL SURFACTANTE	17
FIGURA 2: CLASIFICACIÓN DE SURFACTANTES SEGÚN EL BALANCE HIDRÓFILO-LIPOFÍLICO	20
FIGURA 3: ORIGEN Y FLUJOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN ENTORNOS URBANOS.....	21
FIGURA 4: PROCEDIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE UNA PTAR	22
FIGURA 5: CICLO DE VIDA DE LOS SURFACTANTES	33
FIGURA 6: FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS SURFACTANTES	34
FIGURA 7: APLICACIÓN Y RIESGOS AMBIENTALES DE LOS SURFACTANTES.....	35
FIGURA 8: VISTA SUPERIOR DE LA PTAR MANCHAY	41
FIGURA 9: PUNTO DE VERTIMIENTO DE LA PTAR MANCHAY	42
FIGURA 10: TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	43
FIGURA 11: UNIDAD HIDROGRÁFICA LURÍN	46
FIGURA 12: USOS DE AGUA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LURÍN	47
FIGURA 13: RED DE PUNTOS DE MUESTREO DEL ANA.....	48
FIGURA 14: RELACIÓN DE LAS VARIABLES GENERALES.....	50
FIGURA 15: ESQUEMA DEL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	55
FIGURA 16: UBICACIÓN DE LA PTAR MANCHAY	56
FIGURA 17: TRAMO DEL RÍO LURÍN A MUESTREAR.....	56
FIGURA 18: PUNTOS DE MUESTREO	59
FIGURA 19: ACUMULACIÓN DE RESIDUOS	68
FIGURA 20: QUEMA DE RESIDUOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: REFERENCIAS DE SURFACTANTES.....	36
TABLA 2: COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR MANCHAY	42
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LURÍN.....	45
TABLA 4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN IDENTIFICADAS	47
TABLA 5. HISTORIAL DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LURÍN	49
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDICIONES.	57
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	58
TABLA 8. PARÁMETROS Y CONDICIONES DE CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	62
TABLA 9. MÉTODOS DE ENSAYO	65
TABLA 10. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EVALUADOS DE ACUERDO AL ECA AGUA -CATEGORÍA 3	66
TABLA 11. RESULTADOS POSIBLES DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	67
TABLA 12. RESULTADOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	69
TABLA 13. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL	71
TABLA 14. CONCENTRACIÓN DE DBO ₅ (MG/L)	72
TABLA 15. CONCENTRACIÓN DE DQO (MG/L).....	73
TABLA 16. CONCENTRACIÓN DE SURFACTANTES (MG/L).....	75
TABLA 17. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EN ÉPOCA AVENIDA Y ESTIAJE	78
TABLA 18. CORRELACIÓN DE SURFACTANTES Y LA DISTANCIA.....	79
TABLA 19. CORRELACIÓN DE SURFACTANTES Y PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA	80
TABLA 20. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SURFACTANTES	81
TABLA 21. VARIACIÓN DE PARÁMETROS RELACIONADOS A LOS SURFACTANTES	81
TABLA 22. TIPO DE IMPACTO SEGÚN PARÁMETRO ANALIZADO	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. CONCENTRACIÓN DE DBO_5	72
GRÁFICO 2. CONCENTRACIÓN DE DQO.....	74
GRÁFICO 3. CONCENTRACIÓN DE SURFACTANTES.....	75
GRÁFICO 4. CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	76
GRÁFICO 5. CONCENTRACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	77
GRÁFICO 6. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN: SURFACTANTES CON LA DISTANCIA.....	79

RESUMEN

En los últimos años, se ha observado un aumento en la generación de surfactantes, un tipo de contaminante emergente, que presenta riesgos significativos al actuar como disruptores endocrinos. El presente estudio de tipo descriptivo-correlacional, con análisis diferenciado en época avenida y estiaje, evalúa la contaminación por surfactantes debido al impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la cuenca baja del río Lurín. Para ello, se recolectaron muestras en cuatro puntos referenciales del río (antes y después de la descarga de efluentes) con el objetivo de analizar la concentración de los surfactantes y otros parámetros relacionados al mismo, como el DQO, oxígeno disuelto, DBO₅, conductividad eléctrica y otros. Los resultados mostraron concentraciones de 2,75 mg/L a 9,43 mg/L de surfactantes, teniendo así que, de las 08 mediciones, el 100% de estos superaron lo establecido por el ECA Agua Categoría 3. El análisis correlacional evidenció una correlación débil de 0,22 entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de la PTAR. Además, con base a las variaciones positivas en las concentraciones de los parámetros después del punto de descarga de efluentes, se evidenció que la descarga de la PTAR Manchay afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín.

Palabras claves: PTAR Manchay, contaminantes emergentes, surfactantes, río Lurín, impacto ambiental.

ABSTRACT

In recent years, there has been an observed increase in the generation of surfactants, a type of emerging contaminant that poses significant risks by acting as endocrine disruptors. This descriptive-correlational study, with differentiated analysis during the rainy and dry seasons, evaluates surfactant pollution due to the impact of effluent discharge from the Manchay PTAR in the lower Lurín River basin. For this purpose, samples were collected at four reference points in the river (before and after the effluent discharge) to analyze the concentration of surfactants and other related parameters, such as COD, dissolved oxygen, BOD₅, electrical conductivity, and others. The results showed surfactant concentrations ranging from 2.75 mg/L to 9.43 mg/L, with 100% of the 08 measurements exceeding the standards established by the ECA Water Category 3. The correlational analysis revealed a weak correlation of 0.22 between the concentration of surfactants and the distance to the effluent discharge point from the PTAR. Additionally, based on the positive variations in the concentrations of the parameters after the effluent discharge point, it was evidenced that the discharge from the Manchay PTAR negatively affects the environmental quality of the Lurín river water.

Keywords: PTAR Manchay, emerging contaminants, surfactants, Lurín river, environmental impact.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

A través de los años, la tecnología ha tenido un desarrollo impresionante, evidenciándose en la producción de numerosos compuestos químicos sintéticos (García, Gortáres, Droguí, 2011). Así, Peña & Castillo (2015) señalan que este crecimiento genera contaminantes emergentes, productos empleados para fines de salud, cosméticos o para aumentar el desarrollo de los animales.

Entre los contaminantes emergentes se encuentran los tensioactivos o surfactantes, que se usan en productos de lavado y limpieza, y son empleados como ingredientes activos o preservativos en cosméticos, productos de baño o fragancias, que muchas veces se usan en cantidades superiores a las recomendadas (De la Cruz, 2013). Según la Asociación de Exportadores en Perú, los productos de limpieza y cuidado del hogar registraron un aumento del 18,1% en exportaciones respecto al 2022 (Andina, 2023), lo cual representa un aumento en su producción. En cuanto al uso de productos del cuidado del hogar, este se elevó un 16% frente al 2020; en el caso específico de detergentes, creció un 2% (Kantar, 2021).

El incremento de la producción y consumo de surfactantes representa riesgos por su capacidad de actuar como disruptores endocrinos, los cuales intervienen en la producción, transporte y metabolismo de las hormonas naturales del cuerpo (EPA, 2013, como se citó en Ramírez et. al, 2015). Además, están relacionados con alteraciones en el desarrollo de plantas y algas, acelerando procesos de eutrofización de las aguas. Se ha comprobado que estos compuestos se encuentran en los efluentes de las Estaciones de Regulación y Bombeo de Saneamiento (ERS) y en aguas superficiales, y tienden a ser persistentes en el ambiente (De la Cruz, 2013).

En Lima Metropolitana, se observan factores que incrementan la presencia de surfactantes en el ambiente, tales como el crecimiento poblacional y los cambios en el estilo de vida (mayores consumos y variedad de productos). En el manejo de aguas residuales, existe el problema de la insuficiencia en la cobertura del servicio de alcantarillado, donde las Empresas Prestadoras de Servicio solo cubren al 69,6% de la población urbana en Perú (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014). En un reporte realizado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), se indicó que a nivel de residencia urbana el porcentaje de aguas residuales tratadas gestionadas de manera segura solo alcanza el 55,1% (Instituto Nacional de Estadísticas, 2022), situación que supone una carga de contaminantes y posibles riesgos para ecosistemas acuáticos donde a menudo se descargan estos efluentes.

La cuenca hidrográfica del río Lurín, ubicada en Lima, tiene como segunda fuente principal de contaminación los vertimientos o descargas de aguas residuales domésticas e industriales, entre autorizadas e ilegales, asociados a tratamientos no adecuados (Autoridad Nacional del Agua, 2015). De igual modo, hay actividades económicas que son posibles fuentes de contaminación a lo largo del río. En consecuencia, la cuenca solo cuenta con el 14.3% de cuerpos de agua de buena calidad ambiental en el período 2015-2017 (ANA, 2017).

En la cuenca baja del río Lurín se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Manchay, que trata aguas residuales provenientes de los desagües de residentes de Pachacámac, Lima, y descarga sus efluentes hacia el río Lurín. La planta no cuenta con un tratamiento primario, y presenta problemas debido a la presencia de viviendas a menos de 100 metros, así como sobrecarga hidráulica. (Listado de Registro de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de SUNASS, 2024), Según Maita (2019), el tratamiento primario

previene la presencia de sólidos gruesos y flotantes que pueden impedir el cumplimiento de los parámetros de calidad.

Los contaminantes emergentes cuentan con una regulación limitada, donde solo el 0.03% está regulado por alguna agencia internacional (Pica, 2012, como se citó en Ramírez et.al, 2015); situación que se reproduce en Perú, debido a que no se implementan suficientes acciones de monitoreo ni regulación de la mayoría de estos compuestos. En el caso de los surfactantes, estos son regulados únicamente por los Estándares de Calidad Ambiental del Agua, mediante el parámetro detergentes (SAAM) “Categoría I: Poblacional y Recreacional” 0,5 ml/L (contacto primario), y para contacto secundario, solo se considera la ausencia de espuma persistente, característica típica de surfactantes aniónicos, lo que dificulta determinar con exactitud si fueron removidos o degradados. Asimismo, en la Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales”, el estándar es de 0,2 ml/L.

Por otro lado, los surfactantes no se encuentran regulados por los Límites Máximos Permisibles para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, a diferencia de países como Ecuador y Colombia.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera impacta la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los niveles de concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín?
- ¿Qué relación existe entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR?
- ¿Cómo afecta la descarga de efluentes de la PTAR a la calidad ambiental del agua del río Lurín?

1.3. Justificación teórica

Las investigaciones sobre contaminantes emergentes en el Perú son aún limitadas, lo que genera una brecha de información, y peor aún, de regulación de estos compuestos. Es así como, la presente investigación pretende contribuir con la disminución de dicha brecha, mediante la identificación y análisis de un problema que se ha descubierto y puesto en relevancia debido a sus diversos impactos negativos en el ambiente y con riesgos en la salud pública.

El presente estudio busca alinearse al Objetivo Prioritario 3 “Reducir la contaminación del aire, agua y suelo” de la Política Nacional del Ambiente”. El estudio se centra en demostrar que las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el Perú, no cuentan con la tecnología apropiada para degradar o remover eficientemente a los surfactantes. Diversos estudios han evidenciado que, en lugar de degradar estos contaminantes, las PTAR pueden

actuar como fuentes de contaminación, liberando surfactantes y otros contaminantes relacionados a los mismos, a cuerpos de agua.

Si bien es cierto, no se puede generalizar la presencia de surfactantes en todos los cuerpos de agua, sin embargo, muchos estudios sugieren que muchos ecosistemas acuáticos contienen estos contaminantes, los cuales afecta principalmente al sistema endocrino de las especies que habitan en ellos. De esta manera, se sospecha la presencia de estos contaminantes a lo largo de la cuenca baja del río Lurín, en el cual ocurren descargas de aguas residuales tratadas y no tratadas, como otras fuentes de contaminación.

Los hallazgos previos de los distintos autores utilizados en el marco teórico sugieren realizar más estudios respecto a los impactos ambientales de los surfactantes, no solo en la matriz agua, sino también en el suelo. La investigación es esencial para comprender la magnitud del problema y conocer esta situación en el caso específico de la cuenca baja del río Lurín.

1.4. Justificación práctica

Desde el punto de vista ambiental la investigación es trascendental porque responde a la necesidad de evaluar la contaminación por surfactantes, que es considerado un contaminante emergente presente en cuerpos de agua donde suceden descargas de efluentes tratados y no tratados. Así, se pretende comprender el impacto de la PTAR hacia la calidad del río Lurín, cuando no se cuenta con la tecnología apropiada para degradar al contaminante.

Desde el punto de vista social, la investigación contribuye a la sensibilización ambiental en la población limeña mediante la difusión de información sobre los surfactantes, sus fuentes de origen y sus impactos. El río Lurín es uno de los tres ríos que pasa por Lima Metropolitana, siendo el de menor extensión, y uno de los ríos con menores cuerpos de agua de buena calidad

ambiental. Es por ello por lo que se pretende que las PTAR del Perú, incluyendo la de Manchay, canalicen el problema de los surfactantes y los otros tipos de contaminantes emergentes. De esta manera, puedan considerar medidas para mejorar sus sistemas de tratamiento, poniendo en práctica la ecoeficiencia en sus procesos.

Finalmente, se busca que la presente investigación contribuya a la justificación técnica para contar con regulaciones más específicas y rigurosas para los surfactantes, tal es el caso de considerarlo como parámetro en los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los niveles de concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.
- Determinar la relación entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR.
- Analizar el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR sobre la calidad ambiental del agua del río Lurín.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Contaminantes emergentes

Son microcontaminantes orgánicos de origen natural o sintético, con interés científico debido a que presentan un buen potencial para llegar y acumularse al medio ambiente, generando así impactos negativos sobre los ecosistemas y/o salud humana (De la Cruz, 2013). Su clasificación depende del uso que estos tienen, comprendiendo productos farmacéuticos, surfactantes, aditivos industriales, plastificantes, plaguicidas y otros compuestos químicos (García *et al.*, 2011). De igual modo, Gil, Soto, Usma, Gutiérrez (2012) consideran como contaminantes emergentes a las drogas ilícitas, hormonas esteroideas, plaguicidas, productos farmacéuticos, surfactantes, productos para tratamientos de agua, aditivos industriales, otros.

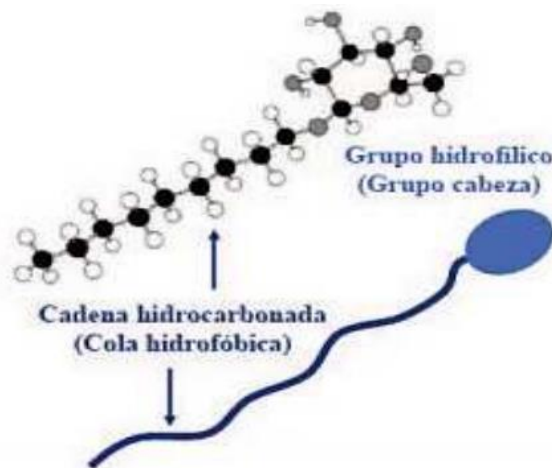
Tienen el potencial de causar impactos negativos a nivel biológico, aunque no se conoce con certeza sus impactos ecotoxicológicos de manera cuantitativa (De la Cruz, 2013). Una particularidad es su nivel de toxicidad, porque a pesar de que en el ambiente se encuentren a bajos niveles de concentración tienen la capacidad de alterar funciones básicas y necesarias como las funciones endocrinas, es por ello que se les considera como un problema actual (García *et al.*, 2011).

Diversas investigaciones han demostrado que cuentan con la capacidad de modificar el sistema endocrino, sea limitando o afectando funciones hormonales, generando así, la posibilidad de presentar situaciones de feminización y hermafroditismo; a su vez, pueden reducir fertilidad, hasta aumentar la incidencia de cáncer (Rubio, Chica, Peñuela, 2013). Los efectos negativos dependen del tipo de contaminante, puesto que, presentan diferentes propiedades y características.

2.1.2. Surfactantes

Los surfactantes son agentes humectantes que disminuyen la tensión superficial de un líquido, permitiendo su dispersión en el sistema (Ramirez, 2019). Según Brand, 2019, son considerados agentes de tensión superficial debido a que reducen la tensión de líquido y líquido o líquido y sólido. Para Doménech, 2014, sustancias anfífilas que actúan en las interfaces entre sustancias polares y no polares, modificando las propiedades de las dos fases. Gil *et al.*, 2012, indica que son usados como agentes adherentes, dispersantes, detergentes, emulsificantes, agentes espumantes, entre otros. Méndez, 2008, señala que los surfactantes constituyen la materia activa de los detergentes, contando con la capacidad de encontrarse la interface aire-agua, aceite-agua y sólido-líquido. Siendo considerados esenciales para la producción de ciertos productos como detergentes, textiles, pinturas, polímeros, productos farmacéuticos, pesticidas, papel y productos de cuidado personal, contando con una diversa aplicación y presentándose en distintas industrias, lo cual incrementa su presencia en el ambiente (Badmus, Amusa, Oyehan & Saleh, 2021).

Figura 1: Estructura del surfactante



Fuente: Sibila *et al.* (2008), como se citó en Brand, 2019.

2.1.2.1. Tipos de surfactantes

Broze, 1999, citado en Brand, 2019 indica que los surfactantes se pueden clasificar según su estructura no iónica y iónica. Los no iónicos no contienen grupos funcionales ionizables, significando que no se disocian en forma de iones, y son conformados generalmente por éteres y alcoholes. Así, presentan la característica de no ionizarse en solución acuosa debido a que contienen grupos hidrófilos del tipo alcohol, fenol, éter o amida (Ramirez, 2019). Se encuentran en el segundo orden de importancia de surfactantes, ocupando cerca del 40% del total de producción (Gil *et al.*, 2012).

Los surfactantes iónicos poseen afinidad con el agua por la atracción electrostática con los dipolos del agua, en esta clasificación se encuentran los tensoactivos aniónicos y catiónicos. Este tipo de surfactantes constituyen el 65% de la producción de surfactantes en el mundo (Badmus *et al.*, 2021). Los surfactantes aniónicos, según Ramirez, 2019, se disocian en un anión anfifílico y un catión, teniendo como ejemplares a los detergentes sintéticos como los alquil benceno sulfonatos, jabones, entre otros. Se sabe que la producción de este tipo de surfactantes figura casi el 55% de la producción anual de surfactantes en el mundo (Gil *et al.*, 2012). Es el más usado para la fabricación de detergentes destinados para lavar prendas e insumos de la cocina, particularmente la familia alquilbenceno sulfonato debido a que su elaboración es sencilla de realizar, teniendo a su ejemplar más conocido dodecibenceno sulfonato sódico (SDBS) (Méndez, 2008).

