

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



“EVALUACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES
UTILIZANDO EL SISTEMA DE MICROBURBUJAS EN LAS
AGUAS DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL
HUMEDALES DE VENTANILLA, 2022”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

KATHERINE SMITH LAROTA ANCASI

MÓNICA CAROLINE BASILIO ROJAS

TALIA RAMOS MATIENZO

ASESOR: ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales

TÍTULO:

“Evaluación de Coliformes Termotolerantes utilizando el Sistema de Microburbujas en las Aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022”

AUTORES/ CÓDIGO ORCID/ DNI:

Katherine Smith Larota Ancasi / 0009-0002-9806-8988/ 47865159

Mónica Caroline Basilio Rojas / 0000-0003-2432-5718/ 71036012

Talia Ramos Matienzo / 0009-0003-7230-6455 / 75679659

ASESOR/ CÓDIGO ORCID/ DNI:

Mtro. Abner Josué Vigo Roldan/ 0000-0002-5611-8011/ 08085074

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla

UNIDADES DE ANÁLISIS:

Sistema de microburbujas y Coliformes Termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla

TIPO/ ENFOQUE/ DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada/ Cuantitativo/ Experimental.

TEMA OCDE:

2.11.02 Otras ingenierías y tecnologías

HOJA DE REFERENCIA

MIEMBROS DEL JUARADO EVALUADOR

PRESIDENTE: MTRA. JANET MAMANI RAMOS

SECRETARIO: MTRO. DAN SKIPPER ANARCAYA TORRES

MIEMBRO: DR. DANTE ESPINOZA MORRIBERÓN

ASESOR: MTRO. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN

Nº DE LIBRO: 002

Nº DE FOLIO: 012

Nº DE ACTA: 006

FECHA DE APROBACION DE TESIS 11 DE OCTUBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

ANEXO 2

ACTA N° 006-2023-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

LIBRO N° 02 FOLIO N° 12 ACTA 006-2023-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

Al 11 día del mes de octubre del año 2023, siendo las 12:30 horas, se reunió en la sala Meet: <https://meet.google.com/aef-txun-ysm> Mtra. Janet Mamani Ramos, Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres y Dr. Dante Espinoza Morriberón, el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, según la resolución N° 019-2021-CU, reconfirmado según resolución N° 131-2023-D-FIARN, para la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Mtra. Janet Mamani Ramos
Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres
Dr. Dante Espinoza Morriberón
Mtro. Abner Josué Vigo Roldan

Presidente
Secretario
Vocal
Asesor

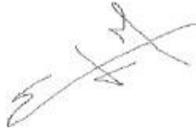
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Mónica Caroline Basilio Rojas, Katherine Smith Larota Ancasi y Talia Ramos Matienzo, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES UTILIZANDO EL SISTEMA DE MICROBURBUJAS EN LAS AGUAS DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL HUMEDALES DE VENTANILLA, 2022", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa QUINCE (15), la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la sesión a las 14:00 horas del miércoles 11 de octubre del año en curso.

Mtra. Janet Mamani Ramos
Presidente

Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres
Secretario



Dr. Dante Espinoza Morriberón
Vocal



Mtro. Abner Josué Vigo Roldan
Asesor

23*1742



INFORME JST – N° 001-2023

PARA: Dra. CARMEN BARRETO PIO
DECANA FIARN-UNAC.
DE: Mtra. JANET MAMANI RAMOS
ASUNTO: Informe del proceso de Sustentación de Tesis de las bachilleres: Mónica
Caroline Basilio Rojas, Katherine Smith Larota Ancasi y Talia Ramos Matienzo.
Fecha: Bellavista, 16 de Noviembre de 2023.

Sirva la presente para saludarla cordialmente, así mismo informarle sobre el Acto de Sustentación de la Tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES UTILIZANDO EL SISTEMA DE MICROBURBUJAS EN LAS AGUAS DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL HUMEDALES DE VENTANILLA, 2022”**, presentada por los bachilleres Mónica Caroline Basilio Rojas, Katherine Smith Larota Ancasi y Talia Ramos Matienzo, en cumplimiento a la Resolución N° 019-2021-CU, reconfirmado según resolución N° 131-2023-D-FIARN.

El acto de instalación del Jurado se lleva a cabo el día 11 de octubre de 2023, vía la plataforma Google Meet: videollamada: <https://meet.google.com/aef-txun-ysm>, a las 12:30 horas con presencia de los miembros del Jurado de Sustentación conformado por los docentes:

Mtra. Janet Mamani Ramos	Presidente
Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres	Secretario
Dr. Dante Espinoza Morriberón	Vocal
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán	Asesor

Así mismo, estuvo presente el docente Mtro. Abner Josué Vigo Roldán en calidad de Asesor. Se dio inicio a la Sustentación de Tesis a las 12:40 horas, por parte de los bachilleres, Mónica Caroline Basilio Rojas, Katherine Smith Larota Ancasi y Talia Ramos Matienzo culminándose a los 30 minutos como se especifica en la norma correspondiente, luego de la exposición se llevó a cabo la ronda de preguntas que fue absuelta por las Srtas. bachilleres.

Finalizado el proceso de absolución de preguntas, el suscrito invita a los miembros del jurado trasladarse a otra sala virtual creada vía plataforma Google videollamada: <https://meet.google.com/tmn-uojo-zts>, a fin de proceder a la deliberación. Luego del mismo, el Jurado acuerda dar por APROBADA la Tesis con la escala de calificación cualitativa de BUENO y calificación cuantitativa de quince (15).

Acto seguido, se retorna a la primera sala virtual para dar cuenta del resultado, se da lectura del acta correspondiente por parte del secretario del Jurado de Sustentación. -Finalmente se da por concluido el acto de sustentación de Tesis conforme a la normatividad vigente. Los miembros en señal de conformidad firman el acta, adjuntándose al presente.

Es todo cuanto debo informar Sra. Decana, agradeciéndole la atención al presente. Atentamente;

Mtra. Janet Mamani Ramos
Presidente

Document Information

Analyzed document	1A; BASILIO ROJAS, Mónica Caroline; LAROTA ANCASI, Katherine Smith; RAMOS MATIENZO, Talia_IF TESIS..pdf (D175247947)
Submitted	2023-10-04 23:13:00
Submitted by	
Submitter email	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	3_Jamer_10671.docx Document 3_Jamer_10671.docx (D151023352)	 	2
SA	PROYECTO DE TESIS-VICTORINO.AZABACHE PAREDES.docx Document PROYECTO DE TESIS-VICTORINO.AZABACHE PAREDES.docx (D66042723)	 	4
SA	Humedales_Luis Gordillo.pdf Document Humedales_Luis Gordillo.pdf (D77092055)	 	1
SA	aguirre ambiental.docx Document aguirre ambiental.docx (D124538878)	 	8
SA	PORYECTO DE TESIS CORREGIDO_BIOFILTRO.pdf Document PORYECTO DE TESIS CORREGIDO_BIOFILTRO.pdf (D174323792)	 	2

Entire Document

DEDICATORIA

A Dios, por darnos la vida, guiarnos y estar siempre presente con nosotras.

A nuestros padres y hermanos, quienes nos han apoyado incondicionalmente durante nuestra formación personal y profesional, y son nuestro soporte día a día.

A nuestra familia y amigos, por los ánimos de superación.

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, por su esfuerzo, confianza, apoyo y motivación en todo momento.

A nuestros profesores de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, por sus enseñanzas y consejos durante nuestra formación intelectual y humanista.

A nuestro asesor de tesis, Mtro. Abner Josué Vigo Roldan, por su orientación, interés, dedicación y motivación durante el desarrollo de la investigación.

Al Gobierno Regional del Callao, por otorgarnos el permiso para la toma de muestras de agua en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla.

Al Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, por brindarnos las facilidades para el ingreso al área de estudio y toma de muestras de agua respectivas.

Al personal técnico y administrativo del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, por facilitarnos el espacio para ejecutar las corridas.

A todas las personas que han influido en nuestro desarrollo profesional, con sus experiencias y consejos.

Les agradecemos a todos ustedes por cada uno de nuestros logros obtenidos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	20
1.4. Justificación.....	20
1.4.1. Justificación Ambiental.....	20
1.4.2. Justificación Social.....	21
1.4.3. Justificación Normativa.....	21
1.4.4. Justificación Económica.....	21
1.5. Delimitantes de la investigación.....	22
1.5.1. Delimitante Teórico.....	22
1.5.2. Delimitante Temporal.....	22
1.5.3. Delimitante Espacial.....	22
II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Internacional.....	23
2.1.2. Nacional.....	24
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Microburbujas.....	27
2.2.2. Humedales.....	33
2.3. Marco Conceptual.....	50
2.3.1. Coliformes Termotolerantes.....	50
2.3.2. Sistema de microburbujas.....	50
2.3.3. Área de Conservación Regional.....	51

2.3.4.	Humedal.....	51
2.4.	Definición de términos básicos.....	52
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	54
3.1.	Hipótesis	54
3.1.1.	Hipótesis General.....	54
3.1.2.	Hipótesis Específicas	54
3.2.	Operacionalización de Variables	54
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	56
4.1.	Diseño Metodológico.....	56
4.1.1.	Tipo de Investigación	56
4.1.2.	Nivel de Investigación	56
4.1.3.	Enfoque de Investigación	56
4.1.4.	Diseño de Investigación	56
4.1.5.	Procedimiento Experimental.....	57
4.2.	Método de Investigación	60
4.2.1.	Fase de Gabinete.....	60
4.2.2.	Fase Pre-Experimental.....	60
4.2.3.	Fase Experimental	61
4.3.	Población y muestra.....	62
4.3.1.	Población	62
4.3.2.	Muestra	62
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	63
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	63
4.5.1.	Recolección y análisis de la muestra inicial de agua del ACR Humedales de Ventanilla	63
4.5.2.	Análisis de la muestra final (salida del sistema de microburbujas) .	68
4.5.3.	Medición de Presión del Aire.....	71
4.5.4.	Medición de Tiempo de Contacto	71
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	71
4.7.	Aspectos Éticos en Investigación	72
V.	RESULTADOS	73
5.1.	Resultados Descriptivos.....	73
5.2.	Resultados Inferenciales	77
5.2.1.	Determinación de la normalidad de los datos.....	77

5.2.2.	Análisis de medianas mediante H de Kruskal-Wallis para la presión de aire del sistema de microburbujas	78
5.2.3.	Análisis de medianas mediante H de Kruskal-Wallis para el tiempo de contacto del sistema de microburbujas	80
5.2.4.	Análisis de regresión múltiple	81
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	85
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	86
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	87
VII.	CONCLUSIONES	88
VIII.	RECOMENDACIONES	89
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Relación entre la presión de operación y el tamaño de la MNB	29
Tabla 2	Ubicación y descripción de los cuerpos de agua en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla	41
Tabla 3	Lista de especies registradas en el ACR Humedales de Ventanilla	44
Tabla 4	Especies de fauna existentes en el área de estudio	47
Tabla 5	Operacionalización de Variables.....	55
Tabla 6	Diseño de Pruebas	58
Tabla 7	Resumen de Diseño	58
Tabla 8	Matriz Experimental del Diseño Factorial	59
Tabla 9	Coordenadas del Espejo de Agua	62
Tabla 10	Punto de Muestreo	64
Tabla 11	Recursos requeridos para la recolección de muestra.....	65
Tabla 12	Recursos requeridos para cada parámetro a evaluar.....	66
Tabla 13	Puntos de Muestreo Final	68
Tabla 14	Recursos requeridos para cada parámetro a evaluar.....	70
Tabla 15	Resultados de coliformes termotolerantes por tratamiento de agua en el sistema de microburbujas	73
Tabla 16	Resultados descriptivos de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras procesadas	74
Tabla 17	Mediana de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según tiempo de contacto aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas	75
Tabla 18	Mediana de las de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según presión de aire aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas.....	76
Tabla 19	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk	78
Tabla 20	Resumen de Prueba de H de Kruskal-Wallis de muestras independientes Concentración de coliformes termotolerantes vs presión de aire del sistema de microburbujas	79

Tabla 21 Resumen de prueba de h de kruskal-wallis, distribución de mediciones de concentraciones de coliformes termotolerantes vs tiempo de contacto del sistema de microburbujas.....	80
Tabla 22 Prueba Post Hoc para comparar entre los tiempos de contacto	81
Tabla 23 Correlaciones.....	82
Tabla 24 Variables excluidas	83
Tabla 25 Resumen de modelo.....	83
Tabla 26 Significancia de la prueba estadística regresión lineal	84
Tabla 27 Coeficientes	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Propiedades y tamaños de las microburbujas	28
Figura 2 Tensión superficial ley de Young-Laplace	30
Figura 3 Mediciones de velocidad de subida.....	31
Figura 4 Acceso al ACR Humedales de Ventanilla.....	36
Figura 5 Sistema de microburbujas empleado	61
Figura 6 Ubicación de punto de muestreo.....	64
Figura 7 Diagrama de cajas de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas en el sistema de microburbujas según tiempo de tratamiento	76
Figura 8 Diagrama de cajas de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según presión de aire aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas	77
Figura 9 Procedimiento de análisis estadístico según el comportamiento de los datos obtenidos	78

ABREVIATURAS

ACR: Área de Conservación Regional

ANA: Autoridad Nacional del Agua

ANOVA: Análisis de varianza

CERPER: Certificaciones del Perú

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno

DQO: Demanda química de oxígeno

d-ST: Desierto sub-tropical

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

MINAM: Ministerio del Ambiente

MNB: Micro – nanoburbujas

NB: Nanoburbujas

NMP: Número más probable

NO₃⁻-N: Nitrógeno de nitrato

NH₄⁺-N: Amonio

OD: Oxígeno disuelto

TDS: Total de sólidos disueltos

RESUMEN

En la presente investigación se aborda la problemática de la presencia de las altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales en los humedales ocasionado principalmente por el vertimiento de las aguas residuales sin un previo tratamiento, como es el caso del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla. Ante esta situación, el objetivo de este trabajo es evaluar los coliformes termotolerantes, utilizando el sistema de microburbujas en aguas del mencionado humedal; para lo cual, se construyó un prototipo a escala de laboratorio del sistema de microburbujas con el método hidrodinámico (tubo Venturi) y se realizó la medición de las concentraciones de coliformes termotolerantes inicial y final de las muestras de agua. El diseño experimental comprendió un diseño factorial 3^2 , que consta de dos factores con tres niveles (o grupos) cada uno, la presión de aire (40, 50, 60 PSI) y el tiempo de contacto (15, 30 y 45 min), haciendo un total de 9 tratamientos con 3 réplicas obteniendo 27 corridas. Se determinó que la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes mínima fue en el tiempo de contacto de 30 min (200 NMP/100 mL). Para la contrastación de las hipótesis específicas se aplicó la prueba Kruskal-Wallis, concluyéndose que solo el tiempo de contacto del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla. Posteriormente, se realizó la prueba post hoc por parejas de los 03 grupos del tiempo de contacto, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de contacto de 30 min y 15 min. Finalmente, para comprobar la hipótesis general se usó la prueba de regresión múltiple concluyéndose que el sistema de microburbujas, influenciado por el factor tiempo de contacto, tiene un efecto significativo para evaluar la concentración de coliformes termotolerantes.