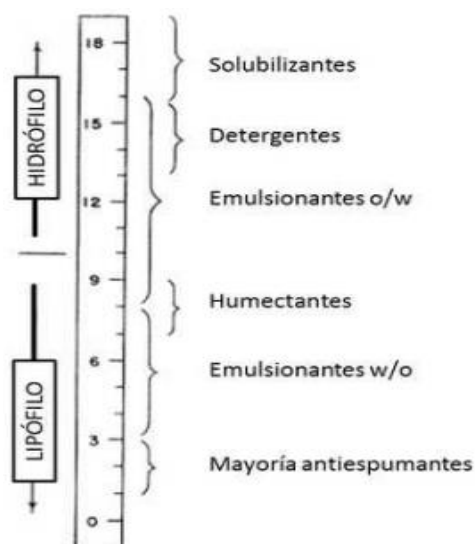
Los surfactantes catiónicos se caracterizan, al entrar en contacto con una solución acuosa, por experimentar una separación en la que se forman dos componentes: un catión orgánico anfifílico y un anión de tipo halogenuro. Su producción es costosa y compleja, por lo que solo son empleados ante situaciones específicas; por ejemplo, cuando se utilizan sus

propiedades bactericidas o para que se adhieran a sustratos con carga negativa. Esta última característica los convierte en agentes de gran utilidad en aplicaciones antiestáticas, impermeabilizantes e inhibidoras de la corrosión, y encuentran su uso tanto en productos industriales como en entornos domésticos (Ramírez, 2019).

Los tensoactivos anfóteros se caracterizan por contener en su molécula uno o varios grupos funcionales, los cuales pueden ionizarse en soluciones acuosas, posibilitando que, según las condiciones de la solución, el compuesto posea un carácter tanto aniónico o catiónico (Méndez, 2008). Son considerados especiales debido a que cuentan con una carga negativa y carga positiva a la vez, los cuales actúan como centros aniónicos y catiónicos, dando la capacidad a la molécula de poder actuar como molécula aniónica o catiónica; sin embargo, la carga depende del pH utilizado en la solución. Además, son conocidos por formar espumas por lo que se utilizan en shampoos (Ramírez, 2019).

Asimismo, Broze, 1999, citado en Brand, 2019, clasifica a los surfactantes en base a su balance hidrófilo-lipofílico (HLB), indicador que muestra el poder del surfactante a adherirse y que, a partir de ello, es utilizado de diferentes maneras. Los solubilizantes son de carácter anfifílico, considerándolas compuestos inmiscibles, los detergentes usados principalmente para separar la suciedad dentro de cualquier clase de superficie, los emulsionantes permiten la emulsión de aceites en solución acuosa u orgánica y los humectantes disminuyen el ángulo de contacto en la superficie.

Figura 2: Clasificación de surfactantes según el balance hidrófilo-lipofílico

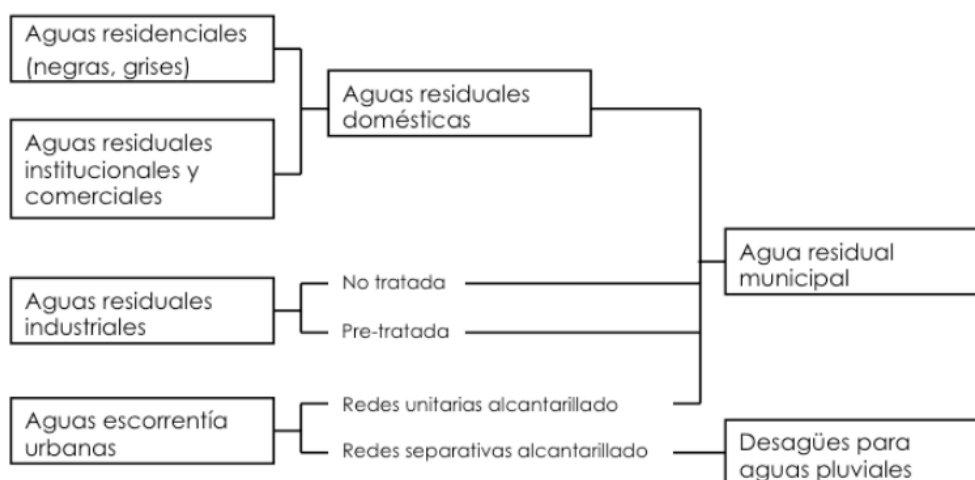


Fuente: Griffin, 1954, como se citó en Brand, 2019.

2.1.3. Aguas residuales

Son aguas que contienen compuestos derivados de actividades domésticas e industriales, los cuales, por sus nuevas características no son aptas para ser vertidos al ambiente sin un previo tratamiento (Peña & Castillo, 2015). De igual manera, Quispe y Vilcape (2022) indican que las aguas residuales son aguas cuyas características actuales son diferentes a las originales, esto por las actividades humanas que intervienen en ellas, y que por su calidad necesitan ser tratadas antes de ser reusada o vertida al medio. Teniendo tres tipos, aguas residuales industriales, municipales y domésticas; así, cuando solo se cuenta con un sistema de alcantarillado las fuentes de contaminación son difusas. Esto significa una reducción en la eficiencia de depuración de las aguas residuales, además de un incremento en los costos de operación (De la Cruz, 2013). De manera resumida se observa la “Figura 3”, donde se tiene un esquema del flujo de las aguas residuales urbanos.

Figura 3: Origen y flujos de las aguas residuales en entornos urbanos



Fuente: De la Cruz, 2013.

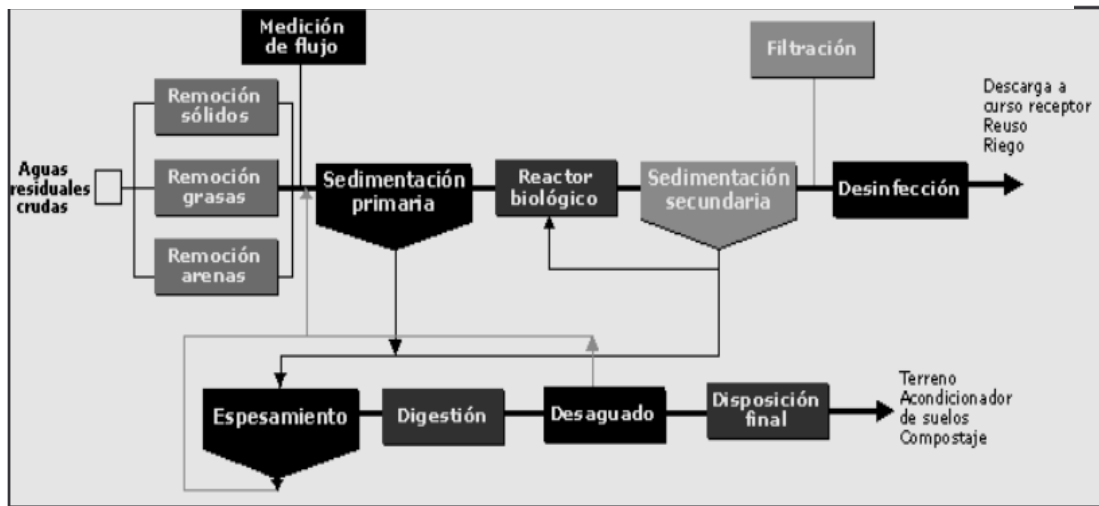
2.1.3.1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Es aquella infraestructura y el conjunto de procesos que disminuyen las concentraciones de compuestos contaminantes y de patógenos presentes en aguas residuales. Los efluentes de las PTAR son aquellos líquidos o aguas residuales proveniente de actividades antropogénicas que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas (ANA, 2016).

2.1.3.2 Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de las aguas residuales es el proceso por el cual se obtiene la remoción o degradación de microorganismos patógenos, con la finalidad de impedir que lleguen a fuentes de aguas (Peña & Castillo, 2015). Existen varias tecnologías que remueven, destruyen y transforman las aguas residuales urbanas o residuos líquidos, pero la tecnología de lodos activados es el más empleado (Méndez, 2008).

Figura 4: Procedimiento general del sistema de tratamiento de una PTAR



Fuente: Méndez, 2008.

Los tratamientos convencionales o tradicionales consisten en procesos fisicoquímicos y biológicos, los cuales están agrupadas en cuatro etapas: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, independientemente de la PTAR.

El pretratamiento obstruye el paso de sólidos con densidades más grande que al agua y arena, mediante canales con rejillas gruesas y finas, y desarenadores. El tratamiento primario busca remover el material en suspensión, sin abarcar material coloidal o sustancias disueltas. La eficiencia de remoción en esta etapa permite despojar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y puede llegar a quitar hasta un 30% de DBO (Ministerio del Ambiente, 2009). El tratamiento secundario es la etapa donde sucede la mayor depuración de contaminantes para que los parámetros estén dentro de lo establecido de las normas vigentes, es decir que, se reduce la carga de los contaminantes. Se emplea microorganismos, los cuales utilizan la materia orgánica de las aguas residuales como fuente de carbono, transformándolos en subproductos más volátiles o biomasa bacteriana (Méndez, 2008). En

la etapa destacan las reacciones bioquímicas realizadas por microorganismos, los cuales llegan a remover entre el 50-95% de la DBO (Ministerio del Ambiente, 2009).

Generalmente los procesos convencionales no son suficientes para eliminar toda la gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos, porque muchos de estos compuestos no son metabolizados por microorganismos. Por ello, se utilizan los sistemas de tratamiento terciario, que incluye oxidación avanzada, intercambio, adsorción sobre carbón activado, precipitación química para eliminación de fósforo, otros. (Méndez, 2008). De igual manera, el Ministerio de Ambiente, 2009, indica que son empleados generalmente para prevenir que la descarga del agua residual genere problemas de eutrofización.

2.1.3.3. Descarga de aguas residuales en ríos

Es aquella descarga de aguas residuales, que pasaron previamente por un proceso de tratamiento, para luego ser efectuados en cuerpos de agua continental o marítima (ANA, 2016). Los vertimientos deben contar con la autorización de la Autoridad Nacional del Agua, y según fuera necesario, sus renovaciones de autorizaciones; mediante Resoluciones Directorales. Las vigencias a partir del inicio de operaciones son mayores a (02) años y menor a (06) años para proyectos en curso, con la posibilidad de solicitar la renovación de la autorización según el Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas, aprobado por Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA (ANA, 2013).

2.1.4. Parámetros relacionados a los surfactantes

Los surfactantes son compuestos orgánicos que actúan como contaminantes orgánicos en medios acuáticos, influyendo significativamente en otros parámetros orgánicos o físicos. La presencia de surfactantes puede alterar la concentración de demanda química de oxígeno,

demanda bioquímica de oxígeno y guarda relación con los coliformes termotolerantes. En cuanto a los parámetros físicos, se ha demostrado su influencia en la disminución de oxígeno disuelto y el incremento de la conductividad del agua (Choque, Masco, Ramos, Ligarda, Solano, Choque & Alonzo, 2020).

2.1.4.1. Fosfatos

Es la forma general en la que se presentan los fósforos en las aguas residuales, o en forma de polifosfatos. Los fosfatos se encuentran dentro de la composición de muchos detergentes, (Brand, 2019), significando la liberación de estos en el medio acuático. El exceso de fósforo puede causar problemas de eutrofización, disminuyendo el oxígeno disuelto en el medio.

2.1.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

El parámetro mide la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos en la estabilización de materia orgánica, realizada generalmente en cinco días y a 20°C (ANA, 2017). Los surfactantes se encuentran relacionados a este parámetro, debido a que muchas veces, generan condiciones anoxias para la flora y fauna, porque el oxígeno existente es empleado para la descomposición de compuestos orgánicos (Brand, 2019).

2.1.4.3. Coliformes Termotolerantes

Abarca microorganismos que son indicadores de calidad porque son de origen fecal (HAYES, 1993, como se citó en Mauricio, 2018). La presencia de surfactantes puede alterar las membranas celulares de los organismos, limitando la supervivencia de bacterias como los coliformes.

2.1.4.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)

El parámetro mide la cantidad de oxígeno empleado en compuestos que oxidan la materia orgánica, siendo superior al parámetro DBO (Mauricio, 2018). De igual modo, la concentración de surfactantes altera la cantidad de oxígeno presente, influyendo en la oxidación química presente en aguas.

2.1.4.5. Parámetros de campo

- Potencial de hidrógeno: Expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, en una escala de 0 a 14 (Sierra Ramírez, 2011, como se citó en Mauricio, 2018). El pH condiciona a los surfactantes anfóteros, debido a que según su nivel estos pueden actuar como surfactantes catiónicos o aniónicos.
- Temperatura: La temperatura cuantifica la energía cinética media de las moléculas de agua, en grados Centígrados y en Fahrenheit (CSWRCB, s.f., como se citó en Mauricio, 2018).
- Oxígeno disuelto: Es la concentración de oxígeno en solución acuosa, siendo vital para el desarrollo de la vida acuática (ANA, 2017). La generación de espumas de los detergentes utilizados limita que el oxígeno del medio acuático pueda disolverse (Brand, 2019).
- Conductividad eléctrica: Valora la cantidad de iones disueltos en el agua, cuya unidad es de microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (ANA, 2017). La conductividad se encuentra relacionada proporcionalmente a los surfactantes, porque los surfactantes aportan sales disueltas al agua (Choque *et al.*, 2020). La cantidad de iones disueltos aumenta a medida que fluye el río aguas abajo; este hecho se debe a que los detergentes aportan sales disueltas al agua.

2.2 Antecedentes de estudio

2.2.1. Antecedentes internacionales

Badmus *et al.*, (2021), en su artículo titulado “Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques”. El trabajo consistió en la revisión de la toxicidad y los riesgos de varios tensioactivos y sus subproductos en las matrices ambientales, y de procedimientos analíticos para su cuantificación y métodos de remediación. Se determinó que la concentración de tensioactivos y sus subproductos alteran la dinámica microbiana y sus procesos biogeoquímicos, y alteran las funcionalidades orgánicas y sistémicas humanas. La técnica cromatográfica es la técnica analítica preferida teniendo en cuenta su avance y las deficiencias de otras técnicas. En cuanto a los métodos de degradación, se encontró que las aplicaciones del fraccionamiento de espuma, los procesos electroquímicos de oxidación avanzada, los reactores de membranas aeróbicas termófilas y los adsorbentes avanzados son eficientes en la limpieza de los tensioactivos en el medio ambiente. El artículo proporciona una gama de conocimiento sobre la toxicidad y riesgos ambientales, así como técnicas analíticas y métodos de remediación de tensioactivos.

Brand (2019) en su estudio titulado “Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente”. El artículo establece conceptos, características, clasificaciones de los tensoactivos o surfactantes dentro de un mercado que va en crecimiento en Colombia y a nivel mundial. Asimismo, destaca la funcionalidad y efectos de la producción y la gran utilización en los hogares e industrias debido a sus características de limpieza, principalmente. Así, el autor concluye que, a pesar de la utilidad de los surfactantes, se debe conocer los efectos que generan en el ambiente después de ser empleados, por ser agentes modificadores de aguas. Por ello, se debe establecer procesos adecuados para su degradación y disposición final. La investigación

proporciona una serie de conceptos sobre los surfactantes, así como la gran demanda que tiene, haciendo hincapié en buscar alternativas para su degradación segura.

García *et al.* (2011) en su publicación “Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción”, realizada en Buenos Aires, Argentina. El estudio tuvo como objetivo describir y discutir diversos tipos de tratamientos no convencionales, que han venido siendo investigados e implementados en algunos países, con el fin de tratar a los contaminantes emergentes. La metodología consistió en recopilar distintas investigaciones sobre estos tratamientos y obtener los resultados de esos trabajos. Los autores concluyeron que los tratamientos de carbón activado, oxidación y reactores membranales pueden ser considerados como los más eficientes. El estudio permite tener mayor conocimiento sobre los tipos de tratamientos no convencionales que existen, y cuál es el nivel de eficiencia que tienen.

Gil *et al.* (2012) en su investigación “Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos” realizada en Colombia. El objetivo del artículo fue revisar algunos de los principales contaminantes emergentes tales como pesticidas, productos farmacéuticos, surfactantes, otros, desde su origen, aplicaciones de uso y efectos negativos; asimismo, se analizó algunos tratamientos considerados potencialmente eficientes para la eliminación de estos contaminantes. Se concluyó que es de suma importancia estudiar y buscar soluciones de tratamientos para los contaminantes emergentes, donde se recomienda utilizar a los tratamientos combinados porque presentan mayor eficiencia para su eliminación. La investigación permite contribuir con el estado de la literatura y recomienda las tecnologías de tratamiento más apropiado para la degradación de estos contaminantes.

Peña & Castillo (2015) en su publicación “Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-

espectrometría de masas (MEFS-CG-EM)” realizada en Ciudad de México. El trabajo tuvo como objetivo desarrollar y optimizar el método MEFS-CG-EM con el fin de determinar productos farmacéuticos como ibuprofeno, naproxeno, clorofeno, otros, encontrados en aguas residuales. El proceso de cuantificación se realizó por el monitoreo selectivo de iones (SIM). En cuanto a sus resultados, se obtuvo que la MEFS resultó ser una técnica de preparación de muestra simple, la cual presenta características de reproducibilidad, sensibilidad y rapidez. El estudio sirve de guía y referencia para la metodología empleada en la presente investigación, a su vez, permite guiar la recolección de muestras provenientes de efluentes de PTAR.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Chavez (2013) en su investigación “Estudio de extracción del surfactante dodecibenceno sulfonato sódico usando carbón activado” elaborada en Lima, Perú. La investigación buscó medir la eficiencia del carbón activado, en forma de nanotubos de carbono, instalado dentro de membranas semipermeables para remover el SDBS. La metodología consistió en realizar ensayos de pruebas de adsorción de SDBS con carbón activado, estudiando sus sinergias y su relación el pH y temperatura. Se demostró que las membranas semipermeables no reducen la adsorción y que es necesario 24h para obtener el equilibrio de adsorción; además que el pH no modifica al proceso de adsorción, pero sí el aumento de temperatura. Finalmente, se demostró que el carbón activado pudo extraer eficientemente hasta el 97,8 % del SDBS. La investigación aporta como antecedente en las pruebas de adsorción con carbono activado en surfactantes, actuando como evidencia experimental que la adsorción sería eficiente.

Choque, Masco, Ramos, Ligarda, Solano, Choque & Alonzo, 2020, en su artículo “Study of the pollution by surfactants in a river of a high Andean”. La investigación buscó conocer el

nivel de tensioactivo lineal alquilbencenosulfonato (LAS), tensioactivo utilizado en grandes cantidades y que pueden estar presente en las aguas residuales, en el río Huatanay (Cusco, Perú). Se muestrearon en (09) puntos, abarcando la temporada de estiaje y de lluvias, para la determinación espectrométrica empleando azul de metileno; así mismo, se determinó la correlación del oxígeno disuelto (OD) y la conductividad con el surfactante. Se encontró que el nivel de LAS fue de 0.01 a 23,17 mg/L en temporada de estiaje y de 0,09 a 1,47 mg/L, en lluvias; concluyendo que, niveles elevados de LAS disminuyen la cantidad de OD y aumentan la conductividad. La investigación sirve como antecedente para la determinación de surfactantes en cuerpos de agua superficiales y el análisis de otros parámetros relacionados a los surfactantes, sin embargo, se limita únicamente a ciertos parámetros relacionados a los surfactantes, en contraste, al presente estudio abarca una mayor cantidad de parámetros.

Mauricio (2018), en su estudio titulado “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” elaborada en Lima, Perú. Se buscó evaluar la calidad del agua del río Lurín por influencia de la descarga de efluentes de las PTAR. Para ello, se estableció (02) puntos de muestreo, RL1 y RL2, ubicadas antes y después de pasar por los puntos donde se ubican ambas PTAR; obteniendo tres muestras por cada punto de muestreo. Finalmente, se demostró que la PTAR San Bartolo tenía una mayor influencia en el deterioro de la calidad de agua del tramo del río Lurín a comparación de la PTAR Julio C. Tello, respecto a los parámetros coliformes termotolerantes, DQO y DBO, debido a que superaron los valores establecidos en el ECA para agua; de igual manera, se presentó una disminución del oxígeno disuelto. La investigación permite entender cómo la cercanía y descargar de efluentes de una PTAR influyen en los cuerpos de agua, generando a menudo contaminación; no obstante, no

se realizó un análisis para diferentes temporadas (avenida y estiaje) para obtener una mayor representatividad de los datos, aspecto que sí se abarcó en el presente estudio.

Pasapera (2019), en su tesis titulada “Influencia del caudal en la calidad del agua en la parte baja del río Lurín”. La investigación tuvo como interés evaluar la influencia del caudal en la calidad del agua de la parte baja del río Lurín. El autor realizó simulaciones de caudales mediante el programa HEC-HMS, así como muestreos para analizar la calidad del agua mediante los ECA para agua (uso agrícola y recreacional). Se encontró que los parámetros microbiológicos *escherichia coli* y coliformes termotolerantes sobrepasaban lo establecido en el ECA; así como correlaciones negativas entre el caudal y los parámetros estudiados (SST, pH, DBO, CE) deduciendo que ante caudales más elevados hay una menor concentración de los parámetros. La investigación demuestra la influencia que tiene el caudal para la dilución de contaminantes, sin embargo, cuando la carga contaminante es alta, como en descargas de aguas residuales, la autodepuración es más lenta.

Quispe & Vilcape (2022) en su publicación “Evaluación de contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales doméstica del colector 83, colector 56 y PTAR escalerilla, generados durante la pandemia del virus SARS CoV-2” realizada en Arequipa, Perú. El estudio buscó conocer la relación de contaminantes emergentes con la carga viral de SARS CoV-2, mediante el análisis de los mismos mediante la recolección de muestras provenientes de los colectores. En cuanto al manejo de información, primero se enlistó los productos desinfectantes más empleados en la pandemia; con ello, se buscó analizar a contaminantes emergentes pertinentes al problema en (03) estaciones de monitoreo (junio a septiembre del 2021), tales como detergentes, amonio y trihalometanos. Se determinó que algunos compuestos sí presentan relación significativa, pero la información aún es limitada, es decir,

no se pudo determinar que todos los contaminantes analizados se encuentran directamente relacionados con el SARS CoV-2. El estudio enriquece el marco teórico y sirve como ejemplo en la investigación de contaminantes emergentes. Sin embargo, el estudio se enfocó en la influencia de un evento temporal (contexto pandemia), en contraste, el presente estudio se enfoca en la influencia permanente que tiene la descarga de efluentes de la PTAR.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1. Contaminantes emergentes en efluentes

La presencia de estos contaminantes en aguas es demostrada mediante diversos estudios de investigación, donde fueron encontrados en cuerpos de agua como arroyos, ríos incluso en entornos marinos y aguas residuales (Peña & Castillo, 2015). Se conoce que los tratamientos biológicos son catalogados como la tecnología más utilizada y viable para el tratamiento de aguas residuales domésticas y de algunas industriales; sin embargo, no degradan completamente los contaminantes emergentes, ocasionando que la mayoría de estos compuestos sean emitidos al medio ambiente receptor sin una degradación adecuada (Rubio *et al.*, 2013). Según García *et al.* (2011), las plantas tradicionales no cuentan con el diseño y tecnologías adecuadas para degradar estos contaminantes, incluyendo sistemas de potabilización. De igual manera, Peña & Castillo, 2015 reconocen que no pueden ser totalmente eliminados en las PTAR, por lo tanto, los influentes y efluentes de estas plantas los contienen. Siendo así que las principales fuentes de contaminación son las aguas residuales urbanas no tratadas y los efluentes de Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales (De la Cruz, 2013).

2.3.2 Surfactantes en cuerpos de agua

Debido a la gran demanda y uso de los surfactantes en distintas aplicaciones domésticas e industriales, se refleja una alta concentración en las aguas residuales urbanas, industriales y domésticas, posiblemente llegando a las PTAR o, peor aún, siendo liberados directamente al medio ambiente (Bautista-Toledo *et al.* 2014; Camacho-Muñoz *et al.* 2014, como se citó en Badmus *et al.*, 2021). La depuración de aguas residuales es un proceso que puede ocasionar que los surfactantes residuales y sus productos de degradación permanezcan en el medio ambiente (Arora, Khuntia, Chanakya *et al.*, 2023). Según Badmus *et al.*, 2021, los surfactantes se consideran uno de los contaminantes emergentes más difíciles de manejar debido a que son liberados de manera continua al medio ambiente, mediante las plantas de tratamiento de aguas residuales, además se estima que las concentraciones de surfactantes en las aguas residuales domésticas e industriales oscilan entre 1 y 10 mg/L, y 300 mg/L, respectivamente.

El comportamiento de los surfactantes en cuerpos de agua, y en general en cualquier medio, resulta influenciado principalmente por la sorción y la bio/fotodegradación (Lara-Martín *et al.*, 2012, como se citó en Badmus *et al.*, 2021). Ambos procesos dependen principalmente de diversos factores como el pH, la temperatura y la salinidad del medio. A continuación, se encuentra la *Figura 5* donde se ilustra, como ejemplo, el ciclo de vida de los surfactantes.

Figura 5: Ciclo de vida de los surfactantes



Fuente: Arora *et al*, 2023.

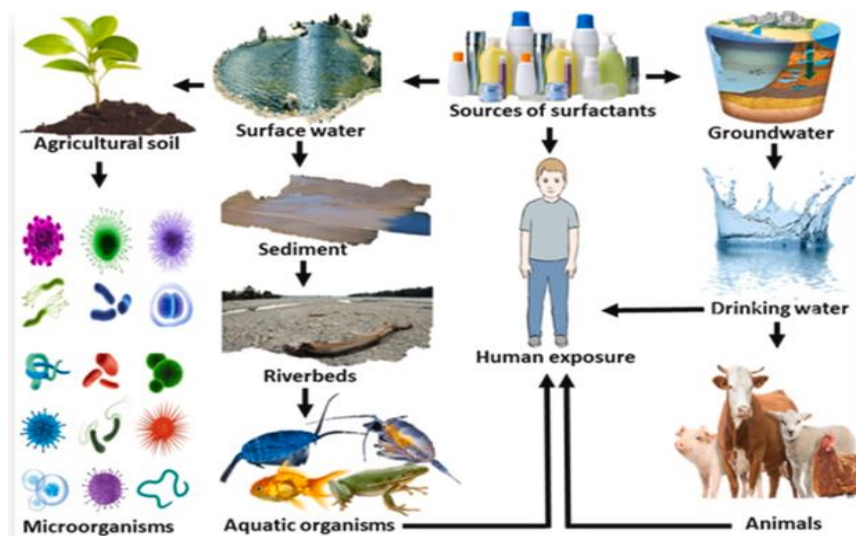
La sedimentación de surfactantes y la formación de espuma de los mismos afecta la calidad del agua al reducir la transferencia de oxígeno al agua y su proceso de autodepuración, en diferentes grados para diferentes clases de tensioactivos (Gheorghe *et al.*, 2013, como se citó en Badmus *et al.*, 2021). Por ejemplo, los surfactantes no iónicos presentan una parcial degradación aeróbica y absorción en los lodos residuales de las PTAR (Gil *et al.*, 2012).

2.3.3 Impactos negativos de los surfactantes en el ambiente

La producción y uso de surfactantes a nivel mundial genera una cantidad significativa de residuos o subproductos, los cuales se vierten a cuerpos de agua, creando un riesgo potencial en su calidad. Un claro ejemplo es el surfactante dodecibenceno sulfonato sódico que, a pesar de ser biodegradable en medios oxigenados, puede concentrarse en los lodos si no se asegura un correcto tiempo de degradación (degradación lenta), debido a los grandes volúmenes que ingresan; convirtiéndose en un posible problema ambiental (Mendez, 2008). De igual modo, influyen en la contaminación existente del medio acuático, al aumentar la

solubilidad de los contaminantes y facilitar a la generación de eutrofización (Zanoletti *et al.*, 2017, como se citó en Badmus *et al.*, 2021). La Figura 6 presenta las fuentes y los receptores de los surfactantes.

Figura 6: Fuentes de contaminación de los surfactantes



Fuente: Gyanaranjan, Kasturi, Achlesh, 2023.

Diversas investigaciones indican que, ante una exposición prolongada a surfactantes, los microbiomas inocuos alteran su nicho, inducen cambios en el ensamblaje genético y aumentan la absorción de resistencias antimicrobianas mediante la aparición de genes de resistencia a los antimicrobianos; ello dificulta por completo el reciclaje posterior de los efluentes y los lodos tratados. De igual manera, presentan efectos adversos en los nichos ambientales como la formación de espuma, de escoria, eutrofización y alteraciones fisicoquímicas. (Arora *et al.*, 2023). Así, reducen la resistencia de la biota acuática ante el estrés ambiental, afectando su sistema de reproducción y su crecimiento (Hampel *et al.*, 2012; Moura *et al.*, 2019, como se citó en Badmus *et al.*, 2021).

Según Karpinska y Moskal, 2024, como se citó en Brand, 2019, los principales impactos negativos originados o potenciados por los surfactantes son los siguientes:

- Incrementan el pH de aguas residuales, así, indirectamente varían el ciclo de vida de especies acuáticas.
- Posibilita el incremento de nutrientes donde se realizan descargas de efluentes, incrementando la proliferación de algas y emisión de malos olores por la aglomeración de fósforos.
- Producen condiciones anoxias para la flora y fauna acuática debido a la demanda de oxígeno que se emplea para la descomposición de compuestos orgánicos.
- Generan espumas, lo que limita la dilución de oxígeno.
- Alteran la belleza paisajística.

En la *Figura 7* se muestra de manera resumida los riesgos ambientales de algunos ejemplares de surfactantes.

Figura 7: Aplicación y riesgos ambientales de los surfactantes

Tensioactivos en matriz ambiental	Clases de tensioactivos	Usos/aplicaciones	Riesgos	Comentario
Sulfonatos lineales de alquilbenceno	Aniónico	Formulación de detergentes y productos de cuidado personal	Comportamiento no conservador	Excelentes propiedades de limpieza, bajo costo
Tensioactivos perfluorados	Aniónico	Recubrimiento de textiles, papel y alfombras, productos químicos contra incendios, productos de consumo como abrillantadores de pisos y champús	Persistencia, obstinación y toxicidad	Producción extensiva; Tecnologías de tratamiento eficientes requeridas
Etoxilatos de amonio cuaternario y cloruro de cetrimonio	Catiónico	Suavizante de telas, desinfectantes, acondicionador del cabello, industria cosmética, biocidas y agentes humectantes	Muy tóxico en el ambiente	Insustituible para algunos usos industriales
Etoxilatos de alquilfenol	Tensioactivos no iónicos	Detergente, emulsionante y humectante	Los productos degradados y transformados (etoxilatos de nonil-/octilfenol) son tóxicos y persistentes en el medio ambiente	Reemplazado por un tensioactivo mejor o ecológico (AEOS)
Etoxilatos de alcohol	Tensioactivos no iónicos	Sectores doméstico, detergente, cosméticos, textil, paplero, agrícola y derivados del petróleo	Altamente hidrófobo e impresionante capacidad de adsorción sobre partículas sólidas y sedimentos. Exposición a organismos acuáticos	AEOS tiene una excelente biodegradabilidad, uso extensivo

Fuente: Badmus *et al.*, 2021.

Los tensoactivos no aniónicos se consideran tóxicos, incluso más que los tensoactivos originales; por ejemplo, los subproductos nonil y octil fenoles tienden a adsorber sólidos suspendidos, adquiriendo la capacidad de emular hormonas al interactuar con el receptor de estrógenos, aunque son menos riesgosos que los tensoactivos aniónicos y catiónicos (Gil *et al.*, 2012). La molécula de nonilfenol, que resulta de la degradación del surfactante etoxilado, presenta actividad estrógeno, y es químicamente estable en el medio acuático, acumulándose en los organismos acuáticos. El nonilfenol, y otros contaminantes conocidos como estrógenos ambientales, interfieren con la transmisión de mensajeros químicos del metabolismo animal, particularmente las hormonas. La mayor preocupación es la posible interferencia con los estrógenos (hormonas sexuales), los cuales se unen a un receptor específico en la célula, formando un complejo que se enlaza a sitios específicos del ADN en el núcleo celular, lo cual determina la acción de los genes (Doménech, 2014, p.88-89).

De este modo, se presentan algunas regulaciones internacionales respecto a los surfactantes en aguas en la *Tabla 1*.

Tabla 1: Referencias de surfactantes

País	Surfactantes/tensoactivos (mg/L)	Norma de referencia
Ecuador	0,5	Acuerdo Ministerial No. 097 de 2013
Argentina	1,0	Resolución 202/2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
Países Bajos (Directiva Marco del Agua de la Unión Europea)	0,1	Wet op de waterhuishouding
Canadá	0,5	Canadian Water Quality Guidelines

Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.3.4 Degradación de surfactantes

Los surfactantes cuentan con un ciclo de vida relativamente extenso en el medio ambiente, porque presenta alta afinidad superficial, además de propiedades antimicrobianas y recalcitrantes (Arora *et al.*, 2023). Sin embargo, se viene desarrollando surfactantes más biodegradables, por ejemplo, Doménech, 2014 indica que los sulfonatos de cadena lineal son más biodegradables (sulfonatos de alquil benceno lineal). El proceso de biodegradación se realiza en condiciones aeróbicas, donde las enzimas atacan el carbono terminal de la cadena alquílica, convirtiéndolo primero en alcohol, luego en aldehído, seguido de ácido y finalmente provocando la descarboxilación, lo que acorta la longitud de la cadena hidrocarbonada; incrementado la solubilidad y disminución de formación de espumas, para que finalmente el fenol termine en ácidos carboxílicos alifáticos, los cuales se mineralizan de forma rápida (p. 87).

2.3.4.1. Factores que influyen en la degradación

En base a una investigación a nivel de laboratorio con sistemas de tratamiento convencionales, se demostró que es posible obtener efluentes con niveles bajos de COE, mediante un tiempo de retención hidráulica superior a 27 días y de retención de lodos superior a 35 días. Se concluyó que, bajo estas condiciones se obtiene una mejor degradación de la actividad estrogénica (Clara *et al.*, 2005, como se citó en Rubio *et al.*, 2013).

Según la velocidad y resistencia a la biodegradabilidad, los surfactantes pueden clasificarse en duros y blandas clases, donde los surfactantes duros tienden a ser más resistentes a procesos de biodegradación. Es por ello que en la producción de surfactantes siempre se debe considerar la biodegradabilidad de los mismos. Se han desarrollado varias investigaciones las cuales han demostrado que existe relación entre el nivel de biodegradabilidad de surfactantes

y su estructura química, tales como la longitud y estructura de cadena lineal o ramificada. Esto se evidencia, por ejemplo, en surfactantes no iónicos que presentan mejor biodegradación cuando en su estructura, la parte hidrofóbica de la molécula es lineal; además, se ha demostrado que las moléculas que no poseen un anillo aromático en la parte hidrófoba presentan menor problemas de biodegradación. Por otro lado, la toxicidad del surfactante influye en la biodegradación, tal es el caso de las cargas iónicas de los surfactantes. Es por ello que, habitualmente los surfactantes catiónicos son considerados los más tóxicos, seguido por los aniónicos y no iónicos, los cuales son los menos tóxicos respecto a los otros tipos de surfactantes. Además, diversas investigaciones han concluido que el uso de materias primas renovables en la producción de surfactantes, permiten mejorar los niveles de biodegradación de los mismos (Ramirez, 2019).

La biodegradación de la mayoría de surfactantes es posible siempre y cuando estos compuestos se encuentren en bajas concentraciones en las aguas residuales o incluso en los lodos activados. La degradación de estos compuestos se da en medios aeróbicos, sin embargo, aún se están analizando sus comportamientos en medios anaeróbicos (Méndez, 2008).

2.3.4.2 Degradación por métodos físicos

La adsorción es el método físico más común para eliminación de tensioactivos, empleando adsorbentes como carbón activado, nanomateriales, zeolitas, arcilla y resina; sin embargo, se encuentra limitada por sus costos, a excepción del carbón activado (Valizadeh *et al.* 2016; Siyal *et al.*, 2020, como se citó en Badmus *et al.*, 2021). Se viene desarrollando el uso de nanomateriales para la remoción de tensioactivos, así como el método de fraccionamiento de espuma; sin embargo, presentan grandes limitaciones (Badmus *et al.*, 2021).

Una de las mejores tecnologías para la eliminación de compuestos orgánicos es la adsorción sobre carbón activado según la Environmental Protection Agency (Méndez, 2008). El carbón activado es un adsorbente eficiente para moléculas orgánicas, sin embargo, no todas estas moléculas son inherentes covalentemente debido a que pueden contener átomos como oxígeno y azufre, que le da un carácter iónico. La fuerza de London es lo suficientemente fuerte para retener el material adsorbente, pero no lo suficientemente fuerte como para formar una nueva estructura molecular irreversible, lo que permite que la adsorción sea reversible y que el carbono activado sea reciclable para su reutilización (Carbotecnia, 2023).

Los factores, según Chavez, 2013, como el pH del medio o solución no disminuyen la eficiencia de la adsorción; la temperatura demuestra influencia en la eficiencia de la adsorción, debido a que elevaciones de esta generan reducciones en la adsorción de SDBS.

2.3.4.3. Degradación por métodos químicos

La remediación química como la coagulación resulta eficiente para la limpieza de compuestos presentes en aguas residuales cosméticas (Naumczyk *et al.*, 2017, como se citó en Badmus *et al.*, 2021), generando productos como dióxido de carbono, nitrógeno y agua.

Asimismo, aparecen los procesos de oxidación avanzada (POA), quienes tienen la capacidad de oxidar contaminantes refractarios, como en el caso del empleo de O₃ con UV para el tratamiento de compuestos provenientes de fragancias, metabolitos reguladores líquidos, bloqueadores y estrógenos (Ternes *et al.*, 2003, como se citó en García *et al.*, 2011). Según De la Cruz, 2013, presenta la ventaja de transformar químicamente al contaminante, consiguiendo la mineralización completa del contaminante. Sin embargo, según Rubio *et al.*, 2013, su uso es limitado debido a que presenta un costo elevado de operación, así como dificultad ante elevadas cargas orgánicas, además, algunos de sus subproductos pueden ser

más resistentes a la eliminación química, así como ser más tóxicos incluso más que los contaminantes iniciales.

Los procesos electroquímicos de oxidación avanzada (EAOP) son procesos considerados seguros y ecológicos, mostrando ventajas ante la degradación de tensioactivos aniónicos de las aguas residuales, aunque un aumento en la corriente aplicada puede llevar a consumos de energía desfavorables (Ganiyu *et al.* 2018b; Martínez-Huitl y Panizza 2018, como se citó en Badmus *et al.*, 2021).