Palabras claves: humedal, microburbujas, coliformes termotolerantes, tratamiento.

ABSTRACT

This research addresses the problem of the presence of high concentrations of thermotolerant and total coliforms in wetlands caused mainly by the discharge of wastewater without prior treatment, as is the case of the Regional Conservation Area (RCA) Humedales de Ventanilla. In view of this situation, the objective of this work is to evaluate thermotolerant coliforms, using the microbubble system in the waters of the mentioned wetland; for this purpose, a laboratory scale prototype of the microbubble system was built with the hydrodynamic method (Venturi tube) and the concentrations of thermotolerant coliforms initial and final of the water samples was carried out. The experimental design comprised a 3² factorial design, composed of two factors with three levels (or groups) each, air pressure (40, 50, 60 PSI) and contact time (15, 30 and 45 min), making a total of 9 treatments with 3 replicates getting 27 runs. It was determined that the median of the minimum concentration of thermotolerant coliforms was found in the contact time of 30 min (200 NMP/100 mL). To test the specific hypotheses, the Kruskal-Wallis test was applied, concluding that only the contact time of the microbubble system has a significant effect on the evaluation of thermotolerant coliforms in the waters of the ACR Humedales de Ventanilla. Subsequently, the post hoc pairwise test was performed for the 03 groups of contact time, finding a statistically significant difference between the contact times of 30 min and 15 min. Finally, to test the general hypothesis, the multiple regression test was used, concluding that the microbubble system, influenced by the contact time factor, has a significant effect on the evaluation of the concentration of thermotolerant coliforms.

Keywords: wetland, microbubble, thermotolerant coliforms, treatment.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2016 pág. 2).

Los servicios ecosistémicos principales que brindan a la humanidad son: el suministro de agua dulce, mantenimiento de la biodiversidad, materiales de construcción, provisión de recursos genéticos, belleza paisajística, control de crecidas, recarga de aguas subterráneas y mitigación del cambio climático (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2021). Sin embargo, sólo el 18 % de los humedales se encuentran protegidos y, se suma que más del 80 % de las aguas residuales son vertidos sin un previo tratamiento sobre estos ecosistemas (Andrade, y otros, 2020).

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo la evaluación de coliformes termotolerantes en las aguas del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla mediante la aplicación del sistema de microburbujas; debido a que este ecosistema ha registrado altos valores de coliformes fecales y totales, y la presencia de *Escherichia coli*, entre otros parámetros, generados posiblemente por los vertimientos de aguas residuales, y la presencia de heces de animales y residuos sólidos, lo que representa un riesgo a la biota acuática y terrestre, y a la salud pública hacia los pobladores que tienen contacto con sus aguas (Fajardo, 2018).

Las microburbujas son utilizadas en el campo del tratamiento de agua por su rápida disolución y para mejorar la eficiencia del tratamiento (Micro-nanobubble aeration promotes senescence of submerged macrophytes with low total antioxidant capacity in urban landscape water, 2020 pág. 3). Existen diversos métodos para generarlas, considerándose para la presente investigación el método hidrodinámico, el cual se basa en el principio de cavitación.

El tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación es explicativo, el enfoque de la investigación es cuantitativo y el diseño de

investigación es experimental. El diseño factorial utilizado es el 3^2 , que consta de dos factores con tres niveles (o grupos) cada uno, la presión de aire (40, 50, 60 PSI) y el tiempo de contacto (15, 30 y 45 min), haciendo un total de 9 tratamientos con 3 réplicas respectivamente. El tiempo de contacto se consideró como un factor, debido a que representa un indicador relevante para mejorar los parámetros microbiológicos. Mientras que, la inclusión de la presión corresponde a su influencia directamente proporcional a la transferencia de oxígeno e inversamente proporcional en el tamaño de las microburbujas (Cancho Ccaico, y otros, 2018).

El proceso de investigación se realizó durante 08 meses comprendiendo 3 fases: la fase de gabinete donde se revisó la información recopilada referente al tema; la fase pre-experimental que comprende el diseño y construcción del prototipo del sistema de microburbujas y la fase experimental, que corresponde a la caracterización de las muestras de agua provenientes del tratamiento propuesto y su respectivo análisis.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

“Los humedales son superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, que alberga comunidades biológicas características y que proveen servicios ecosistémicos” (MINAM, 2015 pág. 10). Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 29895 (2012), son ecosistemas frágiles, y “el Estado reconoce su importancia como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos”.

Los humedales representan 12,1 millones de kilómetros cuadrados en el planeta; sin embargo, solamente el 18 % de estos están protegidos. Asimismo, más del 80 % de las aguas residuales, sin un previo tratamiento adecuado, se vierten a estos ecosistemas. Esta situación es preocupante, dado que más de mil millones de personas en el mundo dependen de los humedales para su subsistencia, así como el 40 % de las especies de la tierra, ya sea directa o indirectamente (Andrade, y otros, 2020).

Según el diagnóstico general de los humedales, realizado por el MINAM (2015), se indica que la degradación de estos ecosistemas se da por la fragilidad que presentan, que aumenta su vulnerabilidad frente a la presión originada por los fenómenos naturales y origen antrópico (actividades extractivas y ocupación urbana). A esto se suma la débil institucionalidad del Estado y el insuficiente marco normativo para la gestión y conservación de los humedales, así como la coordinación desarticulada y debilitada entre los sectores y los niveles de gobierno; además de la falta de inclusión de los valores sociales, económicos y culturales, con el fin de promover la gestión sostenible de estos ecosistemas (págs. 19-20).

Tal es el caso del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla, que representa un ecosistema alterado debido a que sus aguas principalmente registran altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales, así como la presencia de *Escherichia coli*, entre otros parámetros, esto

de acuerdo con las evaluaciones realizadas por Rodríguez et al. (2017) y Fajardo (2018). Esta situación posiblemente se esté originando por los vertimientos de aguas residuales, la presencia de heces de animales y residuos sólidos, lo cual genera un riesgo a la biota acuática y terrestre, y a la salud pública de los pobladores que tienen contacto con sus aguas, como fuente recreativa y extractiva; asimismo, podría convertirse en una potencial fuente para la proliferación de enfermedades.

Para revertir este escenario y lograr una de las metas propuestas en el Objetivo 6, Agua Limpia y Saneamiento, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas, es de importancia restaurar las cualidades funcionales de los humedales, permitiendo el consumo de agua directa o indirecta de los humedales. Por tal motivo, la presente investigación busca evaluar los coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, como una alternativa para mejorar su calidad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál será la evaluación de coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la presión del aire del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla?
- ¿Cuál será el tiempo de contacto del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar los coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la presión del aire del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.
- Determinar el tiempo de contacto del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Ambiental

En diciembre del año 2006 se crea el ACR Humedales de Ventanilla, lo cual permitió poner restricciones en la expansión urbana pero dentro del ecosistema aún presentaba contaminación del agua por la falta de red de desagüe, acumulación de los residuos sólidos e incendios por la quema de estos.

Es a partir de julio del año 2012, que el Ministerio del Ambiente reconoció a los Humedales como ecosistema frágil debido a sus importantes beneficios como depurador de agua, reservorio de biodiversidad y mitigador del cambio climático. Desde entonces se reforzó la protección de este ecosistema (SERNANP 2009).

Hoy en día se viene realizando estudios e investigaciones con respecto a esta área, tal como la tesis de “Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú”, (Fajardo 2018) que reveló que estas aguas contienen altas concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales

superando los ECA agua para la categoría IV – Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos (D.S. No. 004-2017-MINAM).

Por ello, el uso del sistema microburbujas en el ACR Humedales de Ventanilla, se presenta como alternativa para mejorar la calidad de sus aguas.

1.4.2. Justificación Social

El presente trabajo permitiría mostrar el uso de una nueva tecnología en un ecosistema frágil para ser soporte de investigación en las siguientes generaciones con el fin de concientizar y atribuirles nuevos campos para diversos proyectos.

Cabe señalar que, el uso de microburbujas ha sido implementado en países desarrollados que han obtenido buenos resultados en la mejora de sus procesos y ha contribuido a que más profesionales se beneficie con los resultados obtenidos de las investigaciones.

1.4.3. Justificación Normativa

Las aguas del ACR Humedales de Ventanilla contienen altas concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales (Fajardo, 2018), por ende, mediante la aplicación del sistema de microburbujas se busca cumplir los ECA agua para la categoría IV – Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos (D.S. No. 004-2017-MINAM).

1.4.4. Justificación Económica

La investigación a implementar es un prototipo a escala laboratorio, lo cual significa un costo mínimo en comparación con los proyectos patentados a nivel mundial. Además, mediante la aplicación del sistema microburbujas se busca reducir la concentración de coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla, a fin de restaurar su calidad y con ello convertirse en un lugar muy atractivo logrando ser beneficioso económicamente para la población

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante Teórico

La presente investigación está fundamentada teóricamente en los conceptos de microburbujas, que abarca sobre sus características, técnicas para generarlas y sus aplicaciones. Asimismo, se basa en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, que considera su descripción física y biológica, incluyendo la calidad de los espejos de agua existentes en dicho ecosistema.

1.5.2. Delimitante Temporal

El tiempo para la ejecución de la presente investigación fue de 08 meses, desde julio del 2022 hasta febrero del 2023, que comprende la revisión de la información recopilada referente al tema, el diseño y construcción del prototipo del sistema de microburbujas, y la caracterización de las muestras de aguas, así como su respectivo análisis. Cabe precisar que, la disponibilidad horaria del laboratorio, influyó en la duración de las corridas; sin embargo, se cumplió con la cantidad de mediciones propuestas.

1.5.3. Delimitante Espacial

La recolección de las muestras de agua se realizó en el ACR Humedales de Ventanilla, el cual se encuentra ubicado en el distrito Ventanilla, provincia y departamento Callao.

La construcción del sistema de microburbujas y ejecución de las corridas se desarrolló en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Wang et al. (2020) en la investigación “Micro-nanobubble aeration promotes senescence of submerged macrophytes with low total antioxidant capacity in urban landscape water”, tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de 3 tipos de macrofitos durante 60 días en un sistema con aireación - microburbujas y compararlas con un sistema de aireación – macroburbujas. La investigación experimental se desarrolló con tres diferentes tipos de macrofitos (*Echinodorus amazonicus*, *Echinodorus quadricostatus* y *Microsorium pteropus*) con dos muestras en diferentes condiciones: la primera muestra fue cultivada con uso de macroburbujas y la segunda con micro-nanoburbujas. Después de realizar el análisis de los indicadores de crecimiento y los efectos de los micronanoburbujas se concluyó que los micro-nanoburbujas pueden afectar negativamente o dañar los macrófitos densos por lo que deben aplicarse en dosis controladas.

Hernández (2019) en su investigación, “Efectos de micro y nanoburbujas en Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas: El caso de Pasca, Cundinamarca” aplicó la inyección de micronanoburbujas de aire en el agua residual con el objetivo de aumentar la cantidad y tiempo de permanencia del oxígeno disuelto en el agua. La investigación experimental se realizó en tres muestras de 25 litros cada uno y por dos minutos, cabe señalar que el procedimiento se repitió cada 4 horas durante 10 días. Se logró disminuir eficientemente los parámetros de DQO, DBO, sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, oxígeno disuelto, conductividad y pH, consiguiendo una reducción del 75% de la carga orgánica inicial.