2.3.4.4.. Degradación por métodos biológicos

Se conoce que el tratamiento biológico es una opción económica y ecológica que utiliza microorganismos para descomponer los tensioactivos, empero cuenta con limitaciones como el tiempo prolongado de operación y la incapacidad de tratar altas concentraciones de tensioactivos (Badmus *et al.*, 2021).

Así, se tiene a los Reactores Biológicos de Membrana BRMs, sistemas que combinan la degradación biológica mediante el uso de lodos activados y la filtración mediante membranas. Esto permite tanto la retención física de los contaminantes como su biodegradación, mostrando ventajas en el tamaño compacto como unidad de tratamiento, baja generación de lodos y una alta calidad del efluente al retener y degradar compuestos orgánicos e inorgánicos. Se conoce que aquellos compuestos hidrofílicos y metabolizables son más accesibles a la degradación (Rubio *et al.*, 2013).

2.3.5. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Manchay

En el contexto de un diagnóstico sobre el sistema de tratamiento de aguas residuales de una PTAR, según SUNASS, 2022, se debe considerar la cobertura del tratamiento de aguas residuales, la operación y mantenimiento, y la disposición final.

2.3.5.1. Descripción General

La planta está ubicada en el distrito de Pachacámac, provincia de Lima, perteneciente a la empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). Brinda servicio a la localidad de Pachacámac, con una población servida de 56 143 personas y con un número de conexiones de desagüe servidas de 14 335 (SUNASS, Listado de Registro de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de SUNAS, 2024).

Figura 8: Vista superior de la PTAR Manchay



Fuente: SUNASS, 2024, Listado de Registro de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de SUNASS.

La planta cuenta con una autorización de vertimiento hacia el río Lurín, el cual se actualiza desde hace varios años y cuenta con su última prórroga en la Resolución Directoral N° 100-2020-ANA-DCERH (ANA, 2020). Esta resolución asume compromisos técnicos y

ambientales, los cuales son fiscalizados con el fin de evaluar el cumplimiento del ECA para Agua cerca de su punto de vertimiento (100 m antes y 100 m después del punto de vertimiento).

Figura 9: Punto de vertimiento de la PTAR Manchay

PUNTO DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS										
Código	Descripción	Volumen anual (m³)	Caudal (l/s)	Coordenadas UTM (WGS84, Zona 18)		Régimen de descarga	Tipo	Sector	Cuerpo receptor	Clasificación
				Este	Norte					
VMAN-1	Punto de descarga de PTAR Manchay en el río Lurín	1 892 160	60	297971	8 652 696	Continuo	Doméstico	Saneamiento	Río Lurín	Categoría 3

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2020, Resolución Directoral N° 100-2020-ANA-DCERH

2.3.5.2. Sistema de tratamiento

La planta cuenta con etapa preliminar, secundaria y terciaria que conforman su sistema de tratamiento; sin considerar con un tratamiento primario en la depuración de aguas residuales. La *Tabla 2* presenta de manera resumida los componentes del sistema antes mencionado.

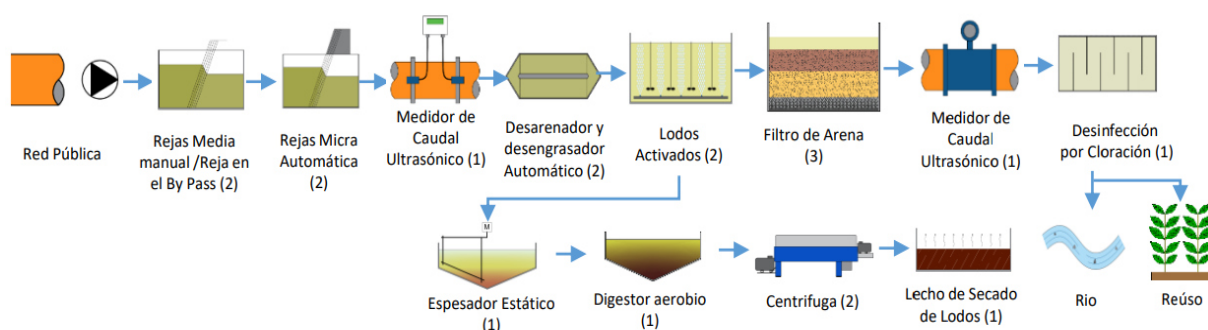
Tabla 2: Componentes del sistema de tratamiento de la PTAR Manchay

Tipo de tratamiento	Componentes
Preliminar	Rejas medias y finas
	Desarenadores
Secundario	Reactor biológico ICEAS
	Tanque ecualizador
Terciario	Filtros de arena
Sistema de lodos	Tanque espesador
	Tanque aireado
	Centrífuga

Fuente: Candela, 2020.

Mediante el empleo de filtros de arena se ha adoptado una filtración más rápida de huevos de helmintos y sólidos que pueden influir en la desinfección y su reúso. Asimismo, para la remoción del nitrógeno se implementa la tecnología de lodos activados (Dirección de Fiscalización, SUNASS, 2022). La *Figura 10* ilustra la secuencia del tratamiento dentro de la planta de operación, empezando con la red pública hasta su descarga de aguas tratadas en el río Lurín y también para actividades de reuso.

Figura 10: Tecnología de tratamiento



Fuente: SUNASS, 2024, Listado de Registro de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de SUNASS.

2.3.5.3 Limitaciones de la PTAR Manchay

La PTAR Manchay presenta problemas de carga orgánica, como señala Candela, 2020, la planta es operada por aireación extendida, sin embargo, los lodos finales superan en 13% a la concentración máxima de sólidos volátiles permitidos en biosólidos. De igual modo, cuenta con una concentración del 65% de sólidos volátiles, en base seca, cuando debería tener una concentración menor o igual a 60%. La causa de estos problemas puede ser causado por cortos tiempos de limpieza de lodos y sobrecargas orgánicas.

Según el Listado de Registro de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de SUNASS, 2024, los principales problemas de la PTAR Manchay son la presencia de viviendas que se encuentran a menos de 100 metros y que los sensores en línea se encuentran inoperativos.

Así como también, sobrecarga hidráulica debido a que el caudal de diseño es de 60 L/s, cuando el caudal de operación promedio es de 74 L/s.

En la investigación de Candela, 2020, se encontró en el tanque aireado $2.62E+10$ de Coliformes Totales, $8.50E+10$ de *E. coli* y $1.56E+10$ de C. Termotolerantes. En la centrífuga, las cifras para los mismos parámetros fueron de $1.29E+10$, $3.17E+09$ y $4.40E+09$, respectivamente, cuya unidad fue UFC/g ST, representando cifras elevadas de estos parámetros.

En el Diagnóstico de las Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento del 2016, se identificó a la PTAR Manchay como la planta con mayores concentraciones del parámetro DBO_5 con 720 mg/L, superando al promedio de las otras plantas que fueron de 500 mg/L (SUNASS, 2016). Asimismo, en su investigación Candela, 2020, encontró que las concentraciones más elevadas de carbono y nitrógeno se dieron en los lodos provenientes de la PTAR Manchay, poseyendo los valores más altos de concentración de materia orgánica.

2.3.6. Cuenca hidrográfica del río Lurín

2.3.6.1. Descripción general de la cuenca

La Unidad Hidrográfica Lurín se encuentra en el ámbito de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, a través de la Administración Locales de Agua Chillón Rímac Lurín. A continuación, de manera resumida se tiene las principales características de la cuenca en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Características de la cuenca hidrográfica del río Lurín.

Características	Descripción
Vertiente hidrográfica	Pacífico
Nombre	Unidad Hidrográfica Lurín (código Pfafstetter 1375534)
Superficie (km²)	1 634,00
Ámbito Administrativo	Cañete Fortaleza, ALA Chillón Rímac Lurín
Límites hidrográficos (Fuente: AAA-Cañete Fortaleza)	• Norte: Cuenca Rímac • Sur: Cuencas Mala, Chilca, Intercuenca 1375533 • Este: Cuenca Mantaro • Oeste: Intercuenca 1375539
Río Principal	Río Lurín (108.5km)
Principales tributarios	• Margen derecha: Quebradas: Chalilla y Chamcna. • Margen izquierda: Río: Canchahuara; quebradas: Tinajas y Taquia
Población	1 891 347 habitantes
Principales actividades socioeconómicas	Agricultura y ganadería

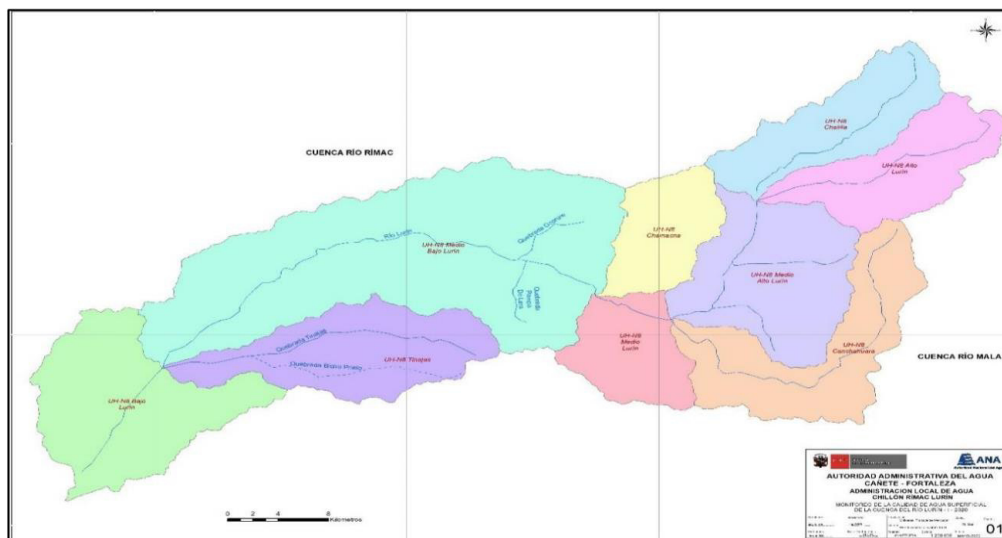
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2019.

El río Lurín se origina de la confluencia de los ríos Chalilla y Taquia, a 100 metros del puente Quilquichaca, entre las coordenadas geográficas E 347 83, N 8 673 960 a una altitud de 3010 m.s.n.m. Atraviesa las provincias de Huarochiri y Lima, pasando por distintos lugares donde la pendiente varía a medida que se acerca al mar, donde desemboca en el Océano Pacífico (ANA, 2015).

- Curso superior: Desde su nacimiento hasta la localidad de San Damian cuenta con una pendiente promedio de 6,8%.

- Curso medio: Desde la localidad de San Damian hasta la localidad de Manchay cuenta con una pendiente promedio de 3,2%.
- Curso inferior: La pendiente promedio hasta su desembocadura es de 1,8%.

Figura 11: Unidad Hidrográfica Lurín



Fuente: Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza

2.3.6.2. Fuentes de contaminación

En la cuenca se identificaron fuentes de contaminación directa e indirecta, predominando la contaminación por residuos sólidos el cual ocupa cerca del 66%, seguido por los vertimientos de aguas residuales con un 34% (ANA, 2015).

Tabla 4. Fuentes de contaminación identificadas

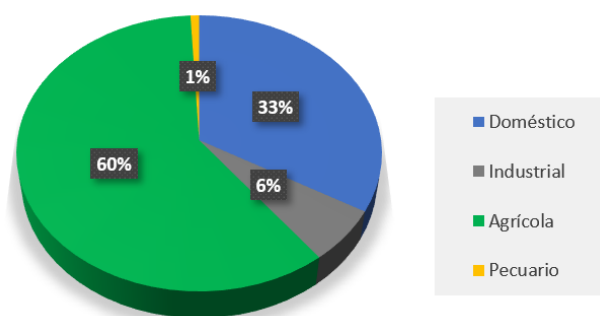
Tipo de contaminación	Tipo de fuente	Cantidad
Directa	Vertimientos de aguas residuales domésticas, municipales, de regadío al cuerpo receptor	15
	Botaderos de residuos sólidos domésticos, orgánicos y de construcción	29
Indirecta	Por filtración y percolación	23
Total directo		44
Total indirecto		23

Fuente: Informe Técnico N° 001-2016- ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/CLLC.

En base al Observatorio de la Autoridad Nacional del Agua, en la cuenca hidrográfica del río Lurín, existen (02) vertimientos autorizados, entre los cuales se encuentra el vertimiento de Aguas Residuales Municipales tratadas (PTAR Manchay), que cuenta con la autorización de vertimiento mediante la Resolución Directoral N° 004-2014-ANA-DGCRH (ANA, 2014).

En cuanto a los derechos de uso de agua, se realizan actividades económicas y no económicas que requieren el empleo de agua. Se ha identificado que existe uso doméstico, industrial, agrícola, y pecuario (ANA, 2015).

Figura 12: Usos de agua de la Cuenca Hidrográfica del río Lurín



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la *Figura 12* se destaca como principal uso de agua la actividad agrícola, con un 60%, seguido por el doméstico de un 33%.

2.3.6.3. Historial de calidad ambiental en la cuenca

La Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza perteneciente a la Autoridad Nacional del Agua realiza monitoreos para evaluar la calidad de la cuenca. De esta manera, utilizan el ECA Agua como estándar de comparación. La red de puntos de muestreo está constituida por (09) puntos de monitoreo, los cuales cuentan con su respectiva codificación.

Figura 13: Red de puntos de muestreo del ANA

N°	Código	Descripción	Coordenadas UTM, WGS 84 (Zona 18)		Altitud (msnm)
			Este	Norte	
1	LTuct1	Laguna Tucto, a la salida de la laguna.	357 451	8 686 222	4707
2	RLuri1	Río Lurín, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Taquia, altura del puente Quilquichaca.	347 834	8 673 893	3601
3	RLuri2	Río Lurín, aproximadamente a 10 m aguas arriba del puente Huatiacaya	342074	8662164	2651
4	RLuri3	Río Lurín, aproximadamente a 60 m aguas arriba del puente Bentin.	336846	8663053	2218
5	RLuri4	Río Lurín, altura del puente Antapucro, estación hidrométrica Antapucro - SENAMHI y estación hidrométrica proyectada EHA-Puente Antapucro.	323 176	8 669 448	1419
6	RLuri5	Río Lurín, aproximadamente 10 m aguas arriba del puente Cieneguilla.	306 656	8 662 379	649
7	RLuri6	Río Lurín, aproximadamente a 50 m aguas arriba del vertimiento PTARD Manchay Bajo, margen derecha.	297 994	8 652 748	128
8	RLuri7	Río Lurín, aguas arriba (altura) del puente Lurín cruce con Panamericana Sur antigua.	293 915	8 644 703	27
9	RLuri8	Río Lurín, aguas arriba (altura) del cruce con Panamericana Sur.	293 324	8 642 906	9

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2021, Módulo DCERH.

De esta manera, a partir de los muestreos realizados en 2018, 2019, 2020, 2021, se tiene a los parámetros que sobrepasan al ECA en la red de monitoreo del ANA en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Historial de calidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Lurín

Año	Punto de muestreo	Categoría	Parámetros que excedieron el ECA
2019	LTuc 1	4	OD
	RLuri 4	3	pH
	RLuri 6	3	pH
	RLuri7	4	pH, OD, DBO ₅ , DQO, Coliforme Termotolerante, E.Coli.
	RLuri8	3	pH, OD, DBO ₅ , DQO, Aceites y Grasas, Coliforme Termotolerante, E.Coli.
2020-I (mayo)	L Tuc	4	Fósforo Total
	RLuri4	3	Coliformes Termotolerantes
2020-II (octubre)	RLuri6	3	DBO ₅ , DQO, Coliformes Termotolerantes, E.coli
	RLuri7	3	Coliformes Termotolerantes, <i>E.coli</i>
	RLuri8	3	Coliformes Termotolerantes, <i>E.coli</i>
2021	RLuri4	3	pH
	RLuri5	3	<i>E.coli</i> , pH, Coliformes Termotolerantes
	RLuri6	3	pH
	RLuri7	3	Coliformes Termotolerantes, <i>E.Coli</i> , DBO ₅ , DQO
	RLuri8	3	Coliformes Termotolerantes, <i>E.Coli</i> , DBO ₅ , DQO

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2021. Informes Técnicos 2018, 2019, 2020, 2021.

Según la *Tabla 5* los parámetros DBO₅, DQO, Coliformes Termotolerantes y *E. coli*., sobrepasan los niveles establecidos en el ECA para Agua en el punto RLuri6 (50m antes de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay). Los resultados de los últimos monitoreos realizados demuestran que la contaminación por contaminantes orgánicos y biológicos son más recurrentes que los otros tipos de contaminantes.

III. Hipótesis y variables

3.1. Hipótesis General

La descarga de efluentes de la PTAR Manchay genera un potencial impacto negativo por la contaminación de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.

3.2. Hipótesis Específicas

- H1: Los niveles de concentración de surfactantes superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 3).
- H2: Existe una correlación $\geq 0,5$ entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR.
- H3: La descarga de efluentes de la PTAR afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín.

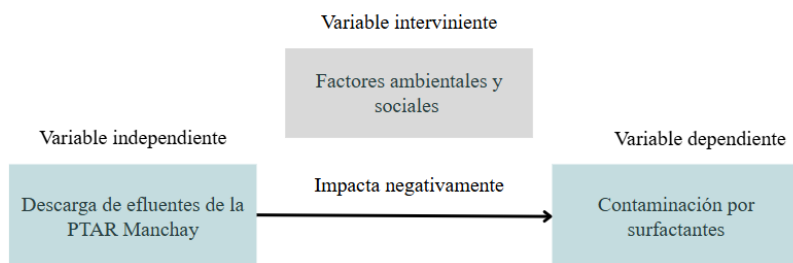
3.3. Identificación de variables

Variable Independiente General: Descarga de efluentes de la PTAR Manchay.

Variable Interviniente: Factores ambientales, sociales y tecnológicos.

Variable Dependiente General: Contaminación por surfactantes.

Figura 14: Relación de las variables generales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.4. Operacionalización de variables específicas

Hipótesis	Variables	Categorías	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
H1: Los niveles de concentración de surfactantes superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Cat.3).	Concentración de surfactantes.	Concentración por volumen	Cantidad de compuestos surfactantes y parámetros relacionados presente en el agua, expresada en miligramos por litro (mg/L).	Análisis en el laboratorio, mediante métodos de ensayos aprobados.	- Comparación de la concentración de surfactantes con el ECA Agua (Cat. 3)
	Estándares de Calidad Ambiental para Agua.	-Cumple con el ECA (Cat.3) Agua -No cumple con el ECA (Cat.3) Agua	Estándares vigentes que regulan los niveles de parámetros presentes en el agua.	Referencia de comparación para evaluar la calidad de agua respecto a algún parámetro.	
H2: Existe una correlación $r \geq 0,5$ entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR.	Distancia al punto de descarga	Distancia (m)	Distancia entre los puntos de muestreo en relación con el punto de descarga de los efluentes de la PTAR Manchay.	Medición de la distancia (m) entre los puntos de estudio.	- Coeficiente de correlación de Pearson (r) es mayor a 0,5.
	Concentración de surfactantes.	-Mayor concentración de surfactantes. -Menor concentración de surfactantes.	Cantidad de surfactantes presente en el agua, expresada en mg/L.	Determinación de la concentración de surfactantes en laboratorio de las muestras obtenidas antes y después de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay.	

H3: La descarga de efluentes de la PTAR afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín.	Descarga de efluentes de la PTAR	-	Es el vertimiento de aguas residuales que han pasado por procesos hasta niveles aceptables.	-	- Variación positiva (%) > 0 de los parámetros fisicoquímicos.
	Calidad ambiental del agua del río Lurín.	-Deterioro observado -Deterioro no observado	Conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas que determinan su capacidad para su uso en riego de vegetales y bebida de animales.	Variación positiva de los parámetros fisicoquímicos después de la descarga de efluentes.	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
Pg: ¿De qué manera impacta la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín?	Og: Evaluar el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.	Hg: La descarga de efluentes de la PTAR Manchay genera un potencial impacto negativo por la contaminación de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.	V. Independiente General: Descarga de efluentes de la PTAR Manchay. V. Interviniente: Factores ambientales y sociales. V. Dependiente: Contaminación por surfactantes.
P1: ¿Cuáles son los niveles de concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín?	O1: Evaluar los niveles de concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín.	H1: Los niveles de concentración de surfactantes superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Cat. 3).	V. Estudio 1: Concentración de surfactantes. V. Referencia: Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Cat. 3).
P2: ¿Qué relación existe entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR?	O2: Determinar la relación entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR.	H2: Existe una correlación $\geq 0,5$ entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR.	V. Independiente 2: Distancia al punto de descarga. V. Dependiente 2: Concentración de surfactantes.
P3: ¿Cómo afecta la descarga de efluentes de la PTAR a la calidad ambiental del agua del río Lurín?	O3: Analizar el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR sobre la calidad ambiental del agua del río Lurín.	H3: La descarga de efluentes de la PTAR afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín.	V. Independiente 3: Descarga de efluentes de la PTAR V. Dependiente 3: Calidad ambiental del agua del río Lurín.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo y diseño de investigación

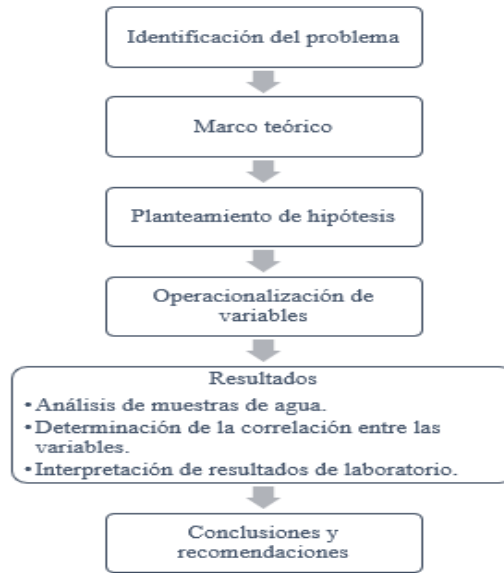
4.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva y correlación, según la metodología de investigación propuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2014). Es descriptiva porque identifica y describe la concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín, con base a los muestreos realizados en el río. Es de tipo correlacional debido a que se analiza la relación entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR, a su vez, se correlacionan parámetros de calidad ambiental del agua con los surfactantes.

4.1.2. Diseño de investigación

Según la metodología de investigación presentada por Hernández et al., 2014, el diseño de la presente investigación es de tipo no experimental debido a que no se interviene ni maneja las variables, solo se busca describirlas y explicarlas. El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se realizaron dos campañas de muestreo: época avenida y estiaje, con cuatro puntos de muestreo y se recolectaron muestras. Además, se empleó el método correlacional de Pearson, para analizar la variación de surfactantes ante la proximidad del punto de descarga de efluentes de la PTAR Manchay.

Figura 15: Esquema del desarrollo de la metodología



Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.2. Unidad de análisis

Los surfactantes identificados en las aguas del río Lurín, en la Cuenca Baja, por ser el objeto de interés con el cual se evaluaron las hipótesis.

4.3. Población de estudio

El alcance de la cobertura geográfica es Lima Metropolitana. La población en la presente investigación son las aguas de la Cuenca Baja del río Lurín.

Figura 16: Ubicación de la PTAR Manchay



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la *Figura 16*, se observa la PTAR, el cual se ubica en una zona urbana, rodeada de viviendas y de una estribación andina en Pachacámac, Lima.

Figura 17: Tramo del río Lurín a muestrear



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La *Figura 17* muestra el tramo del río Lurín donde se establecen los puntos de muestreo, se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 1,74 kilómetros de la PTAR Manchay.

4.4. Tamaño de Muestra

El tamaño de la muestra es el tramo delimitado (400 m), en 250m aguas abajo y 150m aguas arriba del punto de descarga (297971 E, 8652696 N) de la PTAR Manchay. El tiempo considerado es en época avenida y estiaje. Tomando como referencia el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, en adelante Protocolo; aprobado mediante la R.J N° 010-2016-ANA, fue necesario, tener (03) mediciones para la mayoría de los parámetros, exceptuando al parámetro fosfato y coliformes termotolerantes. En la *Tabla 6* se resume la distribución y el número de mediciones.

Tabla 6. Distribución de las mediciones.

Parámetro		Unidad	Punto de Muestreo			
			RLuri1	RLuri2	RLuri3	RLuri4
Parámetros in situ	pH	Unidad de pH	3	3	3	3
	Temperatura	°C	3	3	3	3
	Conductividad	μS/cm	3	3	3	3
	OD	mg/L	3	3	3	3
Parámetros de ensayo	Fosfatos	mg/L	1	-	-	1
	Surfactantes	mg/L	3	3	3	3
	DBO ₅	mg/L	3	3	3	3
	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1	-	-	1
	DQO	mg/L	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.5. Selección de Muestra

La selección de la muestra fue realizada de manera no probabilístico, por conveniencia debido a que se establecieron (04) en el tramo de estudio, de los cuales (02) se encontraban antes del punto de descarga de efluentes de la PTAR Manchay al río Lurín y (02) posterior a ello. Cada punto contó con sus respectivas ubicaciones mediante el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS-WGS 84) - 18S, como se encuentra en la *Tabla 7*.

Tabla 7. Descripción de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Descripción	Código	Coordenadas UTM WGS 84-zona 18S	
			ESTE	NORTE
Antes de la descarga	A 150 m antes de la descarga	RLuri1	298074.24	8652830.46
	A 100 m antes de la descarga	RLuri2	298043.96	8652792.51
Después de la descarga	A 200 m después de la descarga	RLuri3	297867.63	8652536.22
	A 250 m de la descarga	RLuri4	297834.62	8652500.65

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La codificación de los puntos se basó en el Protocolo. Los puntos se establecieron antes y después del punto de descarga de la PTAR Manchay. De esta manera, se georreferenció a los puntos mediante la herramienta Google Earth Pro en la *Figura 18*.

Figura 18: Puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.6. Técnicas de recolección de datos

Se empleó la muestra simple o puntual, según el Protocolo, debido a que se requería conocer la condición y características de la composición del agua en cada punto y tiempo establecido. De esta manera, se pudo obtener una visión detallada y precisa de la distribución espacial de los parámetros evaluados, proporcionando datos individuales como indica el ANA, 2016.

Equipos y materiales

Equipos de protección personal

- Casco.
- Zapatos de seguridad.
- Chaleco con cinta reflectante.
- Guantes de látex.
- Mascarillas

Materiales para la medición del caudal

- Cuerpo flotador.
- Yeso (500g).
- Wincha 50m.

Materiales para la toma de muestra

- Envases de polietileno y vidrio con sus etiquetas.
- (1) Cooler.
- Agua destilada 3L.
- Refrigerante ice pack.
- Reactivo Formaldehído al 40%.
- Papel secante.
- Fichas de Registro de Datos de Campo.
- Cadena de custodia
- Plumón indeleble.
- Jarra

Equipos

- Aplicación “Timestamp Camera”.
- Multiparámetro HACH, HQ40d.
- Cronómetro.

Procedimiento del muestreo

La recolección de muestras estuvo orientada conforme a lo dispuesto en el Protocolo, teniendo los siguientes puntos considerados.

1) Antes del muestreo

- Recursos: En cuanto a los recursos humanos, según el Protocolo, fue necesario contar con al menos (02) personas. Las personas encargadas de la toma de muestra fueron la asesora y la autora de la presente investigación.
- Parámetros muestreados: Los parámetros in situ fueron pH, temperatura, conductividad y OD. Los parámetros de ensayo fueron fosfatos, surfactantes, DBO, DQO y coliformes termotolerantes.
- Frecuencia: El 20/10/2024 correspondió a un muestreo preliminar. La toma de muestra en la presente investigación fueron en época avenida el 07/02/2025 y en época estiaje 23/05/2025.
- La recolección de las muestras se realizó en recipientes adecuados para cada parámetro. La *Tabla 8* contiene información sobre las condiciones de conservación de cada parámetro.

Tabla 8. Parámetros y condiciones de conservación de las muestras

Parámetro	Tipo de recipiente	Condiciones de preservación y almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
pH	-	Analizar preferentemente in situ.	Inmediato
Temperatura	-	Analizar preferentemente in situ.	Inmediato
Conductividad	-	Analizar preferentemente in situ.	Inmediato
Oxígeno Disuelto	Plástico	Analizar preferentemente in situ.	Inmediatamente
Fosfatos	PFA o FEP	Congelar por debajo de -18°C	6 meses
Detergentes	Vidrio	Agregar solución de formaldehído	4 días
DBO	Plástico	Congelar por debajo de -18°C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
DQO	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Coliformes Termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Almacenar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad.	24 horas

Fuente: Protocolo de Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, R.J.

010-2016-ANA.

2) Durante el muestreo

- Reconocimiento del entorno: Se verificó que el acceso a los puntos de muestreo fuera accesible y que no representen ningún riesgo.

- Rotulado y etiquetado: Los recipientes fueron rotulados con etiquetas autoadhesivas donde se colocó información sobre si fue preservado y/o filtrado, el lugar, la fecha, la hora y el punto de muestreo al cual pertenecía.
- Georreferenciación: Los puntos de muestreo fueron georreferenciados mediante la aplicación Timestamp Camera, que contó con GPS e información sobre la fecha, hora, localidad y altura.
- Medición del caudal: Se aplicó el método del flotador debido a la poca variación del área de la sección transversal y accesibilidad para utilizar el método sin inconvenientes. Se utilizó un cuerpo flotador para medir la velocidad mediante en una distancia de 30 m , tomando en cuenta el tiempo que demoró en pasar dicha distancia. El ancho y las profundidades en tres puntos fueron medidos para determinar el área transversal del río. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$A = hp \times a$$

A: área transversal del río, hp: profundidad promedio, a: ancho del río

$$V = \frac{d}{tp}$$

V: velocidad, d: distancia, tp: tiempo promedio

$$Q = A \times V \times F$$

Q: caudal en m³/s, vm: velocidad del cuerpo flotador (m/s)

F: factor de corrección. Según la forma serpenteada moderada del río es 0.6.

- Toma de muestra: Se inició con el punto RLuri1 hasta el punto RLuri4, debido a la dirección del flujo de agua que viene de la naciente del río hasta su desembocadura. Los parámetros in situ fueron medidos directamente en el tramo de estudio mediante el multiparámetro Hach HQ40d.

- QA/QC: La preservación de las muestras se realizaron según lo establecido en el Protocolo, en el caso de los surfactantes fue necesario el reactivo formaldehído al 40% y el empleo de refrigerantes ice pack para mantener la temperatura adecuada.
- Seguridad de campo: Los participantes en el muestreo utilizaron el Equipo de Protección Personal (EPP) como guantes de nitrilo, mascarilla y chaleco. Para garantizar la seguridad, los puntos seleccionados contaron con accesos adecuados (con el mínimo riesgo) y la toma de muestra respetó las medidas de seguridad y recomendaciones establecidas en el Protocolo.

3) Después del muestreo

- Se inició con la preservación inmediata, almacenamiento y conservación de las muestras en el cooler con los ice pack según el Protocolo.
- Registro de información: Se completó el registro de información en la Cadena de Custodia proporcionada por el laboratorio acreditado por INACAL.
- Análisis de los parámetros: Las muestras fueron analizadas mediante métodos de ensayos aprobados siguiendo el protocolo de bioseguridad en los laboratorios.

4.7. Análisis e interpretación de la información

En la *Tabla 9* se encuentran los métodos de ensayo empleados para el análisis de los parámetros evaluados, así como el volumen de muestra mínimo para su cuantificación.

Tabla 9. Métodos de ensayo

Parámetro	Método de ensayo	Volumen de muestra (mL)
Aniones (fosfatos)	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016.	60
Num. Colif. Fec.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. (Incluye Muestreo).2023.Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	250
Surfactantes	ISO 16265; 1st.Ed: 2009. Water quality - Determination of the Methylene blue active substances (MBAS) index -- Method using continuous flow analysis (CFA)	120
DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed., 2023.	1000
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th., 2023.	1000

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El multiparámetro Hach HQ40d se usó para medir los parámetros insitu como pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad eléctrica, el cual cuenta con su certificado de calibración OHLTH-360-2023.

El análisis de la información se ejecutó en base a los resultados obtenidos en campo y de los ensayos realizados en laboratorio. Los datos fueron transformados en gráficos de barras y

comparados con los ECA Agua (Categoría 3). A continuación, se visualiza la *Tabla 10*, que resume los parámetros evaluados, el cual corresponde a la Cuenca Baja del río Lurín.

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos evaluados de acuerdo al ECA agua -Categoría 3

Tipo de parámetro	Parámetro	Unidad	Estándar
Parámetros in situ	pH	Unidad de pH	6.5-8.4
	Temperatura	°C	Δ 3
	Conductividad	μS/cm	2500
	Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4
Parámetros de ensayo	Surfactantes	mg/L	0,2
	DBO ₅	mg/L	15
	DQO	mg/L	40
	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000

Fuente: MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para el Agua, 2017.

Luego se determinó el Coeficiente de Correlación de Pearson, entre la “concentración de surfactantes” y “distancia al punto de descarga de los efluentes de la PTAR” con significancia t Pearson, mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), a fin de determinar el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la concentración de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín. Asimismo, se determinaron los coeficientes de correlación entre los surfactantes y los parámetros DBO₅, DQO, OD y conductividad eléctrica, para conocer el nivel de relación que tienen.

Tabla 11. Resultados posibles del Coeficiente de Correlación de Pearson

Rango de valores r xy	Interpretación
$0.00 \leq r_{xy} < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r_{xy} < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r_{xy} < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r_{xy} < 1.00$	Correlación fuerte

Fuente: Hernández *et al.*, 2018.

La evaluación del impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay hacia la calidad ambiental del agua del río Lurín se realizó mediante la determinación de la variación (%) de la concentración de los parámetros de estudios antes y después de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay. Para ello, se calculó el promedio de concentración de cada parámetro en los puntos RLuri1 y RLuri2, para hallar la variación de la concentración de los mismos parámetros en los puntos RLuri3 y RLuri4. Para ello se empleó la siguiente ecuación.

$$Vi = \frac{(Cp - Ci)}{Ci} * 100\%$$

Vi: Porcentaje de incremento de la concentración del parámetro.

Ci: Concentración promedio del parámetro antes del punto de descarga.

Cp= Concentración de los parámetros después del punto de descarga.

De igual modo, se utilizaron fuentes secundarias provistas por el ANA, PTAR Manchay, SUNASS, entre otros.

Como parte de la recolección de información primaria, se llevaron a cabo visitas de campo, registro fotográfico, medición de parámetros en la zona de estudio de acuerdo al ECA de agua (Cat. 3-D1), siguiendo la metodología establecida en el Protocolo y aplicando el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la correlación de variables.

V. RESULTADOS

5.1. Reconocimiento de campo

Durante las visitas realizadas se observó la presencia de lentejas de agua y personas que realizaban actividades inadecuadas como acumular y quema residuos sólidos, cocinar con leña, cruzar dentro del cauce del río. A continuación, la *Figura 19* y *Figura 20*, evidencian lo mencionado.

Figura 19: Acumulación de residuos



Figura 20: Quema de residuos



En la *Tabla 12* se tienen los resultados del muestreo preliminar, el cual indicó la condición base de la calidad del agua del área estudiada.

Tabla 12. Resultados del muestreo preliminar

Parámetro	ECA (Cat. 3)	RLuri1	RLuri2	RLuri3	RLuri4
pH	6,5 – 8,5	9,11	7,3	8,11	8,28
Temperatura (°C)	Δ 3	22,1	22,9	22,4	20,8
Conductividad (μS/cm)	2500	710	753	767	769
OD (mg/L)	4	9,9	6,7	8,27	9,04
Fosfatos (mg/L)	0,05	<0.038	-	-	<0.038
Surfactantes (mg/L)	0,02	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
DBO ₅ (mg/L)	15	13,74	10,89	11,58	12,05
DQO (mg/L)	40	51,62	33,72	31,75	37,54
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1000	49	-	-	1100

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Potencial de hidrógeno: Los valores de pH se mantuvieron dentro de lo establecido por el ECA, a excepción del punto RLuri1. Esto muestra de manera general que no existe condición de acidez ni alcalinidad en la zona de estudio.

Temperatura: No se registraron variaciones de temperatura iguales o superiores a 3°C en los cuatro puntos de muestreo, cumpliendo así con lo estipulado en el ECA.

Conductividad: Los valores de conductividad en los cuatro puntos de muestreo se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en el ECA cat. 3. Los resultados presumen baja presencia de sales disueltas.

Oxígeno disuelto: Las concentraciones en los puntos RLuri1, RLuri2, RLuri3 y RLuri4 sobrepasaron lo establecido en el ECA cat.3.

Fosfatos: Con base en los resultados se tiene que las concentraciones en el punto RLuri1 y RLuri4 están muy por debajo del ECA cat. 3, por ello se decidió no volver a analizar este parámetro debido a su baja significancia.

Surfactantes: Las concentraciones de los surfactantes muestran la existencia de estos en el río, aunque en bajas concentraciones. Dado que este es el objeto de estudio, se decidió proceder con su análisis en las posteriores campañas.

DBO₅: Las concentraciones no excedieron los límites del ECA cat. 3 en ninguno de los puntos, aunque tienen valores próximos. Estos resultados indican significancia para el estudio, por ello se decidió continuar con su análisis.

DQO: Las concentraciones superan los niveles del ECA cat. 3 en los puntos RLuri1, RLuri2, RLuri3 y RLuri4. Estos valores indican significancia para el estudio, por ello se decidió continuar con su análisis posterior.

Coliformes Termotolerantes: Las concentraciones de coliformes termotolerantes indicaron una presencia casi nula de microorganismos en el punto RLuri1, mientras que en el punto RLuri4, presenta un alto nivel de microorganismos, superando lo establecido en el ECA cat. 3. Debido a la finalidad del estudio, solo fue necesario realizar este análisis una vez, debido a que solo se buscó tener una referencia de los parámetros biológicos.