Lafuente y López (2018) en el estudio experimental “Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi”, tuvo como objetivo la desinfección bacteriana del río Santa Clara, Quito-Ecuador, utilizando el método de cavitación hidrodinámica con

diseño del tubo Venturi durante 65 minutos y variando la presión de 2 bar y la otra de 3 bar. Se logró reducir hasta un 99,5%, con una presión de 3 bar y un 72.8% para una presión de 2 bar; sin embargo, este método no es totalmente efectiva contra bacterias gram positivas. Además, puede presentar endosporas; por ende, es posible que una cantidad mínima de bacterias puedan producir rebrote de población.

2.1.2. Nacional

Atoche y Hilaquita (2021) en su tesis titulada “Diseño de box-behnen en la eficiencia del sistema Venturi de nano y microburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domesticas”, implementaron un diseño experimental de superficie de respuesta con el objetivo de mejorar la calidad de agua de regadío de vegetales que proviene del tratamiento de aguas residuales domésticas ubicada en la Asociación “Los Viques” de Carapongo. Se aplicaron 17 tratamientos de distintas combinaciones variando el tiempo de aplicación en minutos (15; 30 y 45), la velocidad del flujo en L/min (3,2; 5,3 y 7,5) y diámetro de la tubería en pulgadas (0,5; 0,75 y 1). Por lo que, se concluyó que el tratamiento más óptimo sería un sistema de tratamiento con un diámetro 0,75 pulg de la tubería, con un tiempo de acción del nano y microburbujeo de oxígeno de 30 min y una velocidad del fluido de 5,3 L/min obteniendo como resultado una reducción de 41,46% en DQO, una reducción de 52,38% de DBO y una reducción de concentración coliformes fecales de 99,9%.

Jindo y Morikawa (2020) en su estudio “Innovative feasibility study for the reclamation of the cascajo wetlands in Peru utilizing sustainable technologies”, tuvo como objetivo evaluar el uso del sistema de micro-nanoburbujas para restaurar la calidad de agua de los Humedales de Cascajo y para ello aplicaron la metodología experimental con biofiltros de cerámica (CBBF) para disminuir las tasas de contaminante, micro-nanoburbujas (MNB) para incrementar el oxígeno disuelto y biocercas para evitar el ingreso del agua del mar en el ecosistema, durante 13 meses. Como resultados tuvieron un 98,5% de reducción en DQO;

97,5% de reducción en DBO; 98,1% de reducción en TN y 94,6% de reducción en TP.

Fernández (2019) en la tesis experimental titulada “Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire - Lima 2019”, tuvo como objetivo recuperar la calidad de agua del humedal mediante el uso de micro-nano burbujas de aire, variando el tiempo de 15, 30 y 45 minutos, y analizando parámetros físicos y microbiológicos. Como resultado de pH se obtuvo para T=15 min de 7.95, para un T=30 min de 7.08 y para un T=45 min de 7.8; como resultados de conductividad eléctrica se obtuvo para T=15 min de 15.49 us/cm, para un T=30 min de 16.66 us/cm y para un T=45 min de 19.43 us/cm, como resultado de sólidos totales disueltos se obtuvo para T=15 min de 7.85 ppm y para 30 min y 45 min se obtuvo 0 pp; como resultado de oxígeno disuelto se obtuvo para T=15 min de 3.1 mgOD/L, para un T=30 min de 2.6 mgOD/L y para un T=45 min de 5.3 mgOD/L, como resultado de DBO₅ se obtuvo para T=15 min de 472.5 mg/L, para un T=30 min de 221 mg/L y para un T=45 min de 145 mg/L, como resultado de DQO se obtuvo para T=15 min de 712.6 mgO₂/L, para un T=30 min de 870.6 mgO₂/L y para un T=45 min de 553.5 mgO₂/L y como resultado en la concentración de coliformes termotolerantes se obtuvo para T=15 min de 350 NMP/100 ml, para un T=30 min de 79 NMP/100 ml y para un T=45 min de 20 NMP/100 ml. Estos resultados mejoraron la calidad del agua conforme a los Estándares y Calidad Ambiental (ECA).

Fajardo (2018) en la tesis titulada “Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región callao, Perú” tuvo como objetivo determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua superficial del ACR para propuestas orientadas a su recuperación y manejo sostenible. El estudio se llevó a cabo durante 7 meses (febrero-agosto 2015), considerando 15 estaciones para muestras de agua superficial y 2 estaciones para muestras de agua subterránea. Los resultados de las muestras se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) 2008, 2015, 2017 del Perú y ante esa comparación se obtuvo los valores más altos de coliformes totales y fecales en las aguas

superficiales del área de estudio. A su vez en su mayoría, los parámetros fisicoquímicos superaron los ECA mencionados. Concluyendo que el área de estudio está afectada por la contaminación microbiológica y fisicoquímica. Además, se encontró una alta contaminación de plomo, siendo unos de los metales pesados de mayor preocupación.

Cancho y Obregón (2018) en su tesis titulada “Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego utilizando un generador de oxígeno mediante microburbujas en el vivero municipal de los olivos – 2018”, tiene como objetivo determinar el nivel de mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos utilizando el generador de oxígeno con microburbujas. En el estudio experimental se realizó 3 corridas para 3 horas distintas (2, 4 y 6 horas) donde se analizó OD, DBO, grasas, pH, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Como resultados se obtuvo la mejor hora de reducción ha sido para las 6 horas obteniendo un 98.5 % de remoción de coliformes termotolerantes, aumento del 22% del oxígeno disuelto, aumento del 38% de DBO, reducción del 87% de aceites y grasa, aumento del 12% del pH, 40% de remoción de nitritos y nitratos y 171% de eficiencia del Sulfato. Finalmente se logró cumplir el Estándar de Calidad Ambiental (ECA-Categoría 3).

Rodríguez et al. (2017) en su tesis titulada “Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local”, tuvo como objetivo realizar un diagnóstico microbiológico en 15 estaciones de monitoreo del ACR, donde la misma población ha hecho uso con fines recreativos. Se determinó la concentración de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis*. El análisis de los resultados de las muestras indicó que los coliformes totales superaron los ECA en 6 estaciones y los coliformes termotolerantes superaron los ECA en 2 estaciones; por lo cual, evidencia que las acciones humanas han alterado la calidad del agua y por ende podría afectar la salud de la población que la utiliza.

Reyes y Valverde (2017) en su estudio “Eficiencia de micronanoburbujas para el tratamiento de aguas residuales Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco” tuvo como objetivo minimizar la concentración de coliformes totales presentes en los efluentes de Puerto Bermúdez, Oxapampa, Perú con la generación de microburbujas de aire. En la investigación analizaron 3 muestras de S1 (300 ml de aguas residuales + 700 ml de agua con MNB), S2 (400 ml de aguas residuales + 600 ml de agua con MNB) y S3 (900 ml de aguas residuales + 100 ml de agua con MNB) con el sistema patentado por el Dr. Eng. Jhonny Valverde Flores. Los resultados obtenidos mostraron una reducción de coliformes termotolerantes en la muestra S1 de 14500 UFC/100 ml a 4900 UFC/100 ml. Con ello se puede concluir que a mayor concentración de micro-nanoburbujas se obtendrá mayor reducción de coliformes termotolerantes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Microburbujas

Según Juwana et al. (2019), la microburbuja se define como una burbuja cuyo diámetro es menor de un milímetro.

Su micro tamaño ofrece numerosas ventajas en comparación con la burbuja de tamaño convencional, como en términos de mayor área de contacto gas-líquido y velocidad de ascenso muy lenta. Estas características especiales hacen que las burbujas permanezcan más tiempo en el líquido y dan como resultado un proceso de transferencia de masa más rápido. (pág. 2)

Características

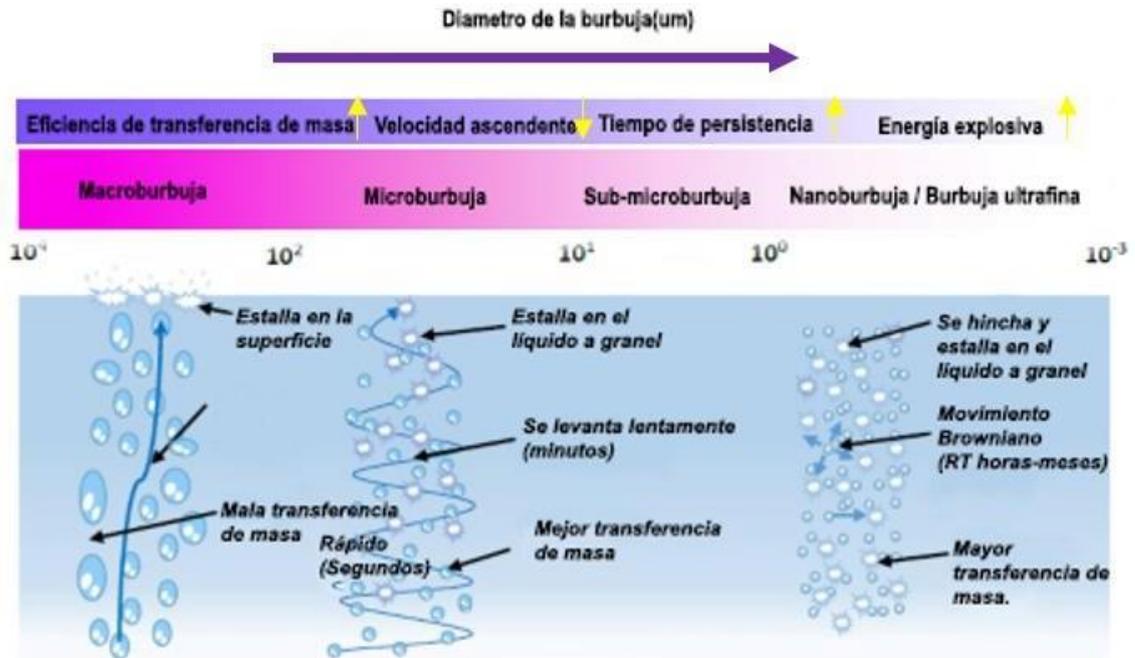
Tamaño. Temesgen et al. (2017), señaló que los límites del tamaño de las microburbujas podrían encontrarse entre el rango de 10 a 100 μm de diámetro (pág. 5).

Sabeera et al (2020) en su estudio sobre el uso de la microburbuja en la remediación de agua subterránea indica lo siguiente:

El tamaño de las burbujas es dinámico, es decir, las nanoburbujas pueden formarse después de la contracción de microburbujas, mientras que los nanoburbujas pueden fusionarse para convertirse en microburbujas (pág. 19).

Figura 1

Propiedades y tamaños de las microburbujas



Fuente: Temesgen et al., 2017

Los factores que influyen en el tamaño de la burbuja son: la presión, el caudal de fluido, el caudal de aire, agentes tensoactivos, electrolitos, etc. Asimismo, las condiciones operativas y el diseño afectan el tamaño de las microburbujas (pág. 19). Por ejemplo, se ha demostrado la influencia de la presión en el tamaño de los micros nanos burbujas:

Una de las propiedades que diferencia a las microburbujas de las burbujas es que mientras asciende la microburbuja su radio disminuye, lo cual es explicado mediante la ecuación de Young – Laplace (Franco Gutiérrez, 2015 pág. 16).

Tabla 1

Relación entre la presión de operación y el tamaño de la MNB

Parámetros		Rango de tamaño (micras)	Tamaño promedio (micras)	Referencia
Presiones (PSI)	90	30-60		(2017)
	87.0226	15-85	28	(2015)
	51,4358	15-85	30	(2002)
	43,5113	15-85	41	(2015)

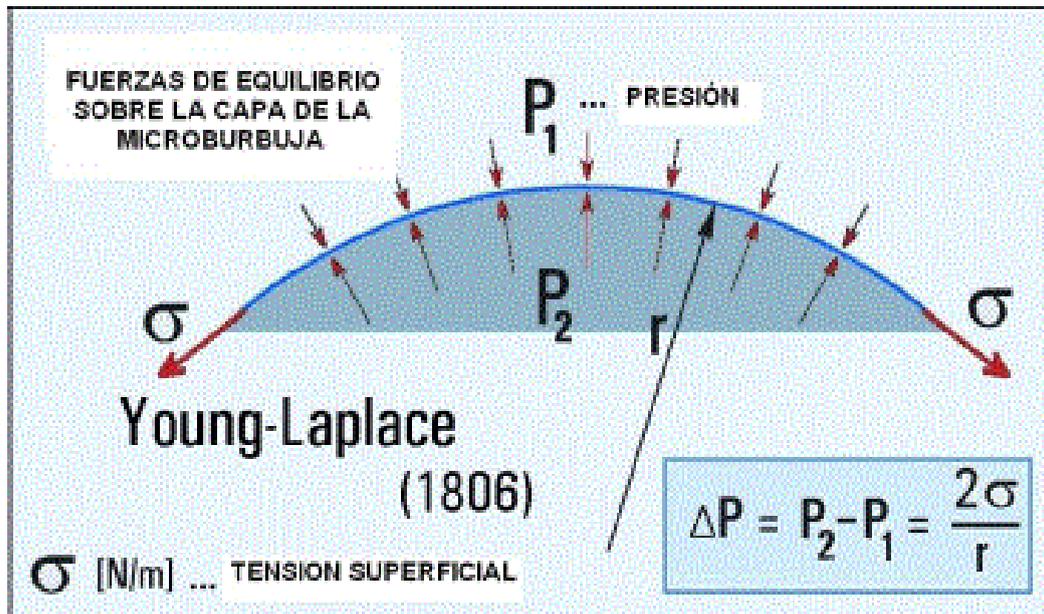
Superficie específica. Las microburbujas tienen una superficie específica alta por unidad de volumen de dispersión, a (L^{-1}).

Para una cantidad determinada de aire disperso, la disminución del tamaño de burbuja resulta en el aumento de la superficie específica. Asimismo, la presencia de contaminantes, por la inclusión de tensoactivos ayuda en la formación y mantenimiento de la membrana de la microburbuja formando una capa en la interfase, de este modo la superficie de la microburbuja se hace inmóvil, que se traduce en la velocidad de crecimiento más lento (Beltran Ortiz, y otros, 2012).

La velocidad ascensional de V_{ab} , es proporcional al cuadrado del diámetro de la burbuja. Una microburbuja con un diámetro de 20 asciende lentamente, una velocidad lenta conduce a un mayor tiempo de residencia y por tanto una mayor cantidad de gas disperso que está asociado con una mayor área interfacial (Beltran Ortiz, y otros, 2012).

Presión interna alta. La presión que produce la tensión superficial de la película de líquido que rodea a una microburbuja de gas, es inversamente proporcional al radio de la microburbuja, de manera que cuanto más pequeña la microburbuja, mayor es el efecto de la tensión superficial. Esta presión actúa en el sentido de colapsar a la microburbuja, por lo que su presión interna para que ésta no colapse, ha de ser igual a la tensión superficial más la presión ambiental, tal como se puede ver en la Figura 2 (Beltran Ortiz, y otros, 2012).

Figura 2
Tensión superficial ley de Young-Laplace



Fuente: (Burns, Yiacoumi y Tsouris 1997)

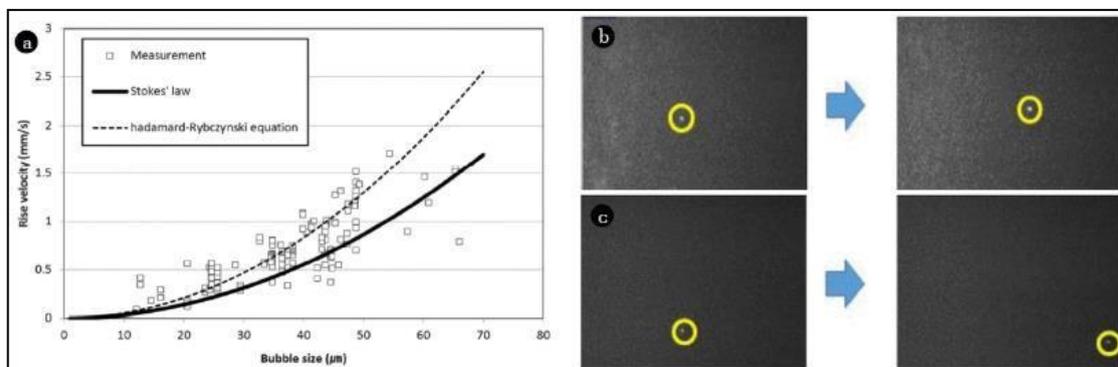
Velocidad de ascenso. El aumento de la velocidad es un parámetro clave que afecta el comportamiento de burbujas en el agua y la solución de líquido. La velocidad ascendente está determinada por el equilibrio de fuerzas de flotabilidad y arrastre que actúan sobre él (Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review, 2017).

Varios estudios mencionan el enfoque para la determinación de la velocidad terminal de una sola burbuja, podría ser expresado con la Ley de Stoke (Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review, 2017)

Los resultados experimentales que se realizaron utilizando la ley de Stoke, muestran que a medida que disminuye el tamaño de la burbuja, la velocidad de subida también disminuye (Kim, y otros, 2019).

Figura 3

Mediciones de velocidad de subida



Nota. (a) burbujas de micra, (b) burbuja de submicras, (c) burbuja de submicras. Las figuras (b) y (c) muestran dos conjuntos de imágenes secuenciales que siguen dos burbujas submicrométricas diferentes. La imagen de la izquierda se recopiló antes del movimiento, mientras que la imagen de la derecha se recopiló después del movimiento. Cada imagen se tomó desde la misma perspectiva, en intervalos de 7 minutos. Fuente: (Kim et al. 2019)

La velocidad de subida muy lenta genera un mayor tiempo de residencia. Producto de esto, el suministro de aire en forma de microburbujas permite transferir un alto nivel de oxígeno y por lo tanto es aplicable al proceso que lo consumen (Franco Gutiérrez, 2015 pág. 16).

Potencial Zeta. Clogston et al., citado por Sabeera et al. (2020), consideran que el potencial zeta es el potencial eléctrico en la doble capa interfacial de una partícula o gota dispersa versus un punto en la fase continua lejos de la interfaz (pág. 10).

La potencial zeta es un importante indicador para predecir la estabilidad de las microburbujas en solución acuoso determinando el potencial eléctrico o la interacción entre burbujas y otras gotas o partículas. Si todas las burbujas o partículas tienen un potencial zeta en un valor absoluto alto, entonces se consideran más estables (Thi Phan, y otros, 2019).

Algunos de los factores que influyen en la potencial zeta son: el pH de solución, fuerza iónica, concentración de aditivos, temperatura, etc.

Takahashi (2005), demostró que las micro-nanoburbujas (MNB) están cargadas negativamente con un promedio de potencial promedio entre -30 y -40

mV independientemente del diámetro de la burbuja. Una explicación a esto es que la adsorción de OH^- en la interfaz por la diferencia en la energía del hidrógeno entre H^+ y OH^- o por la orientación de los dipolos de agua en la interfaz gas-agua.

La magnitud de la carga superficial negativa de las MNB es proporcional al valor de pH. En un experimento demostraron que el valor de pH aumento de 3 a 12 cuando el tamaño del NB se redujo de 652 nm a 251 nm y su potencial zeta se redujo de un valor positivo a -9mV (Sabeera, y otros, 2020 pág. 20).

Método Hidrodinámico.

Existen diversos métodos para generar microburbujas como electrólisis, método acústico, aplicación de membrana de nanoporos, cavitación hidrodinámica, agitación mecánica, entre otros.

En el presente estudio se utilizará el método hidrodinámico debido al costo de las piezas del sistema de microburbujas.

El método hidrodinámico, se basa en el principio de cavitación que provoca la formación de cavidades llenas de vapor donde la presión en el líquido es suficientemente baja. Una placa de orificio o un tubo Venturi son las herramientas más comunes para crear cavitación (Sabeera, y otros, 2020 pág. 14).

El tipo de generador Venturi tiene tres componentes principales, siendo una parte convergente, una garganta y una parte divergente (Sabeera, y otros, 2020 pág. 23). Durante el funcionamiento del sistema Venturi, tanto el gas como el líquido se transfiere al mismo tiempo a través del tubo Venturi y la reducción de presión que conduce a la cavitación se puede obtener acelerando la velocidad del flujo debido al diámetro estrecho en la zona convergente cónica. Las burbujas generadas durante este proceso explotan dando lugar a cavidades hidrodinámicas. Cabe indicar, que el mecanismo tipo Venturi basado en la cavitación hidrodinámica se ha utilizado ampliamente debido a su facilidad para escalar, operar y controlar (Thi Phan, y otros, 2019 págs. 13-14).

Cuando las microburbujas estallan en soluciones acuosas, las cargas positivas y negativas liberan instantáneamente la energía acumulada, produciendo muchos iones de radicales libres como iones de oxígeno, iones de hidrogeno, iones hidroxilo, etc. Entre ellos, el radical hidroxilo tiene un efecto de oxidación, que puede oxidar y descomponer algunos contaminantes orgánicos. Cabe indicar que las microburbujas pueden generar radicales libres sin ningún estímulo o aditivo, pero los radicales son de corta duración (Sabeera, y otros, 2020 pág. 18).

Aplicaciones de las microburbujas.

Se pueden encontrar en la medicina, agricultura, limpieza de superficies, tratamiento de aguas, sistemas energéticos, micro dinámica de fluidos, ingeniería de materiales y flotación.

Las microburbujas son utilizadas en el campo del tratamiento de agua por su rápida disolución y para mejorar la eficiencia del tratamiento (Micro-nanobubble aeration promotes senescence of submerged macrophytes with low total antioxidant capacity in urban landscape water, 2020 pág. 3). En la remediación de aguas subterráneas se bombea un gas por debajo del nivel freático para favorecer la circulación de las aguas y generar mayores cantidades de oxígeno para la biodegradación (Sabeera, y otros, 2020 pág. 4).

2.2.2. Humedales

Los humedales son indispensables por los incontables beneficios o servicios ecosistémicos que brindan a la humanidad. Entre ellos tenemos suministro de agua dulce, mantenimiento de la biodiversidad, materiales de construcción, provisión de recursos genéticos, belleza paisajística, control de crecidas, recarga de aguas subterráneas y mitigación del cambio climático (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2021).

- El componente geomorfológico introduce aspectos relacionados con la textura del substrato, el tipo de sedimentos palustre, la morfometría y morfología de la cubeta y aspectos edafológicos.

- El componente hidrológico abarca criterios de tipo hidrológicos tales como: modo de alimentación, modo de vaciado o drenaje, hidroperíodo, tasa de renovación, hidroquímica e hidrodinámica.
- El componente organismo (biota) reúne aspectos relacionados con la vegetación acuática y los organismos que requieren substratos saturados o inundados.

Según Moya et al, (2005) los mecanismos de mitigación a los impactos del cambio climático que tienen los humedales son:

- Estabilización de costas.
- Regulan la cantidad y calidad del agua
- Constituyen una primera defensa a la acción de huracanes y tormentas severas.
- Disminuye el impacto de los vientos

Área de Conservación Regional – Humedales de Ventanilla.

Los humedales de Ventanilla durante el tiempo han sufrido diversos cambios, su primera invasión data del año 1980 en el que se asentaron los siguientes asentamientos: A.H. Defensores de la Patria, A.H. Valle Verde, A.H. Apurímac y Asociación Los Chankas (Moschella Miloslavich, 2012 pág. 71).

El 26 de junio de 1998 la Municipalidad de Ventanilla mediante acuerdo de consejo N° 016-98/MDV-AL, declaró a Los Humedales de Ventanilla como Reserva Ecológica Intangible. En el acuerdo se reconoció 538,68 Ha de las 653,22 Ha de extensión del humedal (Institucionalidad legal y competencia en gestión ambiental de las entidades públicas: Realidad y perspectiva de la Reserva Ecológica "Humedales de Ventanilla", 2004 pág. 2).

En el 2004, mediante Ordenanza Regional N° 006-2004-REGIÓN-CALLAO-CR se propició la reubicación voluntaria de 450 familias fuera del ACR. Sin embargo, el proyecto “Reubicación de Pobladores de Zona de Alto Riesgo – Ventanilla – Callao”, no alcanzo el éxito requerido (Gobierno Regional del Callao, 2015 pág. 58).

El Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, se creó el 20 de diciembre del 2006 mediante Decreto Supremo N° 074-2006-AG con un total de 275, 45 hectáreas administradas por el Gobierno Regional del Callao a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión de Medio Ambiente.

Aspectos generales

Localización. El ACR Humedales de Ventanilla se encuentra localizado en la parte baja y centro occidental de la Cuenca del Río Chillón en el distrito de ventanilla, Región Callao, departamento de Lima.

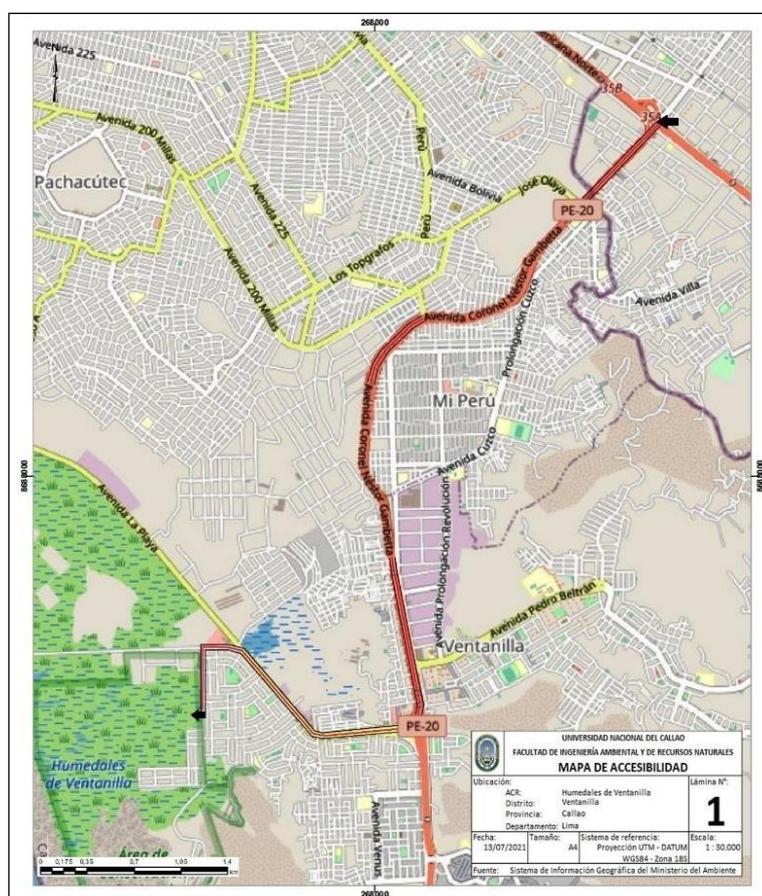
El ecosistema cuenta con una extensión de 275,45 hectáreas según lo establecido en el Decreto Supremo N° 074-2006-AG; sus límites son:

- Al norte: Av. La Playa – Balneario Costa Azul.
- Al sur: Zonas eriazas de las estribaciones finales de los cerros Colinar y Los Perros.
- Al Este: Av. Miguel Grau que delimita con el asentamiento humano Defensores de la Patria, así como con los terrenos de granjas avícolas.
- Al Oeste: Playas de Ventanilla en una longitud aproximada de 3 Km. Aproximadamente.