5.2. Análisis de los parámetros

Caudal

El cálculo del caudal fue realizado mediante el método del flotador, para ello se tomó una distancia de 30m, donde el cuerpo flotador pasó por dicha distancia dando un tiempo promedio y con ello una velocidad. Con el dato de la profundidad y ancho del río se determinó el área transversal del río en m². Posteriormente, se multiplicaron la velocidad, el área y el factor de corrección 0,6, el cual corresponde a la forma serpenteada moderada del río Lurín. En la *Tabla 13* se encuentran los caudales calculados en ambas épocas.

Tabla 13. Estimación del caudal

Época	Caudal (m ³ /s)
Época estiaje	0,08
Época avenida	4,59

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se llevaron a cabo ensayos utilizando concentración 100:300, cada botella correspondiente a un punto de muestreo. Se midieron los niveles de OD iniciales, luego las botellas se colocaron en una incubadora a una temperatura de 20°C y en oscuridad por 5 días. Al finalizar este

periodo, se midió el contenido final de OD. En la *Tabla 14* se muestran las concentraciones de DBO₅ (mg/L) para la época estiaje y avenida.

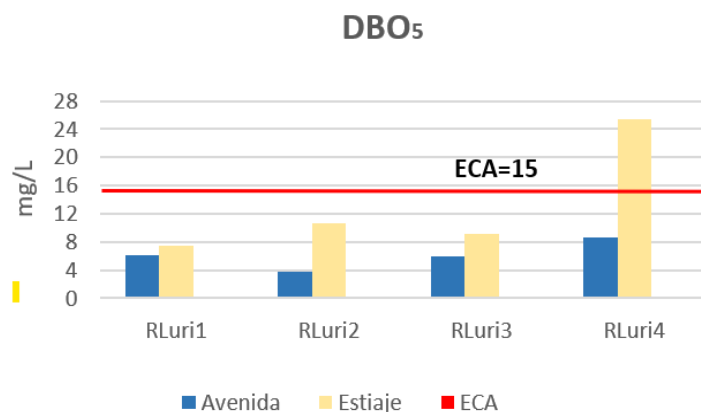
Tabla 14. Concentración de DBO₅ (mg/L)

Punto	E. Avenida	E. Estiaje
RLuri1	6,18	7,44
RLuri2	3,78	10,68
RLuri3	5,97	9,06
RLuri4	8,70	25,49

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El *Gráfico 1* visualiza los valores de DBO₅ comparados al ECA (Cat. 3).

Gráfico 1. Concentración de DBO₅



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores obtenidos en la época avenida no sobrepasaron en ningún punto de muestreo el valor de 15 mg/L establecido en el ECA cat. 3. El valor máximo registrado fue de 8,70 mg/L en el punto RLuri4, seguido por 6,18 mg/L en RLuri1. En la época estiaje, excedió el valor del ECA en el punto RLuri4 con 25,49 mg/L.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En un vial se introdujo 0,5 mL de muestra de agua y 1,5 mL de agua destilada, luego se adiciono 1,5 mL de solución digestora compuesta por HgSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y H_2SO_4 , y 3,5 mL de reactivo sulfúrico. Seguidamente se digestó a 150°C durante 2 horas. Después se dejó enfriar a temperatura ambiente y se midió la absorbancia de la muestra a $\lambda = 600 \text{ nm}$ en el espectrofotómetro UV-vis. En la *Tabla 15* se presentan los valores de DQO (mg/L), en la época avenida y estiaje.

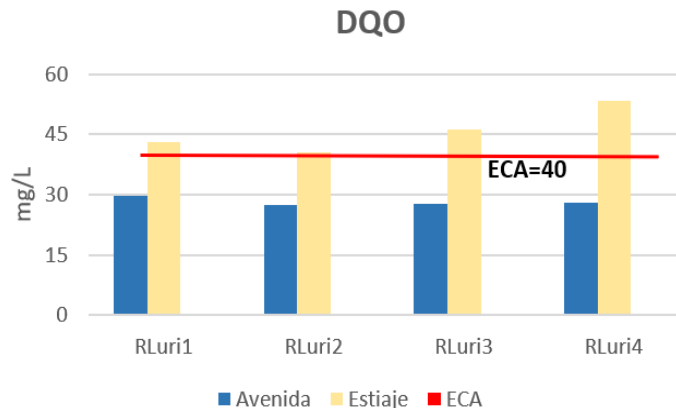
Tabla 15. Concentración de DQO (mg/L)

	E. Avenida	E. Estiaje
RLuri1	29,83	43,00
RLuri2	27,50	40,67
RLuri3	27,67	46,33
RLuri4	28,00	53,50

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el *Gráfico 2* se ilustran las concentraciones del parámetro DQO comparadas al ECA 3 Cat. 3.

Gráfico 2. Concentración de DQO



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores encontrados en la época estiaje para los puntos de muestreo RLuri1, RLuri2, RLuri3 y RLuri4 excedieron el valor de 40 mg/L establecido en el ECA cat. 3, siendo el máximo de 53,30 mg/L en RLuri4, seguido de 46,33 mg/L en RLuri3. En la época avenida, en ninguno de los puntos de muestreo se superó al ECA cat. 3; sin embargo, los valores máximos fueron de 29,83 mg/L en RLuri1 y 28 mg/L en RLuri4.

Surfactantes

En un embudo de separación se mezclaron 100 mL de muestra con 200 mL de agua destilada, ajustando el pH alcalino. Se añadió agua oxigenada al 4% y se agitó para evitar la decoloración. Luego, se incorporaron 25 mL de reactivo de azul de metileno y 25 mL de cloroformo, se agitó y se separó la fase orgánica (cloroformo). Se realizaron dos extracciones sucesivas. Posteriormente, se añadió una solución de lavado, se agitó y se volvió a separar la fase orgánica, que se filtró en un balón aforado, completando el volumen con cloroformo. Finalmente se midió la absorbancia de la muestra a $\lambda=652$ nm en el espectrofotómetro UV-vis. La *Tabla 16* se encuentra las concentraciones de los surfactantes (mg/L) en la época avenida y estiaje.

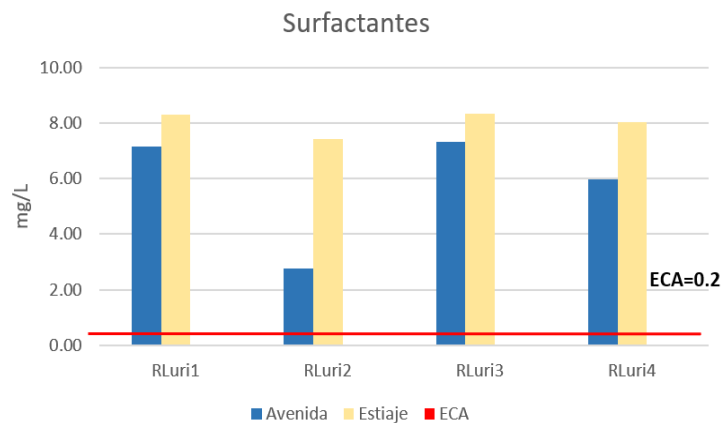
Tabla 16. Concentración de surfactantes (mg/L)

	E. Avenida	E. Estiaje
RLuri1	7,14	8,30
RLuri2	2,75	7,42
RLuri3	7,31	8,33
RLuri4	5,99	8,02

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el *Gráfico 3* se visualizan los valores conseguidos, y su comparación con el ECA cat.3.

Gráfico 3. Concentración de surfactantes

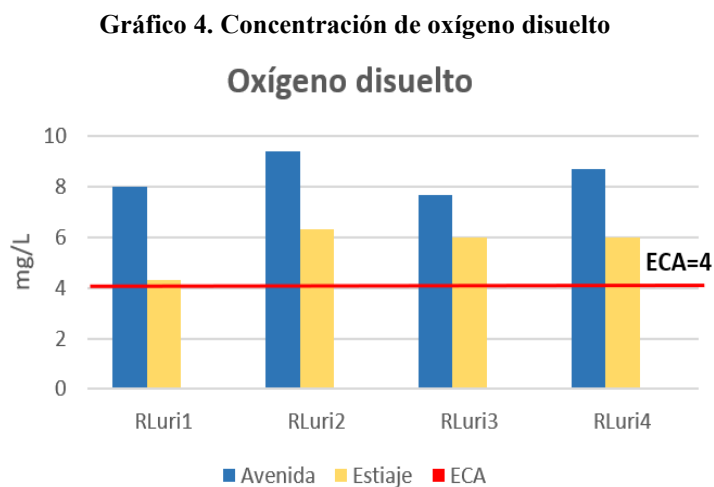


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores encontrados en la época avenida sobrepasaron al valor de 0,2 mg/L establecido en el ECA cat. 3, en todos los puntos de muestreo RLuri1, RLuri2, RLuri3 y RLuri4, siendo el máximo valor de 7,31 mg/L en RLuri3. En la época estiaje, se excedieron los valores del ECA en todos los puntos de muestreo, con mayores concentraciones en RLuri3 con 8,33 mg/L y RLuri1 con 8,30 mg/L.

Oxígeno Disuelto, OD

El parámetro fue medido de manera in situ. En el *Gráfico 4* se encuentran sus valores comparados con el ECA Cat. 3.



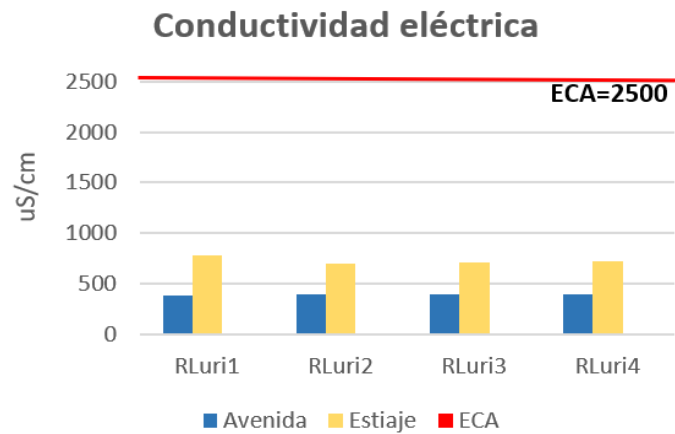
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores encontrados en la época avenida sobrepasaron al valor de 4 mg/L establecido en el ECA cat. 3, con los valores máximos se encontraron en RLuri2 con 9,43 mg/L y en RLuri4 con 8,71 mg/L. De igual modo, en la época estiaje en todos los puntos de muestreo se excedió el ECA cat. 3, siendo los mayores valores 6,31 mg/L en RLuri2 y 6,01 mg/L en RLuri4.

Conductividad eléctrica, CE

El parámetro fue medido de manera in situ. En el *Gráfico 5* se encuentran los valores obtenidos comparados al ECA Cat. 3.

Gráfico 5. Concentración de conductividad eléctrica



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores encontrados en la época avenida y estiaje no excedieron al valor de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido en el ECA en ninguno de los puntos de muestreo. En la época estiaje, los máximos valores registrados fueron de 779,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RLuri1 y 721,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RLuri4; en la época avenida, de 391,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RLuri2 y RLuri4.

De manera resumida en la *Tabla 17* se incluyen todos los resultados obtenidos en la época de avenida y estiaje.

Tabla 17. Resultados de los análisis en época avenida y estiaje

Parámetro	ECA	RLuri1		RLuri2		RLuri3		RLuri4	
	(Cat.3)	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
pH	6,5 – 8,5	6,91	7,98	6,97	7,79	7,03	7,85	7,02	7,84
Temperatura (°C)	Δ 3	20,6	20,3	20,6	20,3	20,7	20,3	20,7	20,3
Conductividad (μS/cm)	2500	388,0	779,6	391,0	701,0	390,0	704,4	391,0	721,5
OD (mg/L)	4	8,03	4,30	9,43	6,31	7,68	5,99	8,71	6,01
Surfactantes (mg/L)	0,2	7,14	8,30	2,75	7,42	7,31	8,33	5,99	8,02
DBO ₅ (mg/L)	15	6,18	7,44	3,78	10,68	5,97	9,06	8,70	25,54
DQO (mg/L)	40	29,83	43,00	27,50	40,67	27,67	46,33	28,00	53,50

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los valores que se encuentran sombreados de gris oscuro son aquellas concentraciones que sobrepasaron lo establecido en el ECA Cat.3. Se encontró que los surfactantes superaron el ECA en todos los puntos muestreados con un 100%. Asimismo, se encontró que la mayoría de los parámetros relacionados a los surfactantes superaron lo establecido en el ECA Cat. 3.

5.3. Análisis correlacional

El análisis correlacional permite entender la relación entre dos variables. En el presente estudio, se presenta en la *Tabla 18* la relación de la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de la PTAR (distancia), mediante el coeficiente de correlación de Pearson, junto con su interpretación según Hernández *et al.*, 2018.

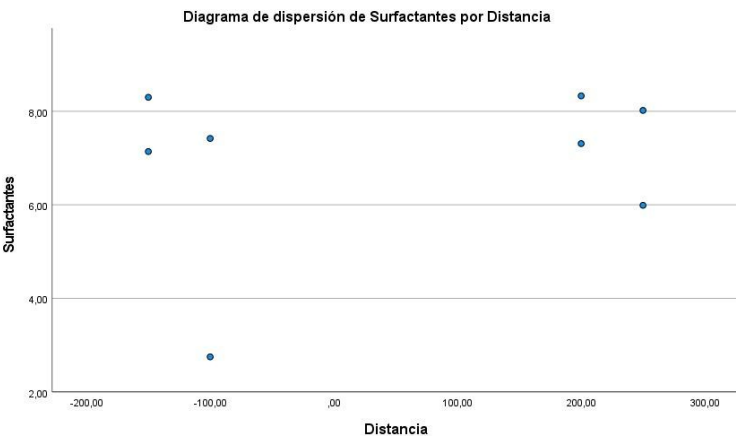
Tabla 18. Correlación de surfactantes y la distancia

Parámetros	Correlación de Pearson (r)	Significancia t Pearson (p-valor)	Interpretación
Distancia	0,22	0,60	Correlación débil

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el *Gráfico 6*, se presenta el diagrama de dispersión, donde la concentración de los surfactantes no muestra una tendencia evidente que se pueda asociar directamente con la distancia debido a que los datos parecen estar dispersos y no siguen un patrón lineal claro.

Gráfico 6. Diagrama de dispersión: surfactantes con la distancia



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 19. Correlación de surfactantes y parámetros de calidad ambiental del agua

Parámetros	Correlación de	Significancia t	Interpretación
	Pearson (r)	Pearson (p-valor)	
DBO_s	0,43	0,29	Correlación moderada
DQO	0,64	0,09	Correlación fuerte
OD	-0,81	0,01	Correlación fuerte
CE	0,65	0,09	Correlación fuerte

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con base en los datos de la *Tabla 18* y *Tabla 19*, se observa que la significancia es superior a $p > 0.05$, lo que sugiere que los resultados son marginalmente significativos. Sin embargo, en términos generales, no se consideran estadísticamente significativos al nivel del 5%.

5.4. Impacto de la descarga de efluentes al río Lurín

Se determinó la concentración promedio inicial (C_i) que corresponde a los valores obtenidos en los puntos RLuri1 y RLuri2 para la época avenida y estiaje. De igual modo, se calculó la concentración promedio (C_p), que corresponde al promedio de los valores de RLuri3 y RLuri4 para ambas épocas. Para evaluar la variación de cada parámetro en relación con los puntos de muestreos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vi = \frac{(Cp - Ci)}{Ci} * 100\%$$

En la *Tabla 20* se encuentran los resultados de la variación de concentración de los surfactantes en los puntos RLuri3 (200 m después del punto de descarga) y RLuri4 (250 m después del punto de descarga).

Tabla 20. Variación de la concentración de surfactantes

Parámetro	Ci	RLuri3 (200 m)		RLuri4 (250 m)	
		Cp	Vi	Cp	Vi
Surfactantes	6,40	7,82	+22%	7,00	+9%

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La variación en la concentración de los surfactantes evidencia un aumento que va desde el 9% en RLuri3, y de 22% en RLuri4.

Tabla 21. Variación de parámetros relacionados a los surfactantes

Parámetros	Ci	RLuri3 (200 m)		RLuri4 (250 m)	
		Cp	Vi	Cp	Vi
DBO ₅	7,02	7,52	+7%	17,10	+144%
DQO	35,25	37,00	+5%	40,75	+16%
Surfactantes	6,40	7,82	+22%	7,00	+9%
OD	7,02	6,84	-3%	7,36	+5%
CE	564,9	547,2	-3%	556,3	-2%

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la mayoría de los parámetros se evidenció un incremento en la concentración en más del 5% tras pasar por el punto de descarga; sin embargo, en el caso del oxígeno disuelto su concentración disminuye después de la descarga en RLuri3, y en la conductividad eléctrica la concentración disminuye en RLuri3 y RLuri4.

De esta manera, se logró identificar que la descarga de efluentes de la PTAR Manchay afectada a la calidad ambiental del agua del río Lurín, dentro de la delimitación de 400 m y marco temporal establecido (2025), como se evidencia en la *Tabla 22*.

Tabla 22. Tipo de impacto según parámetro analizado

Parámetro	Tipo de impacto	Impacto general
Surfactantes	Negativo	Impacto negativo en la calidad ambiental del agua del río Lurín.
DBO ₅	Negativo	
DQO	Negativo	
OD	Negativo	
CE	Positivo	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El muestreo preliminar fue fundamental para evaluar la calidad ambiental del río y para determinar los parámetros a ser analizados en las posteriores campañas (avenida y estiaje). Los fosfatos no fueron reevaluados, ya que sus concentraciones en el muestreo fueron considerados no significativos. Los coliformes termotolerantes presentaron significancia, pero no fueron medidos nuevamente porque no existía una relación directa con los surfactantes. De esta manera, ambos parámetros se encuentran limitados para el alcance de la presente investigación.
- En el caso de los surfactantes, no se dispone de mediciones históricas, ya que solo se cuenta con algunos muestreos de detergentes que se mantuvieron dentro de los estándares de calidad vigentes. Sin embargo, los resultados indican que la concentración de surfactantes supera los ECA Agua (0,2 mg/L), con valores entre 2,75 mg/L a 8,33 mg/L, cumpliéndose así con lo descrito en la H1. En términos generales, 8 de 8 mediciones sobrepasaron al ECA, y se encuentran dentro del rango de 1 a 10 mg/L para aguas residuales domésticas, como manifestó Badmus *et al.*, 2021. Este resultado coincide con lo indicado por De la Cruz, 2013, quien manifiesta que muchas veces los efluentes de Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales actúan como fuentes de contaminación de contaminantes emergentes. Los métodos de ensayos empleados en el estudio son válidos, aunque existe un grado de incertidumbre respecto a su exactitud, dado que se realizó únicamente un muestreo preliminar y dos campañas.