Acceso. El acceso al ACR Humedales de Ventanilla desde Lima es por la Carretera Panamericana Norte hasta el Cruce de Ventanilla, luego se toma la salida 35 A hacia la Avenida Néstor Gambeta en dirección a Ventanilla. Después, se gira hacia la izquierda en la calle 11 y luego a la derecha con dirección a la calle 12. Finalmente, se gira a la derecha con dirección a la avenida La Playa hasta llegar a la avenida Miguel Grau. En la **Figura 4** se muestra el acceso desde el Cruce de Ventanilla hasta el ACR Humedales de Ventanilla.

Figura 4

Acceso al ACR Humedales de Ventanilla



Fuente: Sistema de información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID).

Clima. El ACR Humedales de Ventanilla se ubica en la formación Desierto sub-tropical (d-ST) de Holdridge, y el clima corresponde al de la Zona Costanera de Lima; caracterizada por un clima semicálido, desértico templado y húmedo debido a la influencia de la brisa marina en la Zona de Inversión Térmica Costera. (Alvarez Begazo, 2007 pág. 17)

Para evaluar las características del área de estudio, se ha analizado la información de la estación meteorológica más cercana al área, y que guarda relación con la altitud y latitud. Los datos meteorológicos según la estación Antonio Raimondi para el periodo de enero a diciembre del 2020 son:

- La temperatura media anual es de 19,77 °C, con temperaturas máximas de 32,2 °C en enero y mínimas de 12,5°C en julio.

- La humedad relativa media anual es de 82,33%.
- La velocidad del viento promedio en el periodo de enero a diciembre del 2020 es 2,18 m/s, registrándose la máxima velocidad en el mes de marzo.
- La dirección del viento promedio registrada en la estación Antonio Raimondi es de 249,93° (Oeste).

Geología. El ACR Humedales de Ventanilla tiene su origen en los afloramientos de lava volcánica que fueron eyectados cuando estuvieron sumergidos en el mar; están relacionadas con el movimiento tectónico de formación de la fosa Lima, un abismo marino de 5 070 m de profundidad que en su hondonada toma el nombre de “Milne Edward”, ubicado frente a Lima a 7 km al oeste de las Playas de Ventanilla.

El distrito de Ventanilla está formado por restos de antiguas montañas volcánicas, emplazamiento plutónico y plegamiento de sedimentitas en períodos cronológicos sucesivos: fines del Jurásico y comienzos del Cretáceo, en que se formó el Salto del Fraile, Pamplona, entre otros (Institucionalidad legal y competencia en gestión ambiental de las entidades públicas: Realidad y perspectiva de la Reserva Ecológica "Humedales de Ventanilla", 2004 pág. 4).

La estructura litológica del área de estudio está representada por: “Formación Pamplona, Humedal fangoso, Depósito Marinos arenosos y Depósitos aluviónicos antiguos, los cuales corresponden a la edad Cretácica” (Gobierno Regional del Callao, 2015 pág. 22).

Geomorfología. El área de estudio “ha sufrido el impacto de la acción marina, eólica, fluvial y tectónica. Presenta un litoral casi recto orientado en la parte septentrional hacia el occidente, seguido de áreas lagunares y áreas hidromórficas rodeada de colinas que alcanzan elevaciones hasta 208 msnm”. (Muguruza Minaya, 2015 pág. 91)

El ACR Humedales de Ventanilla y sus alrededores morfológicamente se relacionan con afloramientos de rocas sedimentarias constituidas por areniscas y lutitas grises, duras, silíceas, con estratificación delgada, intercalada con

algunas calizas y derrames volcánicos andesíticos, todas pertenecientes a la formación Puente Piedra del Cretáceo Inferior. Estas rocas constituyen el basamento del área (Institucionalidad legal y competencia en gestión ambiental de las entidades públicas: Realidad y perspectiva de la Reserva Ecológica "Humedales de Ventanilla", 2004 págs. 4-5).

Según el Gobierno Regional del Callao (2015), las unidades geomorfológicas que se presenta el área de estudio son:

- Humedales pantanosos: son áreas fangosas con retención de agua superficial.
- Planicies con colinas bajas: son elevaciones de terreno de 20 a 80 metros de altura desde la parte basal circundante a la cima.
- Terrazas arenosas marina: en estos lugares, por la horizontalidad del relieve y la constitución del suelo, con elevadas proporciones de limos, materia orgánica y un substrato rocoso impermeable, tiende a concentrar y a veces aflorar las aguas subterráneas locales o de la napa acuífera, determinando la formación de ambientes hidrométricos anegados, de especial importancia ecológica e hidrológica. Como es el caso, del ACR – HV. Actualmente este humedal se halla en proceso de desecamiento por disminución del nivel freático como consecuencia del arrojado de desmonte con el objeto de “tapar el agua con tierra”.
- Acantilados rocosos: están ubicados al Sur del ACR.

Suelos. Según un estudio realizado por el Gobierno Regional del Callao (2015), el ACR Humedales de Ventanilla presenta suelos de textura arenosa y franca arenosa, pero de tipo pantanosa e inestable, con rango de pH entre 7,8 y 8,38; suelos alcalinos, con alta salinidad y con bajo contenido de materia orgánica (entre 0,4 y 1,07%).

En la MZEE del 2011, se estableció a la zona del ACR como tierras de protección por su capacidad de uso mayor de tierras.

Arrús Benavente & Mogollón Cuba (2019), han identificado los siguientes usos de suelo en el área de estudio:

a) Avícolas

Existen tres parcelas en donde se realiza la actividad avícola, el Predio Rusticó Zona C (pertenece a Diego Burin Matasa), Parcela F (pertenece a Virginio Carranza) y Parcela C (pertenece a Diego Burin Matasa). Los propietarios adquirieron sus derechos de tierras antes de la creación del ACR, es por esto que no se les puede desalojar.

b) Balneario Costa Azul

Está ubicado al noroeste del Humedal de Ventanilla, es un lugar de recreación en verano que fue creado en el año 2010. Por su cercanía con el humedal y la gran cantidad de movimiento que producen las personas en los meses de verano, representa un punto de contaminación sonora y ambiental.

c) ONG OIVIDA

Están ubicados en la Av. La playa, al norte del Humedal de Ventanilla, en la zona de amortiguamiento. Están en espera de que el Gobierno Regional del Callao les ceda el terreno. Cuentan con una caseta de madera donde realizan actividades administrativas. Participan y colaboran con la ACR para la conservación y el buen manejo del Humedal.

d) Institución educativa privada Héroes del Pacífico
Colegio que cuenta con inicial, primaria y secundaria.

e) Población entorno inmediato

La población del entorno inmediato del humedal está compuesto por los Asentamientos Humanos Defensores de la Patria, Valle Verde, Cooperativa Apurímac y Santa María Elizabeth.

Hidrología. El ACR Humedales de Ventanilla se ubica en una cuenca arreica y el afloramiento de las aguas subterráneas está relacionada al acuífero del Chillón desde el sur – este y por intrusión marina por el oeste (Gobierno Regional del Callao, 2015).

Las aguas subterráneas provienen desde el valle Chillón, a través de fracturas y fallas geológicas que conectan el acuífero y valle agrícola del río Chillón ubicadas en los distritos Puente Piedra y Carabayllo; asimismo afloran por represamiento del nivel del mar y la intrusión marina, que produce un mal drenaje. Por otro lado, las aguas servidas urbanas provienen del distrito Ventanilla, a través del alcantarillado, tratamiento en lagunas de estabilización y el rehúso en cultivos. Estas aguas causan el ascenso del nivel freático, por consiguiente, el humedal se está extendiendo hacia el norte y sur de la Terraza Marina arenosa (Alvarez Begazo, 2007).

Según, el reporte del personal del ACR, existen un total de 13 espejos de agua que permanecen todo el año. Los 5 espejos de agua de gran extensión del ACR se encuentran ubicados en medio de los salicorniales, así como en el extremo sur del área de los humedales (Gobierno Regional del Callao, 2015).

Fajardo Vidal (2018) en el estudio "Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú" identificó lo siguiente:

La presencia de altas cargas de *Escherichia coli* en las estaciones M-1, M-8, M-9 y M-12, lo cual indica una contaminación con heces humanas y de animales o de cercanías a aguas residuales poniendo en peligro la salud de la población. Asimismo, se reportó altos valores de coliformes fecales y coliformes totales en el ACR, lo que corresponde a un ecosistema impactado. El estudio también determinó la presencia de metales pesados como el Arsénico, Plomo, Mercurio y Cadmio en algunos de los cuerpos de agua.

Tabla 2

Ubicación y descripción de los cuerpos de agua en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla

Estación	Posición Geográfica		Zona de muestreo	Referencia	Excedencias*		
	Este	Norte			Parámetros		
					Físico Químico	Metales	Microbiológico
M-1	266668	8686350	Filtro de agua	Manante de Agua	NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, TDS, Conductividad	Hg, P, Pb, Se, Tl	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-2	266542	8686063	Valle verde	Invasión	NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, TDS, Conductividad	P, Se, Tl	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-3	266369	8686221	Pisciplaya 1	Uso público	NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, TDS, Conductividad	P, Pb, Se, Tl	Coliformes Totales
M-4	266855	8685771	Cañaveral	Cerca de la cantera	DBO ₅ , NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, OD, TDS, Conductividad	As, Cu, P, Pb, Se, Zn	-
M-5	266683	8686532	Canal Cerco	AA.HH Defensores de la Patria	DBO ₅ , NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, pH, TDS, Conductividad	P, Pb, Se	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-6	265323	8686440	Boulevard Costa Azul	Zona Norte	DBO ₅ , NH ₄ ⁺ -N, OD, TDS, Conductividad	As, P, Pb, Se, Zn, Tl	-
M-7	265427	8686087	Playa Costa Azul	Zona Sur	DBO ₅ , NH ₄ ⁺ -N, OD, TDS, Conductividad	As, P, Pb, Se, Zn, Tl	-
M-8	266493	8685632	Canal Valle Verde 5D 1	Frente al colegio inicial, próximo a Piezómetro 1	NH ₄ ⁺ -N, OD, TDS, Conductividad	As, P, Pb, Se, Tl	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-9	266218	8685699	Canal Valle Verde 5D 2	Próximo a piezómetro 2	DBO ₅ , NO ₃ ⁻ -N, NH ₄ ⁺ -N, pH, TDS, Conductividad	As, Cd, P, Pb, Se, Tl	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-10	265755	8685211	Espejo Rojo	Ceca a la playa	DBO ₅ , Fosfato, NH ₄ ⁺ -N, OD, pH, TDS, Conductividad	As, Cd, Cu, P, Pb, Se, Zn	-

Estación	Posición Geográfica		Zona de muestreo	Referencia	Excedencias*		
	Este	Norte			Parámetros		
					Físico Químico	Metales	Microbiológico
M-11	266205	8685983	Espejo Central	Frente Valle Verde	DBO5, NO3--N, NH4+-N, OD, TDS, Conductividad	As, Cd, Cu, P, Pb, Se, Zn	Coliformes Totales
M-12	266067	8686434	Espejo de Agua	Cerca del Canal Central 4	DBO5, NO3--N, NH4+-N, TDS, Conductividad	As, Cd, Cu, P, Pb, Se, Zn	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-13	265655	8685757	Transecto 4 de aves	Transecto de Aves	DBO5, Fosfato, NH4+-N, PH, TDS, Conductividad	As, P, Pb, Se, Zn, TI	-
M-14	266182	8686338	Canal 3	Canal Principal	NO3--N, NH4+-N, pH, TDS, Conductividad	P, Pb, Se	Coliformes Totales, Coliformes Fecales
M-15	266506	8686186	Pisciplaya 2	Uso Público	DBO5, NO3--N, NH4+-N, TDS, Conductividad	Hg, P, Pb, Se	Coliformes Totales
M-16	266528	8685473	Piezómetro 1	Cerca de Entrada de Boquerón	DBO5, NH4+-N, OD, TDS, Conductividad	As, Cd, P, Pb, Zn, TI	-
M-17	266119	8685721	Piezómetro 2	Frente de Canal 5D de Valle Verde	DBO5, Fosfato, NH4+-N, OD, TDS, Conductividad	As, Cd, Cu, P, Pb, Zn	-

*Se realizó la comparación con los ECA 2015 y ECA 2017

Fuente: Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú.

Ambiente Biológico

Flora

Según el Plan Maestro del 2009-2014, "la flora en los humedales de ventanilla se divide en dos grandes grupos: Plantas aéreas (emergentes) y plantas acuáticas (principalmente algas y microalgas)" (pág. 41).

De acuerdo a un estudio de Aponte & Ramírez (2014) sobre la riqueza florística realizado entre el año 2013 y 2014, se logró identificar 20 especies en el ACR de plantas vasculares, de las cuales 12 son Monocotiledóneas y 8 son Eucotiledoneas; las familias más abundantes fueron Poaceae (11 especies), Cyperaceae (08 especies) y Asteraceae (06 especies).

Ninguna de las especies indicadas en la Tabla 3, se encuentran dentro del listado de especies en categoría de amenaza establecido en el D.S. No. 043-2006-AG. Asimismo, no se registraron especies dentro del Apéndice II de Vulnerabilidad del CITES.

De acuerdo con los estudios revisados, existe trece especies endémicas en el área de estudio: *Bolboschoenus maritimus*, *Cyperus laevigatus*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Bacopa monnieri*, *Distichlis spicata*, *Paspalidium geminatum*, *Paspalum vaginatum*, *Phragmites australis*, *Sporobolus virginicus*, *Ruppia marítima*, *Typha domingensis* y *Lippia nodiflora*.

Fauna

La fauna silvestre del ACR Humedales de Ventanilla incluye las aves, mamíferos, anfibios e invertebrados; siendo el grupo mejor representado el de aves y de importancia las especies migratorias (Nuevos registros de fauna en el Área de Conservación Regional(ACR) Humedales de Ventanilla, 2015).

En la Tabla 4, se detallan algunas de las especies que podemos encontrar en el área de estudio.

Tabla 3

Lista de especies registradas en el ACR Humedales de Ventanilla.

Familia	Especie	Especie Endémica	D.S. N.º 043-2006-AG	UICN 2020-2	CITES 2020
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	x	--	--	--
Amaranthaceae	<i>Alternanthera halimifolia</i>	--	--	--	--
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	--	--	--	--
	<i>Dysphania ambrosioides</i>	--	--	--	--
	<i>Chenopodium macrospermun</i>	--	--	--	--
	<i>Oxybasis macrosperma</i>	--	--	--	--
	<i>Chenopodium murale</i>	--	--	--	--
	<i>Chenopodiastrum murale</i>	--	--	--	--
	<i>Sarcocornia neii</i>	x	--	--	--
	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	--	--	--	--
Araliaceae	<i>Apium graveolens</i>	--	--	--	--
Asteraceae	<i>Baccharis lanceolata</i>	x	--	--	--
	<i>Baccharis salicifolia</i>	--	--	--	--
	<i>Bidens pilosa</i>	--	--	--	--
	<i>Cichorium intybus</i>	--	--	--	--
	<i>Eclipta prostrata</i>	--	--	--	--
	<i>Enydra sessilifolia</i>	x	--	--	--
	<i>Spilanthes urens</i>	x	--	--	--
	<i>Spilanthes leiocarpha</i>	--	--	--	--
	<i>Tessaria integrifolia</i>	--	--	--	--
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	x	--	--	--

Familia	Especie	Especie Endémica	D.S. N.º 043-2006-AG	UICN 2020-2	CITES 2020
	<i>Heliotropum krauseanum</i>		--	--	--
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sp.</i>		--	--	--
	<i>Salicornia fruticosa</i>	--	--	--	--
Commelinaceae	<i>Commelina fasciculata</i>	--	--	--	--
Cyperaceae	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	x	--	--	--
	<i>Cyperus esculentus</i>	--	--	--	--
	<i>Cyperus laevigatus</i>	x	--	--	--
	<i>Eleocharis caribaea</i>	--	--	--	--
	<i>Scirpus americanus</i>	--	--	--	--
	<i>Scirpus asper</i>	--	--	--	--
	<i>Scirpus californicus</i>	--	--	--	--
	<i>Schoenoplectus americanus</i>	x	--	--	--
	<i>Schoenoplectus californicus</i>	x	--	--	--
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia peplus</i>	--	--	--	--
Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	--	--	--	--
	<i>Prosopis sp.</i>	--	--	--	--
Plantaginaceae	<i>Bacopa monnieri</i>	x	--	--	--
	<i>Solanum pimpinellifolium</i>	--	--	--	--
Poaceae	<i>Salicornia fruticosa</i>	--	--	--	--
	<i>Cenchrus echinatus</i>	--	--	--	--
	<i>Cynodon dactylon</i>	--	--	--	--
	<i>Distichlis spicata</i>	x	--	--	--
	<i>Echinochloa crusgalli</i>	--	--	--	--
	<i>Eleusine indica</i>	--	--	--	--

Familia	Especie	Especie Endémica	D.S. N.º 043-2006-AG	UICN 2020-2	CITES 2020
	<i>Leptochloa uninervia</i>	--	--	--	--
	<i>Diplachne subsp. uninervia</i>	--	--	--	--
	<i>Paspalidium geminatum</i>	x	--	--	--
	<i>Paspalum vaginatum</i>	x	--	--	--
	<i>Phragmites australis</i>	x	--	--	--
	<i>Sorghum vulgare</i>	--	--	--	--
	<i>Sorghum bicolor</i>	--	--	--	--
	<i>Sporobolus virginicus</i>	x	--	--	--
Portulacaceae	<i>Portulaca sp.</i>	--			--
Ruppiaceae	<i>Ruppia marítima</i>	x	--	--	--
Scrophulariaceae	<i>Bacopa monnieri</i>	--			--
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	--			--
	<i>Lycopersicum pimpinellifolium</i>	--			--
	<i>Solanum americanum</i>	--	--	--	--
Tamaricaceae	<i>Tamarix aphylla</i>	--	--	--	--
	<i>Tamarix sp</i>	--			--
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>	x	--	--	--
Verbenaceae	<i>Lippia nodiflora</i>	x	--	--	--
	<i>Phyla nodiflora</i>	--	--	--	--

Fuente: Riqueza florística y estado de conservación del Área de Conservación regional Humedales de Ventanilla (Callao, Perú).

Tabla 4*Especies de fauna existentes en el área de estudio*

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
Mammalia	Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago mastín
		Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro común
			<i>Glossophaga soricina</i>	Murciélago longirostro de Pallas
Aves	Anseriformes	Anatidae	<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo
			<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado
			<i>Anas clypeata</i>	Pato cuchara norteño
			<i>Anas discors</i>	Pato aliazul
			<i>Anas geórgica</i>	Pato jergón
			<i>Anas puna</i>	Pato de la puna
			<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pato silbón de vientre negro
			<i>Oxyura ferruginea</i>	Pato zambullidor
	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor pimpollo
			<i>Podiceps major</i>	Zambullidor grande
			<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor picogrueso
		Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cushuri
			<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Guanay
			<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Chuita
	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno
	Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Jabiru mycteria</i>	Jabirú
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca grande
			<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca
<i>Bubulcus ibis</i>			Garza bueyera	

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
			<i>Butorides striatus</i>	Garza tamanquita
			<i>Nyctanassa violacea</i>	Huaco de corona amarilla
	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán mixto
	Gruiformes	Rallidae	<i>Laterallus jamaicensis</i>	Gallineta negra
	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo de pico grueso
			Haematopodidae	<i>Haematopus ater</i>
		Scolopacidae	<i>Tringa semipalmata</i>	Playero de ala blanca
			<i>Calidris canutus</i>	Playero de pecho rufo
			<i>Calidris fuscicollis</i>	Playerito de lomo blanco
			<i>Calidris bairdii</i>	Playerito de Baird
			<i>Calidris himantopus</i>	Playero de pata larga
		Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina
			<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora
			<i>Gelochelidon nilotica</i>	Gaviotín de pico negro
			<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante
	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola orejuda
	Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario
		Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuza terrestre
			<i>Asio flammeus</i>	Lechuza de oreja corta
	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor
	Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura pelágica</i>	Vencejo de chimenea
			<i>Aeronautes andecolus</i>	Vencejo andino
	Trochiliformes	Trochilidae	<i>Thaumastura cora</i>	Colibrí de Cora
<i>Amazilia amazilia</i>			Colibrí de vientre rufo	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Forpus coelestis</i>	Periquito esmeralda	

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta peruviana</i>	Pampero peruano
			<i>Cinclodes taczanowskii</i>	Churrete marisquero
		Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i>	Mosquerito silbador
			<i>Anairetes flavirostris</i>	Torito de pico amarillo
			<i>Myiophobus fasciatus</i>	Mosquerito de pecho rayado
			<i>Muscigralla brevicauda</i>	Dormilona de cola corta
			<i>Progne subis</i>	Martín purpúreo
		Hirundinidae	<i>Petrochelidon rufocollaris</i>	Golondrina de collar castaño).
			<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja
		Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Pico de cono cinéreo
			<i>Poospiza hispaniolensis</i>	Monterita acollarada
			<i>Icteridae</i>	<i>Dives warszewiczi</i>
		Sauropsida	Squamata	Tropiduridae
<i>Microlophus peruvianus</i>	Lagartija de las playas			
Actinopterygii	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	Gupi
	Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común
	Cyprinodontiformes		<i>Poecilia reticulata</i>	Gupi
	Cypriniformes		<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común
	Perciformes		<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia sp</i>	Artemia

Fuente: Nuevo Registro de Fauna en el área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla.

2.3. Marco Conceptual

En el desarrollo de la investigación se usaron algunos conceptos que es importante definirlos para una mejor comprensión, estos se describen a continuación

2.3.1. Coliformes Termotolerantes

Se toma como definición base de los coliformes termotolerantes lo que señala en la Norma OS-090 Plantas de tratamiento de aguas residuales (MVCS 2009), que son bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 44.5 +/- 0,2 °C.

Asimismo, la cuantificación de los coliformes es mediante el índice o concentración de coliformes y de acuerdo con Hernández (2019, p. 20) se define como la cantidad estimada de microorganismos de grupo coliforme presente en cien mililitros (100 mL) de agua, cuyo resultado se expresa en términos del número de microorganismos mediante el método de filtración por membrana. Por lo que, en esta investigación la concentración de coliformes termotolerantes se determinó antes y después del tratamiento del sistema de microburbujas.

2.3.2. Sistema de microburbujas

Para Juwana et al. (2019), se define como sistema de microburbujas a la tecnología de tratamiento que genera burbujas con un diámetro menor a 1 mm, y de acuerdo con lo señalado por Sabeera et al. (2020) los tamaños de las microburbujas son influidos por diferentes factores siendo uno de ellos las condiciones operativas.

El sistema de microburbujas implementado en la presente investigación estuvo conformado por un recipiente de 50 L, una bomba centrífuga de 0.5 HP, un tubo venturí, tres manómetros, una unidad de mantenimiento, un rotámetro de agua, una compresora de aire, válvulas y tuberías en un

sistema cerrado lo que permitía mantener el tratamiento de las aguas de los humedales a las condiciones requeridas.

2.3.3. Área de Conservación Regional

Son Áreas Naturales Protegidas declaradas por la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas como espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país. Es importante precisar que, son de uso directo por lo que se permite el aprovechamiento y la extracción de recursos naturales siempre y cuando los usos y actividades que se desarrollen sean compatibles con los objetivos de la creación del área.

Las Áreas de Conservación Regional son catalogadas como patrimonio de la nación y administrados por los gobiernos regionales; por lo que, son respaldadas por un régimen especial de protección legal.

2.3.4. Humedal

Según la convención RAMSAR (Secretaría de la Convención de Ramsar 2013) los humedales son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Adicionalmente, de acuerdo con Lopez, Rubio y Machuca (2008) , la presencia de un humedal está limitada por factores abióticos (hidrología y geomorfología) y bióticos (presencia de organismos). La relación de estos factores y la variación espacio-temporal, condicionan la distribución y dinámica del humedal.

El humedal tiene una importancia fundamental en el ciclo hidrobiológico al regular los flujos de aguas, así como también regulan las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmosfera y son de utilidad para hábitat de especies de animales y vegetales; por tal motivo, en el Convenio de RAMAR se promueve su conservación y uso racional de los recursos de los humedales.

2.4. Definición de términos básicos

- **Coliformes:**

Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0,5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes) (MVCS 2009)

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):**

Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM 2005)

- **Muestreo:**

Toma de muestras de volumen predeterminado con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar (MVCS 2009).

- **Microburbujas:**

Se considera una microburbuja aquella burbuja fina con un diámetro de 1 a 100 micras (1µm a 100 µm) (Marui 2013).

- **Tubo venturi:** Los venturis son dispositivos que tienen el papel principal del control del caudal másico. El tubo convergente es un dispositivo eficaz para convertir la cabeza de presión en velocidad, mientras que el tubo divergente convierte la cabeza de velocidad a la cabeza de presión (Lafuente y López 2018)

- **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento (MVCS 2009).

- **Tratamiento primario:** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta (MVCS 2009).
- **Difusor:** Placa porosa, tubo u otro artefacto, a través de la cual se inyecta aire comprimido u otros gases en burbujas, a la masa líquida (MVCS 2009).
- **Análisis:** El examen de una sustancia para identificar sus componentes (MVCS 2009).