- Se determinó que la correlación entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de la PTAR es de 0,22, lo que indica que el aumento de los niveles de surfactantes en el río Lurín no se encuentra correlacionadas de manera moderada o fuerte; sin embargo, se demostró que existe una correlación positiva. No se demostró que la H2 fuera cierta; no obstante, es importante señalar que el número de muestras limita esta conclusión, ya que con una mayor cantidad de datos podría evidenciarse de manera más clara la relación entre las variables. Adicionalmente, los coeficientes de correlación moderada a fuerte del DBO₅ y DQO muestran que los surfactantes aumentan la concentración de contaminantes orgánicos, dado a su naturaleza orgánica. Para los parámetros físicoquímicos, en el caso del oxígeno disuelto el coeficiente de correlación es fuerte pero negativo, lo cual indica que los surfactantes disminuyen la cantidad del oxígeno disuelto y aumentan la conductividad eléctrica en el agua; tal y como manifiesta Choque *et al.*, 2020. La precisión estadística ($p < 0,05$) obtenida a través de la prueba de significancia t de Pearson aparece como una limitación debido a que la mayoría de las correlaciones no resultaron estadísticamente significativas, aunque esto no invalida los hallazgos del presente estudio.
- La variación de la concentración de surfactantes fue positiva, con valores entre 9% a 22% de incremento tras el punto de descarga de los efluentes de la PTAR. Los otros parámetros físicoquímicos aumentaron entre un 5% y 144%, coincidiendo con los hallazgos de los informes de monitoreo del ANA realizados en el punto RLuri6 (50m antes de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay), debido a que el ANA indica que la contaminación por contaminantes orgánicos y biológicos resultan más recurrentes que los otros tipos de contaminantes. Estos resultados indican que la

descarga de efluentes de la PTAR afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín, demostrándose la H3; lo cual coincide con lo manifestado por Mauricio (2018), quien demostró que el vertimiento de una PTAR genera contaminación en el río Lurín. Cabe mencionar que, los resultados solo muestran la influencia o impacto, mas no se puede concluir que es la única causa de la calidad ambiental del río, debido a que en el reconocimiento de campo se encontraron diferentes actividades que la población realiza y que pueden estar relacionados al origen de la contaminación. Además, se pudo visualizar canales que derivan parte del caudal del río para uso agrícola, lo reduce el caudal y con ello a la capacidad de dilución del río, como indicó Pasapera (2019).

- De manera general, el estudio demostró que la descarga de efluentes de la PTAR Manchay genera un potencial impacto negativo por la contaminación de surfactantes en la cuenca baja del río, cumpliéndose lo descrito en la hipótesis general (Hg), debido a que este parámetro se ve estrechamente relacionado con otros parámetros como DBO5, DQO, OD, CE, como lo demostró Choque et al, 2020. El número de muestras aparece como una limitación del estudio, debido a que no es una cantidad suficientemente representativa; no obstante, el objetivo del estudio fue medir la variabilidad de los surfactantes a lo largo de un año, no analizar su variación a lo largo de un periodo extenso.
- Según Badmus *et al.*, 2021, los surfactantes son considerados como uno de los contaminantes emergentes más difíciles de manejar, debido a que son liberados de manera continua al medio ambiente. En el río Lurín, ocurren descargas de efluentes municipales y descargas directas provenientes de actividades como lavar ropa, limpiar, uso de agroquímicos, entre otros. La acumulación de surfactantes lleva al

aumento de espuma, lo que puede provocar una disminución de oxígeno disponible en el agua, afectando negativamente la vida acuática. Adicionalmente, pueden interferir con las comunidades microbianas naturales y aumentar la solubilidad de los contaminantes. Por ejemplo, el ácido nitrilotriacético (NTA), presente en numerosos detergentes, es una fuente significativa de agentes complejantes que forman complejos estables de tipo quelato con cationes metálicos.

VII. CONCLUSIONES

- El reconocimiento de campo identificó el área de estudio como una zona urbana en crecimiento, con actividades económicas diversas como agricultura, crianza de animales, servicios de restaurantes, fábricas de comida para animales, entre otros. Se observó la presencia de actividades generadoras de contaminación, como la acumulación y quema de residuos sólidos, extracción de sedimentos y uso recreativo del agua en un río categorizada para riego de vegetales y bebida de animales. El muestreo preliminar realizado fue diseñado para evaluar la calidad base del agua del río, enfocado en parámetros relacionados a los surfactantes y a la calidad ambiental del agua.
- La evaluación de los niveles de concentración de surfactantes se llevó a cabo mediante la recolección de muestras en cuatro puntos de muestreo (RLuri1, RLuri2, RLuri3 y RLuri4) en la época avenida y estiaje, seguida de los análisis en laboratorio. Los resultados indicaron que la concentración de surfactantes excedió el valor establecido en el ECA Agua (0,2 mg/L), con valores entre 2,75 mg/L a 8,33 mg/L, sobrepasando así en un 100% a lo establecido.
- Se determinó la relación entre la concentración de surfactantes y la distancia al punto de descarga de efluentes de la PTAR, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Se encontró que existe una correlación $r=0,22$ entre ambas variables, por lo que el aumento de surfactantes en el río Lurín no está estrechamente relacionado con la proximidad al punto de descarga del efluente de la PTAR Manchay; pero sí existe una relación directa o positiva. Por otro lado, se observó una correlación moderada a

fuerte entre surfactantes y los parámetros DBO₅, DQO, conductividad eléctrica (relaciones directas), y una relación inversa con el oxígeno disuelto.

- El estudio evaluó el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín, mediante la determinación de la variación en la concentración de surfactantes antes y después de la descarga de efluentes de la PTAR, mostrando un incremento de más del 9% y los otros parámetros aumentaron entre un 5% y 144% tras la descarga. De este modo, se tiene que la descarga afecta de manera negativa la calidad ambiental del agua del río Lurín; sin embargo, es esencial considerar otras prácticas humanas observadas descritas en el reconocimiento de campo, porque también contribuyen a dicho impacto.
- El estudio evaluó el impacto de la descarga de efluentes de la PTAR Manchay en la contaminación por surfactantes en la cuenca baja del río Lurín, considerando las correlaciones moderadas a fuertes de los surfactantes DBO₅, DQO y oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y los incrementos de las concentraciones de estos, se concluye que la descarga de efluentes de la PTAR genera un potencial impacto negativo por la contaminación de surfactantes en la cuenca baja del río Lurín. Estos resultados enfatizan la preocupación por los surfactantes como contaminantes emergentes en cuerpos de agua, dada su capacidad de actuar como disruptores endocrinos y otros efectos adversos en la salud humana y ambiental.

- En resumen, el estudio contribuye a reducir la brecha de investigación sobre contaminantes emergentes, específicamente de surfactantes, en Perú, evidenciando el impacto negativo de las descargas de efluentes en el ambiente. Los resultados subrayan la importancia de continuar los estudios en otras matrices ambientales y la necesidad de implementar regulaciones más estrictas y específicas para los surfactantes, incluyendo su inclusión en los Límites Máximos Permisibles para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, e industriales. Además, se destaca la adopción de medidas más eficientes en los sistemas de tratamiento de aguas para mejorar la degradación o remoción de surfactantes y otros contaminantes emergentes, mejorando así la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas, entre otros.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere contar con un número más representativo de muestras para tener resultados estadísticamente significativos y así, conocer la variación en las concentraciones de surfactantes a lo largo del río Lurín y en otros cuerpos hídricos. Del mismo modo, es aconsejable realizar estos análisis con una mayor frecuencia para monitorear estos cambios temporales en la calidad del agua.
- Es pertinente continuar con investigaciones relacionadas con la contaminación por surfactantes y otros contaminantes emergentes en diferentes cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas, mar, entre otros. Asimismo, se recomienda ampliar la investigación en otras matrices ambientales, como suelo, agua subterránea, e incluir análisis de ecotoxicidad en la biota para evaluar el impacto en los ecosistemas.
- Es importante continuar con investigaciones sobre la efectividad en la remoción o degradación de surfactantes y otros contaminantes emergentes en las PTAR domésticas, municipales y no domésticas. Esto permitirá proponer mejoras en los sistemas de tratamiento antes que estos contaminantes sean vertidos al ambiente. La literatura indica la presencia de estos contaminantes incluso en las aguas tratadas por Plantas de Tratamiento de Aguas Potables, por ello se recomienda realizar investigaciones similares en estas instalaciones y que SUNASS pueda considerar las limitaciones actuales de las plantas a nivel nacional.

- Se debe profundizar en la investigación sobre la contaminación de otros tipos de contaminantes emergentes, como productos farmacéuticos, aditivos industriales, plastificantes y plaguicidas. La promoción de estas investigaciones debería ser impulsada por las universidades a nivel nacional, centros de investigación como CONCYTEC, y entidades competentes como la ANA y el MINAM, a fin de comprender los efectos en la salud pública y el ambiente.
- Se recomienda a la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM actualizar los valores límite de surfactantes en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Asimismo, se sugiere coordinar con el Ministerio de Vivienda y Saneamiento la inclusión de este parámetro dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, con el objetivo de garantizar una protección adecuada de los recursos hídricos frente a este tipo de contaminación.
- Se recomienda que los ingenieros ambientales ejerzan un rol fundamental en la ejecución de estudios sobre contaminantes emergentes, con el propósito de aportar de manera significativa desde la investigación hacia soluciones viables frente a los desafíos actuales que enfrentan los ecosistemas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andina. (24 de octubre del 2023). *Exportaciones de artículos de limpieza crecen 18.1% en periodo enero-agosto 2023*. <https://andina.pe/agencia/noticia-exportaciones-articulos-limpieza-crecen-181-periodo-eneroagosto-2023-960333.aspx>

Arora, U., Khuntia, H.K., Chanakya, H.N., *et al.* (2023). Surfactants: combating the fate, impact, and aftermath of their release in the environment. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 20, 11551–11574. Recuperada en <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04549-2>

Autoridad Nacional del Agua-Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza. (2015). Informe de identificación de fuentes contaminantes en la Cuenca del río Lurín (Informe Técnico N° 001-2016-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/CLLC).

Autoridad Nacional del Agua-Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza. (2016). Informe Técnico de Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua en la Cuenca del río Lurín (Informe Técnico N° 127-2016-ANA-AAA.CF /SDGCRH).

Autoridad Local de Agua Chillón Rimac Lurín-Autoridad Nacional del Agua. (2018). Informe Técnico de Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua en la Cuenca del río Lurín (Informe Técnico N° 210-2018-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/CLLC).

Autoridad Local de Agua Chillón Rimac Lurín-Autoridad Nacional del Agua. (2019). Informe Técnico de Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua en la Cuenca del río Lurín (Informe Técnico N° 033-2019-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/CRPO).

Autoridad Nacional del Agua. (2020). VI Monitoreo de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Unidad Hidrográfica Lurín 1375534 (Informe Técnico N° 242-2020-ANA-AAA.CF-AT/AFP).

Autoridad Nacional del Agua. (2021). Evaluación de Resultados del VII Monitoreo de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Unidad Hidrográfica Lurín 1375534, periodo 2021-I (Informe Técnico N° 0113-2021-ANA-AAA.CF/PMO).

Autoridad Nacional del Agua (2017). Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto de un vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua. [Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua | Drupal \(ana.gob.pe\)](#)

Badmus, S., Amusa, H., Oyehan, T., & Saleh, T. (2021). Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environ Sci Pollut Res* 28, 62085–62104. Recuperada en <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16483-w>

Brand, D. (2019). Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente. [Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial]. Recuperada en 15 de mayo del 2024. <http://5.161.118.10:8080/bitstream/20.500.12421/623/1/EFFECTOS%20DE%20LOS%20TENSOACTIVOS.pdf>

Carbotecnia. (2023, 14 de setiembre). ¿Qué es el carbón activado y para qué sirve? Recuperada en <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>

Chavez, I. (2013). Estudio de extracción del surfactante dodecilmenceno sulfonato sódico usando carbón activado. [Tesis de título]. Universidad Nacional de Ingeniería. https://web.archive.org/web/20180504142234id_/http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3723/1/chavez_si.pdf

Choque, D., Masco, M., Ramos, B., Ligarda, C., Solano, A., Choque, Y. & Alonzo, J. (2020). Study of the pollution by surfactants in a river of a high Andean. *DYNA*, 88(217), 9-12. Recuperada en 10 de mayo del 2024. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.90795>

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM [Ministerio del Medio Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 07 de junio de 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/ds-004-2017-minam.pdf>

De la Cruz, N. (2013). Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona, España. <https://www.tdx.cat/handle/10803/308120#page=1>

Doménech, X. (2014). *Fundamentos de química ambiental*. Volumen II. Editorial Síntesis.

Candela, G. (2020). Propuesta de estabilización y aprovechamiento de lodos de PTAR y BES en Perú basadas en su caracterización fisicoquímica y microbiológica. [Tesis de título]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4422>

Dirección de Fiscalización de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2016). Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Recuperada en https://www.sunass.gob.pe/eventos_lima/sunass-y-giz-presentan-estudio-sobre-la-situacion-de-las-ptar/

Dirección de Fiscalización de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2020). Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras. Recuperada en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/Informe%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20las%20PTAR.pdf>

García, C., Gortáres, P., & Drogué, P. (2011). Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. *Química Viva*, 10 (2), 96-105. Recuperada en 27 de abril de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86319141004.pdf>

Gil, M., Soto, A., Usma, J., Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia* 7(2), 52-73. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4333973>

Gyanaranjan, J., Dutta, K., & Daverey, A. (2023). Surfactants in water and wastewater (greywater): Environmental toxicity and treatment options. *Chemosphere* 341(140082). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140082>

Hernández, Fernández & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

Hernández J., Espinosa, F., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S., & Bermúdez, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595. <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (2024). Sistema de monitoreo y seguimiento de los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de la base de datos de INEI.

Mauricio, J. (2018). 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. [Tesis para título]. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/1148/1/T088A_70028780_T.pdf

Mendez, J. (2008). Eliminación del surfactante dodecilmencensulfonato sódico de las aguas mediante adsorción en carbones activados, ozonización catalizada y fotooxidación. [Tesis doctoral]. Universidad de Granada, Facultad de Ciencia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=71513>

Ministerio del Ambiente (2009). Manual para municipios ecoeficientes. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional. <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierte-problematika-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/#:~:text=Uno%20de%20los%20principales%20problemas,poblaci%C3%B3n%20urbana%20en%20el%20Per%C3%BA>.

Peña, A., & Castillo., A. (2015). Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-espectrometría de masas (MEFS-CG-EM). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 18(1), 29-42.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2015000100003&lng=es&tlng=es

Quispe, L., & Vilcape, R. (2022). Evaluación de contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales doméstica del colector 83, colector 56 y PTAR escalerilla, generados durante la pandemia del virus SARS CoV-2. [Tesis de título]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dae6e61e-4ff2-4cc2-bb65-371c4089c8ef/content>

Ramírez, I., Martínez, P., Quiroz, M., & Bandala, E. (2015). Efectos de los estrógenos como contaminantes emergentes en la salud y el ambiente. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(5), 31-42.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200724222015000500003&lng=es&tlng=es

Ramirez, S. (2019). Síntesis, purificación y evaluación de surfactantes a partir de derivados de biomasa. [Diploma en Química Aplicada]. Centro de investigación en Química Aplicada.
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/599/1/CE%20EQA%20-%20Saira%20Ramirez%20Martinez%2030%20ago%202109.pdf>

Resolución Directoral N° 004-2014-ANA-DCERH [Autoridad Nacional del Agua].
autorización de vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas procedentes de la PTAR
Manchay. 06 de enero del 2014.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_0004_2014_ana_dgcrh.pdf

Resolución Directoral N° 100-2020-ANA-DCERH [Autoridad Nacional del Agua].
Prorrogar a SEDAPAL a autorización de vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas
procedentes de la PTAR Manchay. 26 de octubre del 2020.
<https://www.ana.gob.pe/normatividad/rd-ndeg-100-2020-ana-dcerh>

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA [Autoridad Nacional de Agua]. Aprueba el
Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
11 de enero de 2016. [60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf \(www.gob.pe\)](https://www.gob.pe/gobierno/60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf)

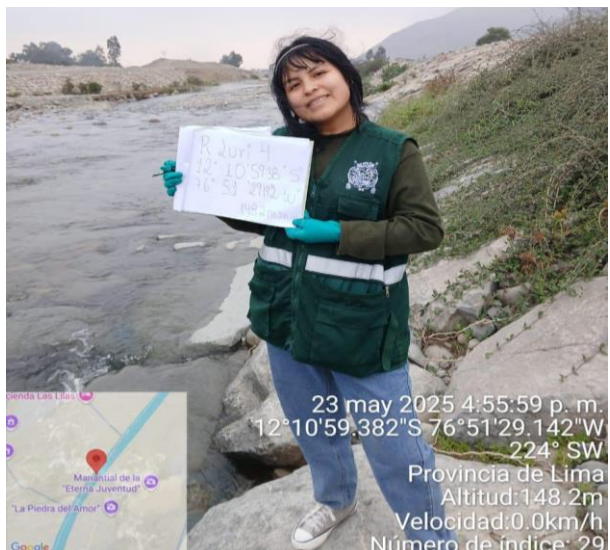
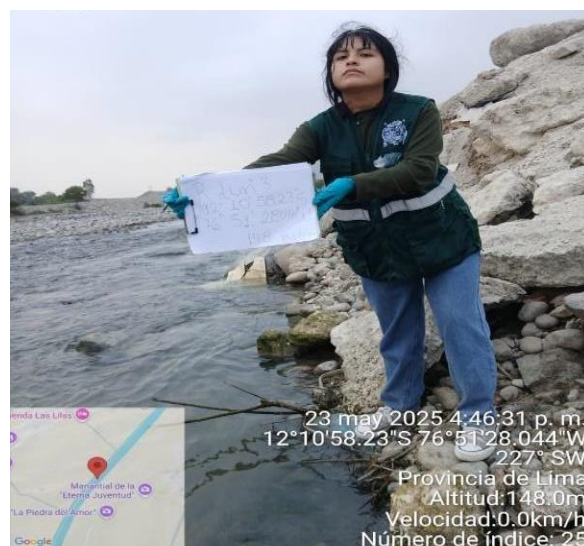
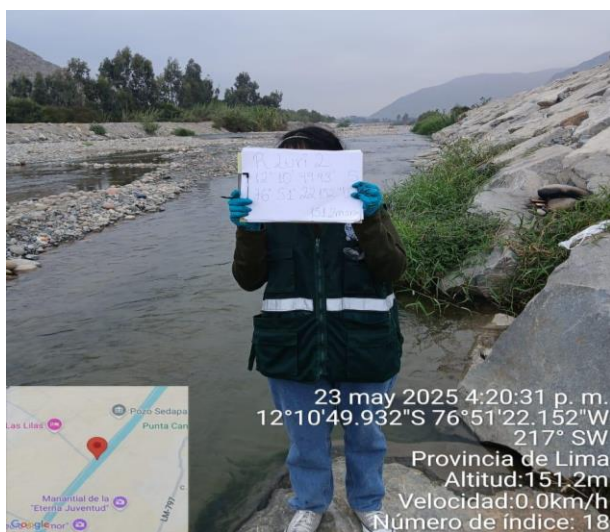
Rubio, A., Chica, E., & Peñuela, G. (2013). Procesos de tratamiento de aguas
residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. *Ambiente & Agua-
An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 8(3), 93-103.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92829234008>