Se considera una microburbuja aquella burbuja fina con un diámetro de 1 a 100 micras ($1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$) (Marui 2013).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

La evaluación de coliformes termotolerantes tendrá un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- La presión del aire del sistema de microburbujas tendrá un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.
- El tiempo de contacto del sistema de microburbujas tendrá un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

3.2. Operacionalización de Variables

En la Tabla 5 se detalla las dimensiones, indicadores, índices, método y técnicas de investigación de la variable independiente y de la variable dependiente.

Tabla 5

Operacionalización de Variables

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice	Unidad	Método	Técnica
Variable Dependiente	Coliformes Termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla	Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 44.5 +/- 0,2 °C (MVCS 2009) cuya concentración removida mediante un sistema de tratamiento es calculada a través del análisis microbiológico	Los coliformes termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla se medirá mediante el análisis microbiológico.	Análisis Microbiológico	Concentración de Coliformes Termotolerantes	Cantidad de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Cuasi - experimental	Muestreo y Análisis de Laboratorio.
Variable Independiente	Sistema de Microburbujas	Tecnología de tratamiento que genera burbujas con un diámetro menor a 1 mm, según Juwana et al. (2019); cuyos tamaños son influidos por diferentes factores siendo uno de ellos las condiciones operativas, de acuerdo con Sabeera et al. (2020).	El sistema de microburbujas se medirá mediante las condiciones operativas	Condiciones Operativas	Presión del aire	40 50 60	PSI	Cuasi - experimental	Medición con regulador de presión
					Tiempo de contacto	15 30 45			min

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño Metodológico

4.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, o “también denominada activa, dinámica, práctica o empírica” de acuerdo con Santiago Valderrama (2002 pág. 164), el cual busca resolver un problema. Por ende, debido a que se buscó evaluar los coliformes termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla utilizando el sistema de microburbujas, a fin de mejorar la calidad de estas aguas, se ubica en este tipo de investigación.

4.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es explicativo de acuerdo con Santiago Valderrama (2002 págs. 173-174), el cual “se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o bien por qué se relacionan dos o más variables”; es decir, “se encarga de buscar el porqué del problema mediante la relación causa-efecto”. En esta investigación, se expone al sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla, como una alternativa para mejorar la calidad de estas.

4.1.3. Enfoque de Investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, el cual es “apropiado cuando se quiere estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis” (Hernández Sampieri, 2018 pág. 6). En esta investigación, se evaluó las concentraciones de coliformes termotolerantes luego de utilizar el sistema de microburbujas de acuerdo con las condiciones operativas propuestas, a fin de determinar si tendrá un efecto significativo.

4.1.4. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es experimental, que “se refiere a realizar una acción y después observar las consecuencias” (Hernández Sampieri, 2018 pág. 151); es decir, se aplicó el sistema de microburbujas (variable independiente) con el

objetivo de evaluar los coliformes termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla (variable dependiente).

Diseño Experimental

$$Y = f(x)$$

$$Y = X_1 + X_2$$

Donde:

X: Sistema de Microburbujas.

X1: Presión del Aire.

X2: Tiempo de Contacto.

Y: Coliformes Termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

4.1.5. Procedimiento Experimental

La elección del diseño factorial 3^k se considera viable en este estudio debido a varias razones. En primer lugar, el diseño permite investigar no solo los efectos lineales de los factores estudiados, sino también los efectos de curvatura y las interacciones entre los factores. (Gutiérrez Pulido, y otros, 2008 pág. 239)

En cuanto al diseño factorial 3^2 consta de dos factores con tres niveles (o grupos) cada uno, lo que resulta un total de nueve tratamientos diferentes. El modelo estadístico para este diseño considera los efectos individuales de cada factor, así como la interacción entre ambos. Sin embargo, es importante destacar que, para tener suficientes grados de libertad en el error, se requiere al menos dos réplicas del experimento. (Melo, y otros, 2020 pág. 423)

Para la elaboración de la presente investigación, se utilizó el diseño factorial 3^2 con tres réplicas. Los factores investigados fueron la presión de aire (40, 50, 60 PSI) y el tiempo de contacto (15,30 y 45 min), los cuales cuentan con tres niveles (o grupos) cada uno. El diseño experimental contempló nueve tratamientos primarios con tres réplicas, lo que suma un total de 27 corridas.

El tiempo de contacto se consideró como un factor en este estudio debido a que las tesis citadas en los antecedentes indican que es una dimensión relevante para mejorar los parámetros microbiológicos. En particular, se tomó como base la tesis de Fernández (2019), donde se utilizaron intervalos de tiempo

de 15 minutos, 30 minutos y 45 minutos para mejorar la calidad del agua en los Humedales de Villa. Dado que el área de estudio presenta un ecosistema similar y se llevó a cabo un diseño experimental a nivel de laboratorio, se consideró pertinente utilizar los mismos niveles (o grupos) de tiempo de contacto en este estudio.

La inclusión de la presión del aire como factor en las pruebas se debe a que este factor tiene una influencia directamente proporcional a la transferencia de oxígeno e inversamente proporcional en el tamaño de las microburbujas (Cancho Ccaico, y otros, 2018). Sin embargo, es importante mencionar que la presión de aire no ha sido estudiada en investigaciones anteriores relacionadas con este tema.

Tabla 6

Diseño de Pruebas

Niveles de estudio		
Niveles	Presión de aire (PSI)	Tiempo de contacto (min)
1	40	15
2	50	30
3	60	45

Tabla 7

Resumen de Diseño

Factores	2	Niveles	3
Corridas base	9	Total de corridas	27
Bloques base	1	Total de bloques	1
Número de niveles	3;3		

En la Tabla 8 se muestra la matriz experimental del diseño factorial representado por 9 tratamientos y 3 réplicas de cada tratamiento. Cada tratamiento significa la aplicación del sistema de microburbujas a una presión y tiempo determinado, es decir para el tratamiento 1 se aplicó la presión de aire de 40 PSI y 15 min, para el tratamiento 2 se aplicó la presión de aire de 40 PSI y 30 min, para el tratamiento 3 se aplicó la presión de aire de 40 PSI y 45 min, para el tratamiento 4 se aplicó la presión de aire de 50 PSI y 15 min, para el tratamiento 5 se aplicó

la presión de aire de 50 PSI y 30 min, para el tratamiento 6 se aplicó la presión de aire de 50 PSI y 45 min, para el tratamiento 7 se aplicó la presión de aire de 60 PSI y 15 min, para el tratamiento 8 se aplicó la presión de aire de 60 PSI y 30 min, para el tratamiento 9 se aplicó la presión de aire de 60 PSI y 45 min.

Cabe precisar que se realizó 9 tratamientos con 3 réplicas por cada tratamiento obteniendo 27 corridas, lo que significa que se obtuvo 27 resultados del análisis de coliformes termotolerantes después de pasar por el tratamiento con el sistema de microburbujas.

Tabla 8

Matriz Experimental del Diseño Factorial

Tratamiento	X Sistema de Microburbujas		Y Coliformes Termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla (NMP/100 ml)
	X1 Presión del aire (PSI)	X2 Tiempo de contacto (min)	
Tratamiento 1	40	15	
Tratamiento 2	40	30	
Tratamiento 3	40	45	
Tratamiento 4	50	15	
Tratamiento 5	50	30	
Tratamiento 6	50	45	
Tratamiento 7	60	15	
Tratamiento 8	60	30	
Tratamiento 9	60	45	

Respecto a los otros parámetros que podrían influir en el sistema de microburbujas, es importante precisar que, para el control del caudal del fluido se contó con un rotámetro y válvulas para su monitoreo y respectivo ajuste; mientras que, para la presión de entrada del aire se implementó manómetros y una unidad de mantenimiento a fin de regular la presión requerida en cada tratamiento. En cuanto a las características de las muestras consideradas, es preciso señalar que fueron tomadas de un punto único y utilizadas el mismo día

de su extracción; por lo que, se conservó las condiciones iniciales y se mantuvo homogénea durante cada tratamiento.

4.2. Método de Investigación

El método principal que se utilizó durante el proceso de investigación fue el cuasi - experimental debido a que estudia las relaciones causa-efecto. Este diseño experimental permitió la manipulación de al menos una variable independiente para observar los efectos que ocasionan en las variables dependientes. (Rodríguez Sánchez, 2020 pág. 25).

4.2.1. Fase de Gabinete

En esta fase se revisó la información recopilada con relación al tema de investigación durante el periodo de 02 semanas, provenientes de diferentes fuentes bibliográficas (libros, revistas, artículos científicos y páginas Webs), con la finalidad de determinar el diseño y las condiciones operativas más adecuadas para operar el sistema de microburbujas.

4.2.2. Fase Pre-Experimental

Diseño y construcción del sistema de microburbujas

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao por el periodo de 02 semanas. Para el diseño del sistema de microburbujas, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica con el objetivo de conocer los diseños y las condiciones operativas utilizadas en investigaciones previas.

El sistema de microburbujas implementado consistió en un recipiente con una capacidad de 50 litros, el cual se conectó a una bomba centrífuga de 0.5 HP regulada mediante una válvula. Después de pasar por la bomba, el agua fluía a través de una línea principal que retornaba al recipiente inicial. Esta línea principal fue ensamblada junto con un Venturi, tres manómetros y una unidad de mantenimiento para obtener una presión de entrada del aire constante en cada tratamiento. Además, se incorporaron válvulas para ajustar el caudal. Durante el

funcionamiento del Venturi, tanto el aire como el líquido se transfieren simultáneamente a través del tubo Venturi, y la reducción de presión que conduce a la formación de microburbujas se logra acelerando la velocidad del flujo debido al estrechamiento del diámetro en la zona convergente cónica (Thi Phan, y otros, 2019 págs. 13-14).

En la Figura 5 se presenta la imagen del sistema de microburbujas empleado.

Figura 5

Sistema de microburbujas empleado



4.2.3. Fase Experimental

En esta fase se realizó la medición de concentración de coliformes termo tolerantes inicial y final de las muestras de agua, según lo descrito en el ítem 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información, así como su respectivo análisis en un periodo de 07 meses.

La aplicación del sistema de microburbujas se realizó en 03 tiempos (15, 30 y 45 min), considerándose 03 réplicas para cada tiempo. Las corridas de las muestras de agua provenientes del tratamiento se realizaron en el laboratorio de

la Universidad Nacional del Callao debido al tipo de investigación. Mientras que el análisis de las muestras finales lo realizó un laboratorio acreditado por el INACAL.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población de la investigación es el espejo de agua ubicado cerca del canal central 4 del ACR Humedales de Ventanilla cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 9, el mismo que presentó las mayores concentraciones de coliformes fecales según la investigación “Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú” realizada por Fajardo (2018). La población es finita y se estima que el volumen de dicho espejo de agua es de 5,750 m³ aproximadamente.

Tabla 9

Coordenadas del Espejo de Agua

Codificación	Descripción	Cuenca	Intercuenca	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 S	
				Este	Norte
LESP1	Espejo de agua (cerca del canal central 4)	Río Chillón	Carabaylo (1375561)	266066	8686408

4.3.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilístico, donde el modo de muestreo depende de los objetivos de la investigación; por lo tanto, lo conforma 117.5 L obtenidos del espejo de agua ubicado cerca del canal central 4 del ACR Humedales de Ventanilla, debido a que la muestra inicial fue de 500 ml. y para la muestra final se utilizó 117 L debido a que se realizaron 9 tratamientos (13 L en cada tratamiento). Cabe precisar que, la toma de muestra se realizó de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural No.

010-2016-ANA, clasificándose como una muestra de agua de tipo simple o puntual.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La presente investigación se desarrolló en el ACR Humedales de Ventanilla y en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao desde julio del 2022 hasta febrero del 2023.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Recolección y análisis de la muestra inicial de agua del ACR Humedales de Ventanilla

Se realizó la recolección y toma de muestra de agua cumpliendo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA.

El muestreo fue de tipo simple o puntual, y se realizó en el espejo de agua ubicado cerca del canal central 4 del ACR Humedales de Ventanilla, el cual presentó mayores concentraciones de coliformes termotolerantes según la investigación “Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú” realizada por Fajardo (2018).

En la Tabla 10 se presenta el punto de muestreo considerado, el cual ha sido establecido mediante el programa Google Earth Pro; asimismo, se detalla la frecuencia de muestreo y los parámetros que se evaluaron.

Cabe precisar que, los parámetros considerados para la presente investigación han sido definidos sobre la base del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016) considerándose la Categoría 4. Ríos, lagunas y lagos, y los resultados obtenidos de la investigación realizada por Fajardo (2018) .