Kantar. (12 de mayo de 2021). *Kantar revela los hábitos de compra para el hogar
frente a la pandemia de 2020*. [https://www.kantar.com/latin-
america/inspiracion/retail/omnichannel-segunda-edicion](https://www.kantar.com/latin-america/inspiracion/retail/omnichannel-segunda-edicion)

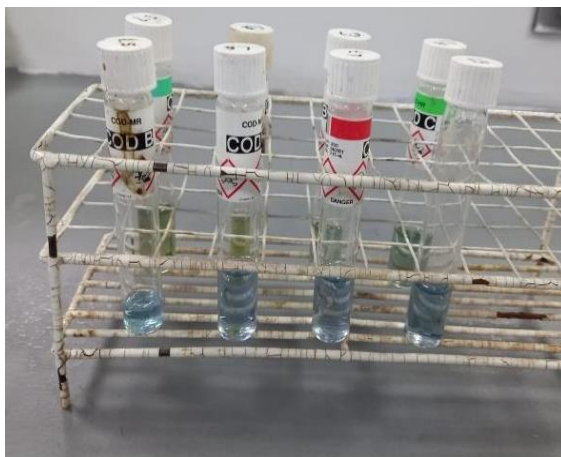
ANEXO N° 1: Reconocimiento de campo



ANEXO N° 2: Puntos de muestreo



ANEXO N° 3: Análisis de parámetros fisicoquímicos



ANEXO 4: Cadena de custodia



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.laboratorios@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gurrer N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA **N° 360038**

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*																																																																																	
Cliente: <u>Enrijo Cco. Flor Talita</u> Contacto: <u>—</u> Teléfono: <u>986680741</u> E-mail: <u>f.talita@enrijo.com</u> Proyecto: <u>Investigación</u> Lugar de Inspección: <u>Cuenca Baja del río Luri</u>										Cantidad de envases (frascos / botellas) <u>ANIONES (FOSFATO) 7</u> <u>DETERGENTE - / FOSFATO 1000</u> <u>COLIFORMES FECAL</u>										AGUA NATURAL AP : Agua de pluvio ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AM : Agua de mar AR : Agua salina SAL : Salmuera ARS : Agua de irrigación y salinización (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de extracción o refinamiento AAC : Agua de almacenamiento para consumo AC : Agua de consumo AL : Agua de bebida AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO APH : Agua purificada ARP : Agua de irrigación y salinización (no potable)																																																																																	
Muestreado por: ☐ SGS ☒ Cliente Frecuencia del Monitoreo: ☐ Periódico ☒ No Periódico ☐ Especial																																																																																																					
N° de OI: <u>555619-1</u> N° de Pre-Acta: <u>1401803</u> Fecha de Inicio: <u>20/10/24</u> Fecha de finalización: <u>20/10/24</u> Hora de Inicio: <u>10:06 am</u> Hora de finalización: <u>12:45 pm</u>																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Estación</th> <th>Coordenadas UTM WGS 84 (PSAD 56)</th> <th>Altitud (metros)</th> <th>Tipo de Agua*</th> <th>Tipo de Muestra Simple / Compuesta</th> <th>Fecha</th> <th>Hora</th> <th>P</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>R Luri-1</td> <td>298127 8652830</td> <td>1536</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>10:06</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>R Luri-1</td> <td>298127 8652830</td> <td>1536</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>10:12</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>R Luri-1</td> <td>298127 8652830</td> <td>1536</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>10:09</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>R Luri-2</td> <td>298005 8652738</td> <td>1537</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>10:59</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>R Luri-3</td> <td>297945 8652800</td> <td>1479</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>12:11</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>R Luri-4</td> <td>297876 8652532</td> <td>1527</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>12:45</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>R Luri-4</td> <td>297846 8652532</td> <td>1527</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>12:36</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>R Luri-4</td> <td>297846 8652532</td> <td>1527</td> <td>ADR</td> <td>X</td> <td>20/10/24</td> <td>12:40</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>																				Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 (PSAD 56)	Altitud (metros)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple / Compuesta	Fecha	Hora	P	V	1	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:06	X	X	2	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:12	X	X	3	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:09	X	X	4	R Luri-2	298005 8652738	1537	ADR	X	20/10/24	10:59	X	X	5	R Luri-3	297945 8652800	1479	ADR	X	20/10/24	12:11	X	X	6	R Luri-4	297876 8652532	1527	ADR	X	20/10/24	12:45	X	X	7	R Luri-4	297846 8652532	1527	ADR	X	20/10/24	12:36	X	X	8	R Luri-4
Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 (PSAD 56)	Altitud (metros)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple / Compuesta	Fecha	Hora	P	V																																																																																												
1	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:06	X	X																																																																																												
2	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:12	X	X																																																																																												
3	R Luri-1	298127 8652830	1536	ADR	X	20/10/24	10:09	X	X																																																																																												
4	R Luri-2	298005 8652738	1537	ADR	X	20/10/24	10:59	X	X																																																																																												
5	R Luri-3	297945 8652800	1479	ADR	X	20/10/24	12:11	X	X																																																																																												
6	R Luri-4	297876 8652532	1527	ADR	X	20/10/24	12:45	X	X																																																																																												
7	R Luri-4	297846 8652532	1527	ADR	X	20/10/24	12:36	X	X																																																																																												
8	R Luri-4	297846 8652532	1527	ADR	X	20/10/24	12:40	X	X																																																																																												
Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: <u>Enrijo Cco. Flor Talita</u> Firma: <u>[Firma]</u>										OBSERVACIONES <u>Presencia de lombriz de agua</u> SGS del Perú S.A.C. CALLAO 21 OCT 2024 RECIBIDO Data Center - EHS																																																																																											
N° de Coolers: <u>1</u> N° de Frascos: <u>8</u> N° de Ice Packs: <u>4</u>										Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: <u>11:05</u> Responsable de la Recepción de las Muestras: <u>J. Mendoza</u> Firma: <u>[Firma]</u> Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: ☒ Preservadas: ☐ Dentro del tiempo de conservación: ☐ N° de muestras rotas: ☐ Otros (especificar): ☐																																																																																											

R-ABE-ENV-05
10
Amaro 2022

ANEXO 5: Informe de Ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO MA2434450-0

BRIOSO CRUZ FLOR TALITA

LIMA. CERCADO 31

ENV / LB-355619-002

PROCEDENCIA : PRINCIPAL

Fecha de Recepción SGS : 21-10-2024

Fecha de Ejecución : Del 21-10-2024 al 29-10-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
RLuri-1
RLuri-2
RLuri-3
RLuri-4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 29/10/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

Elizabeth V. Capuñay España
C.B.P 8508
Coordinador de Laboratorio Microbiología

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 5



SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2434450-0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					RLuri-1 8652850N / 298127E 20/10/2024 10:06:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	RLuri-2 8652728N / 298005E 20/10/2024 10:59:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Generales						
S.A.M.(Detergentes)	EW ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050	<0.050
Aniones						
Fosfato	EW EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	<0.038	
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	49 (**)	

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					RLuri-3 8652600N / 297925E 20/10/2024 12:11:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	RLuri-4 8652573N / 297896E 20/10/2024 12:40:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Generales						
S.A.M.(Detergentes)	EW ISO16265	mg/L	0.020	0.050	<0.050	<0.050
Aniones						
Fosfato	EW EPA300_0	mg/L	0.019	0.038		<0.038
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	--	--		1100

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1800
t (054) 213 506
t (078) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2434450-0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
S.A.A.M.(Detergentes)	mg/L	0.050	<0.050	98 - 100%	107 - 108%	3 - 10%
Fosfato	mg/L	0.038	<0.038	99 - 100%	100%	0%

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO
MA2434450-0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. (Incluye Muestreo) 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
EW_EPA300_0	Callao	Fosfato	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_ISO16265	Callao	S.A.A.M. (Detergentes)	ISO 16265; 1st Ed: 2009. Water quality -- Determination of the Methylene blue active substances (MBAS) index -- Method using continuous flow analysis (CFA) (VALIDO - Aplicado fuera del alcance) 2014

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 4 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2434450-0

NOTAS

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- La incertidumbre expandida de medición reportada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada 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 del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 5

SGS del Perú S.A.C.	Av. Elmer Faucett 3348 Ernesto Gunther 275 Jr. Arnaldo Márquez	Callao 1 Parque Industrial Ba. San Antonio	Callao t (511) 517 1900 Arequipa t (054) 213 506 Cajamarca t (076) 366 092	www.sgs.pe e Pe.servicios@sgs.com
---------------------	--	--	--	--------------------------------------

Miembro del Grupo SGS

ANEXO 6: Certificado de calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO Nº LC - 029



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-180-2023

1.- SOLICITANTE

Razón social: WAZA CONSULTING S.A.C
Dirección: Cal Las Silvitass Urb. San Hilarión N°200 San Juan de Lurigancho - Lima
OTI : LC-649

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Multiparametro (pH)

Marca : HACH
Modelo : HQ40d
N° de Serie : 190500018763
Código de identif. : No indica
Sensor : PHC101
N° de serie sensor : 231942563280
Procedencia : No indica
Intervalo de medición : 2 pH a 14 pH
Resolución : 0,01 pH

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento fue calibrado el 20 - 12 - 2023.
- * La calibración se realizó en el Área de Físicoquímica del Laboratorio OHLAB.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,0 °C	±	0,2 °C
Humedad	60,4 % HR	±	0,7 % hr

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C. Certificado sin firma y sello carecen de validez..

Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se refieren exclusivamente a los ítems recibidos, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Fecha de emisión: 2023 - 12 - 20
Sello



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Pág. 1 de 3

FGC-042/JUNIO 2023/REV.07

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-197-2023

1.- SOLICITANTE

Razón social: WAZA CONSULTING S.A.C

Dirección: Cal Las Silvitas Urb. San Hilarion N°200 San Juan de Lurigancho - Lima

OTI : LC-649

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Multiparametro (Conductividad)

Marca : HACH

Modelo : HQ40d

N° de Serie : 190500018763

Código de identif. : No indica

Sensor : CDC401

N° de serie sensor : 210422584261

Procedencia : No indica

Intervalo de medición : 0,01 uS/cm a 200 mS/cm

Resolución : 0,1 uS/cm / 1 uS/cm / 0,01 mS/cm

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

* El instrumento fue calibrado el 20 - 12 - 2023.

* La calibración se realizó en el Área de Fisicoquímica del Laboratorio OHLAB.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,0 °C	± 0,2 °C
Humedad	60,0 % HR	± 0,2 % HR

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se refieren exclusivamente a los ítems recibidos, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Fecha de emisión: 2023 - 12 - 20



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.

Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.

Laboratorio de Metrología

Avenida La Marina 365, La Perla, Callao - Perú

Tel.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672

Email: comercial@ohlaboratory.com

Web: www.ohlaboratory.com

Pág. 1 de 3

FGC-042/JUNIO 2023/Rev.07



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 029



Registro N° LC - 029

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLTH-360-2023

1.- SOLICITANTE

Razón social: WAZA CONSULTING S.A.C

Dirección: Cal Las Silvitass Urb.San Hilarion N° 200 San Juan de Lurigancho - Lima

OTI : LC-649

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Termómetro Digital (Multiparámetro)

Marca: HACH
Modelo: HQ40d
Número de serie: 190500018763
Código de identif. : No indica
Numero de serie sensor: 231942563280
Tipo de sensor : Termistor
Resolución 0,1 °C
Procedencia : No indica

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú. OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

* El instrumento fue calibrado el 2023 - 12 - 20

* La calibración se realizó en el Área de Temperatura del Laboratorio OHLAB.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,0 °C	± 0,2 °C
Humedad	61,5 % HR	± 0,1 % HR

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C. Certificado sin firma y sello carecen de validez.

Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se refieren exclusivamente a los ítems recibidos, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciere de este certificado.

Fecha de emisión: 2023 - 12 - 20



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
JUAN DIEGO ARRIBASPLATA
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.

Laboratorio de Metrología

Avenida La Marina 365, La Perla, Callao - Perú

Tel.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672

Email: comercial@ohlaboratory.com

Web: www.ohlaboratory.com

Pág. 1 de 3

FGC-042/JUNIO 2023/Rev.07

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLTH-360-2023

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el PC-017: "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" Segunda Edición – diciembre 2012 del Servicio Nacional de Metrología del Perú.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LT-071-2023	Termometro de Indicación Digital con una incertidumbre máxima de 0,02°C	TRACEABLE	4000
INACAL DM			
LT-070-2023	Termometro de Indicación Digital con una incertidumbre máxima de 0,02°C	TRACEABLE	4000
INACAL DM			

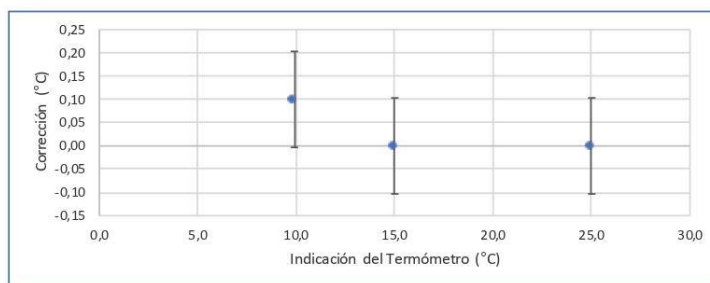
OBSERVACIONES

- * (*) Sensor de pH.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * 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 %.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLTH-360-2023

7.- RESULTADOS

Indicación del Termómetro (°C)	Temperatura convencionalmente verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
9,9	10,00	0,10	0,10
15,0	15,00	0,00	0,10
25,0	25,00	0,00	0,10



Nota 1.- La profundidad de inmersión del sensor fue 5 cm aproximadamente.

Nota 2.- Tiempo de estabilización no menor a 10 minutos.

(Fin del documento)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-180-2023

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Según el PC-020 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE pH" del INACAL/DM.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo	Lote / SN	Fecha de Vencimiento
4287-12750261 TRACEABLE®	Solución Buffer de 4,009 pH	TRACEABLE®	00655-30	CC738783	mar-24
4288-12868593 TRACEABLE®	Solución Buffer de 7,003 pH	TRACEABLE®	00655-32	CC739804	mar-24
4892-12692787 TRACEABLE®	Solución Buffer de 10,015 pH	TRACEABLE®	00655-34	CC737164	mar-24
LT-072-2023 TRACEABLE®	Termómetro Digital con una resolución de 0,001 °C	TRACEABLE®	4000	200097352	No aplica

OBSERVACIONES

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 3 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel aproximado de confianza del 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-180-2023

7.- RESULTADOS

TRF (°C)	Valor Referencia (pH)	Indicación del pHmetro (pH)	E (pH)	U (pH)
25,003	4,01	3,96	-0,05	0,018
25,002	7,00	7,07	0,07	0,014
25,003	10,01	10,01	0,00	0,014

E: Error
U: Incertidumbre
TRF: Temperatura de Referencia

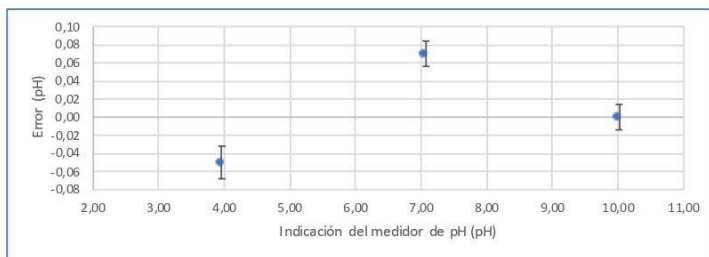


Figura 1.- Curva de calibración del medidor de pH.

NOTAS:

- Antes del ajuste las lecturas del equipo fueron: para 4,007 pH = 3,93 pH ; para 7,000 pH = 6,88 pH ; para 10,007 pH = 9,63 pH
- Después del ajuste las lecturas del equipo fueron: para 4,007 pH = 3,96 pH ; para 7,000 pH = 7,07 pH ; para 10,007 pH = 10,01 pH

(Fin del documento)

Certificado de Calibración

OHLFQ-699-2023

1.- SOLICITANTE

Nombre: WAZA CONSULTING S.A.C

Dirección: Cal Las Silvas Urb. San Hilarion N°200 San Juan de Lurigancho
- Lima

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Multiparámetro (OD)

Marca : HACH
Modelo : HQ40d
N° de Serie : 190500018763
Procedencia : Estados Unidos

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.

OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento se calibró el 2023-12-20
- * La calibración se realizó en el Área de Físico-química del Laboratorio OHLAB S.A.C.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,1 °C	±	0,2 °C
Humedad	61,5 % HR	±	0,6 % HR
Presión	1007,6 hPa	±	0,2 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciere de este certificado.

Fecha de emisión: 2023-12-20

Sello



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY SAC
.....
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.

Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina 365, La Perla, Callao - Perú
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Pág. 1 de 3

FGC-144/MAYO2023/Rev.07

Certificado de Calibración

OHLFQ-699-2023

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Según el PC-020 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE pH" del INACAL/DM.
 Según el PC-022 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE CONDUCTIMETROS" del INACAL/DM.
 Según el PC-017 : "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" del INDECOPI.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo	Lote / SN	Fecha de Vencimiento
LT-077-2022 INACAL DM	Termometro Digital con una resolución de 0,001 °C	TRACEABLE®	4000	200097352	No aplica
HI7040L Hanna Instruments	Solucion Buffer de 0,0 % O ₂	HANNA Instruments	HI7040L	S0076/20	may-25

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Certificado de Calibración OHLFQ-699-2023

7.- RESULTADOS

Sensor de DO%	Temperatura de Referencia °C	Valor Certificado mg/L	Lectura del Instrumento mg/L	Error mg/L	Incertidumbre mg/L
LDO	25,011	0,00	0,03	0,03	0,3
SN:1806525992 1	25,005	8,03	8,07	0,04	0,3

(Fin del documento)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-197-2023

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Según el PC-022 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE CONDUCTÍMETROS" del INACAL/DM.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo	Lote	Fecha de Vencimiento
4176-13178682	Solución Buffer de 100 uS/cm	TRACEABLE®	23226-651	CC23634	02-12-2024
TRACEABLE®					
4177-13728472	Solución Buffer de 1413 uS/cm	TRACEABLE®	62344-938	CC23409	09-12-2024
TRACEABLE®					
4178-13773639	Solución Buffer de 10000 uS/cm	TRACEABLE®	23226-653	CC23516	11-12-2024
TRACEABLE®					
OHLTH-150-2023 OHLAB S.A.C.	Termometro Digital con una resolución de 0,001 °C	Dostmann	D-97877	79523050065	No aplica

OBSERVACIONES

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 3 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel aproximado de confianza del 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ-197-2023

7.- RESULTADOS

TR °C	Valor de Referencia Certificado	Lectura del Conductímetro	Desviación	Incertidumbre
25,015	99,2 uS/cm	101,9 uS/cm	2,7 uS/cm	2,1 uS/cm
25,016	1414 uS/cm	1413 uS/cm	-1 uS/cm	5 uS/cm
25,016	9,99 mS/cm	9,21 mS/cm	-0,78 mS/cm	0,05 mS/cm

TR: Temperatura de Referencia



Figura 1.- Curva de calibración del conductímetro.

(Fin del documento)