Tabla 10

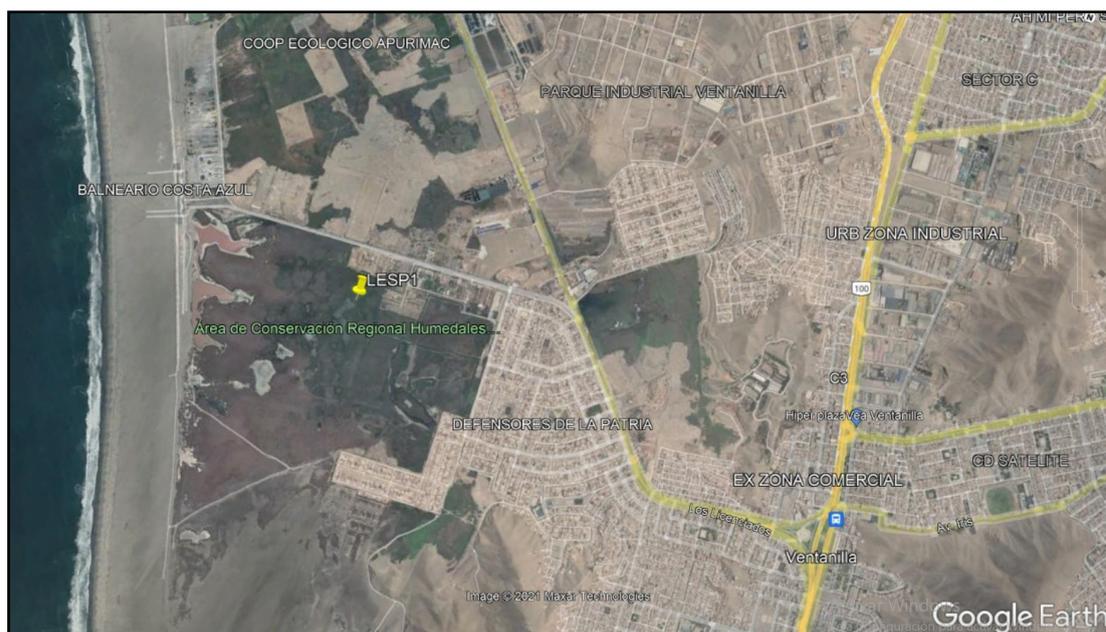
Punto de Muestreo

Codificación	Descripción	Cuenca	Intercuenca	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 S		Frecuencia de Muestreo	Parámetros para evaluar
				Este	Norte		
LESP1	Espejo de agua (cerca del canal central 4)	Río Chillón	Carabayllo (1375561)	266066	8686408	Una sola vez	Coliformes Termotolerantes (NMP /100ml)

Además, en la Figura 6 se observa dicho punto y los accesos existentes al cuerpo de agua, los mismos que han sido verificados en campo.

Figura 6

Ubicación de punto de muestreo



Fuente: Google Earth

Asimismo, en el Anexo 4. Registro de Identificación del Punto de Muestreo de la presente investigación, elaborado según el Anexo IV del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016), se presenta información relativa del punto de muestreo.

Los recursos que se utilizaron para la recolección de muestra de 117.5 L, se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11

Recursos requeridos para la recolección de muestra

Materiales	Equipos	Soluciones	Material Cartográfico
07 recipientes de plástico de 20L 24 guantes descartables 01 pizeta 12 Mascarillas KN95	Celular	Agua destilada	Mapa de ubicación del punto de muestreo

La Tabla 12, se detalla los recursos utilizados para la realización de la toma de muestra, de acuerdo con el parámetro a evaluar.

Tabla 12*Recursos requeridos para cada parámetro a evaluar*

Parámetro	Unidad	Volumen	Conservar/ Preservar	Tiempo de almacenamiento	Recursos			
					Materiales	Equipos	Soluciones	Formatos y Material Cartográfico
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	500 mL	Dejar espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Preservación con tiosulfato de sodio al 3% y refrigerar <8° C	24 horas	01 recipiente de plástico estéril de 500 ml, etiquetado. 01 caja térmica 02 guantes descartables 01 Mascarilla KN95	Celular	Agua destilada	Cadena de custodia (Anexo 5) Mapa de ubicación del punto de muestreo

Fuente: Anexo VII Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado – Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA.

En el ACR Humedales de Ventanilla se realizó el reconocimiento del entorno y se registraron las características atípicas en el Anexo 3, elaborado sobre la base del Anexo I del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016).

Además, se llevó a cabo el llenado de la cadena de custodia entregada por Certificaciones del Perú S.A (CERPER), la misma que se presenta en el Anexo 5; posteriormente, se protegió mediante un sobre plastificado y fue enviado junto a la caja térmica al laboratorio contratado. Es importante indicar que la recolección y toma de muestra fue realizado por los integrantes que conforman la presente investigación, quienes cuentan con certificados y experiencia en monitoreo de calidad ambiental.

Para asegurar la calidad del muestreo se tuvo en cuenta las siguientes recomendaciones, según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016 pág. 61):

- Asegurarse de que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos mínimos establecidos en el presente protocolo y de acuerdo con la metodología estandarizada de análisis para cada parámetro.
- Aislar, en el mayor grado posible, los recipientes de muestras de las posibles fuentes de contaminación.
- Mantener los frascos tapados durante todo el monitoreo.
- Evitar la perturbación del sitio de muestreo, por ejemplo, por revolver sedimentos.
- Enjuagar cuidadosamente los frascos y recipientes de muestreo.
- Evitar introducir en la muestra de agua los dedos, manos o guantes. Asimismo, no tocar los frascos o recipientes en el interior.
- Examinar si cada muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas. Si estos son observados, la muestra debe ser descartada y tomada nuevamente.
- Contar con todos los registros de campo para el monitoreo debidamente llenadas con letra clara y legible.

- Mantener los registros de control de los equipos actualizados para asegurar su mantenimiento y calibración.

4.5.2. Análisis de la muestra final (salida del sistema de microburbujas)

Se realizó la toma de muestra de agua cumpliendo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA.

El muestreo fue de tipo de simple o puntual y se realizaron 27 corridas. En la Tabla 13 se presentan las codificaciones de dichas corridas y el parámetro a evaluar.

Tabla 13

Puntos de Muestreo Final

Corridas	Condiciones Operativas		Parámetro para evaluar
	Presión del aire (PSI)	Tiempo de contacto (min)	
1	40	15	Coliformes Termotolerantes
2	40	30	
3	40	45	
4	50	15	
5	50	30	
6	50	45	
7	60	15	
8	60	30	
9	60	45	
10	40	15	
11	40	30	
12	40	45	
13	50	15	
14	50	30	
15	50	45	
16	60	15	
17	60	30	
18	60	45	
19	40	15	
20	40	30	
21	40	45	

Corridas	Condiciones Operativas		Parámetro para evaluar
	Presión del aire (PSI)	Tiempo de contacto (min)	
22	50	15	
23	50	30	
24	50	45	
25	60	15	
26	60	30	
27	60	45	

Por cada corrida se tomó una muestra de 500 mL mediante un recipiente de plástico entregado por el laboratorio contratado. La Tabla 14 detalla los recursos utilizados para la toma de muestra, de acuerdo con el parámetro a evaluar.

Tabla 14*Recursos requeridos para cada parámetro a evaluar*

Parámetro	Unidad	Volumen	Conservar/ Preservar	Tiempo de almacenamiento	Recursos			
					Materiales	Equipos	Soluciones	Formatos y Material Cartográfico
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	500 mL	Dejar espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Preservación con tiosulfato de sodio al 3% y refrigerar <8° C	24 horas	27 recipientes de plástico estéril de 500 ml, etiquetado. 02 cajas térmicas 54 guantes descartables 04 Mascarillas KN95	Celular	Agua destilada	Cadena de custodia (Anexo 5) Base de Datos (Anexo 3)

Fuente: Anexo VII Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado – Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA.

En el Anexo 5, se presenta las cadenas de custodias de las 27 corridas, la mismas que fueron protegidas mediante un sobre plastificado, y enviadas junto a las cajas térmicas al laboratorio contratado. Para asegurar la calidad del monitoreo se tendrá en cuenta las recomendaciones precisadas en el ítem 4.5.1.

Además, mediante el Anexo 3. Base de Datos de la presente investigación se registró las concentraciones del parámetro a evaluar de las distintas corridas, a fin de consolidar los resultados para su posterior interpretación.

4.5.3. Medición de Presión del Aire

Para la medición y regulación de la presión del aire en el sistema de microburbujas se contó con un regulador de presión para compresora.

4.5.4. Medición de Tiempo de Contacto

Para la medición del tiempo de contacto durante el funcionamiento del sistema microburbujas se contó con un cronómetro.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de acuerdo con la matriz experimental del diseño factorial presentado en la Tabla 8, a fin de poder dar solución al problema general y aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en la presente investigación, se realizó lo siguiente:

- a) Para el análisis descriptivo de los datos se calculó medidas de tendencia central, medidas de variabilidad; y, se elaboró un diagrama de cajas y bigotes con los 27 resultados agrupados en los 3 niveles (o grupos) de tiempo (15,30 y 45 min) y otro diagrama de cajas y bigotes con los 27 resultados agrupados en los 3 niveles (o grupos) de presión de aire (40,50 y 60 PSI), esto a través del software de SPSS Statistics.
- b) Para el análisis inferencial, primero se determinó si los datos tenían distribución normal aplicando la prueba estadística Shapiro-Wilk, a razón de que contamos con menos de 50 datos para el estudio. Si se obtiene un p valor menor a 0.05 se aplica la prueba no paramétrica

kruskal-Wallis con el fin de comprobar las hipótesis específicas, es decir se consideró las medianas de los 3 niveles (o grupos) de presión de aire (40,50 y 60 PSI) y las medianas de los 3 niveles (o grupos) de tiempo de contacto (15,30 y 45 min).

Después, se aplicó la prueba Post-Hoc para comparar en qué nivel (o grupo) de tiempo de contacto o presión de aire existe una diferencia estadísticamente significativa.

Finalmente, se aplicó la prueba de regresión múltiple para comprobar la hipótesis general mediante un modelo de ecuación en el cual se evalúa el efecto que tiene ambos factores (presión de aire y tiempo de contacto) en la concentración de coliformes termotolerantes, esto a través del software de SPSS Statistics.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

En el desarrollo de la presente tesis se consideró el Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional del Callao aprobado mediante la Resolución de Consejo Universitario N° 260-19-CU, el cual indica no ocasionar acciones lesivas a la naturaleza ni a la biodiversidad, así como respetar los elementos y diversidad bióticos, abióticos, genéticos, étnicos, culturales y sociales; asimismo comprende los siguiente principios éticos: Probidad, Profesionalismo, Transparencia, Objetividad, Igualdad, Compromiso, Honestidad, Confidencialidad, Independencia, Diligencia y Dedicación. Asimismo, se cumple con la Directiva No. 004-2022-R, Directiva para la Elaboración de Proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Equipos, Centros e Institutos de Investigación, aprobado mediante Resolución Rectoral N° 319-2022-R, que tiene como finalidad estandarizar la estructura y forma de presentación de los Proyectos e Informes de Investigación.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

5.1.1. Concentraciones de coliformes termotolerantes antes del tratamiento.

Se obtuvo inicialmente una muestra del agua del ACR humedales de ventanillas para conocer las características basales

- Microbiológicos: Concentración de coliformes termotolerantes 1700 NMP/100 ml

5.1.2. Concentraciones de coliformes termotolerantes después del tratamiento.

En la Tabla 15 se muestran las concentraciones de coliformes termotolerantes después de pasar por el tratamiento del sistema de microburbujas de las 27 muestras reportados en los informes de ensayo del laboratorio CERPER que se encuentran en el Anexo N° 6.

Tabla 15

Resultados de coliformes termotolerantes por tratamiento de agua en el sistema de microburbujas

Condiciones Operativas		Concentración Inicial (NMP/100 mL)	Concentración final (NMP/100 mL)	Promedio (NMP/100 mL)
Presión del aire (PSI)	Tiempo de contacto (min)			
40	15	1700	1700	1083.33
40	15		1100	
40	15		450	
40	30		220	206.67
40	30		200	
40	30		200	
40	45		450	476.67
40	45		200	
40	45		780	
50	15		450	450.00
50	15		450	
50	15		450	
50	30		40	63.33
50	30		110	
50	30		40	
50	45	22	417.33	

Condiciones Operativas		Concentración Inicial (NMP/100 mL)	Concentración final (NMP/100 mL)	Promedio (NMP/100 mL)
Presión del aire (PSI)	Tiempo de contacto (min)			
50	45		450	
50	45		780	
60	15		1700	
60	15		780	1086.67
60	15		780	
60	30		680	
60	30		200	520.00
60	30		680	
60	45		450	
60	45		200	443.33
60	45		680	

Análisis descriptivos

Al realizar la medición de concentración de coliformes termotolerantes de 27 muestras se obtuvo los siguientes resultados: un valor mínimo de 22 NMP/100 ml, un valor máximo de 1700 NMP/100 ml, siendo la mediana de las muestras procesada de 450 NMP/100 ml tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Resultados descriptivos de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras procesadas

<i>Descriptivos</i>			
		Estadístico	Desv. Error
C.Termotolerantes	Media	527,4815	84,22677
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	354,3509 700,6121
	Media recortada al 5%	490,1646	
	Mediana	450,0000	
	Varianza	191542,028	
	Desv. Desviación	437,65515	
	Mínimo	22,00	
	Máximo	1700,00	
	Rango	1678,00	
	Rango intercuartil	580,00	
	Asimetría	1,410	,448

En la Tabla 17 se observa las medianas de las concentraciones de coliformes termotolerantes en cada grupo de tiempo de contacto que la muestra de agua fue tratada en el sistema de microburbujas, encontrándose que la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes a un tiempo de 15 min fue 780 NMP/100 ml, la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes a un tiempo de 30 min fue 200 NMP/100 ml y la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes a un tiempo de 45 min fue 450 NMP/100 ml. Se puede presumir que a un tiempo de contacto de 30 min de tratamiento se obtendría mejores resultados en la reducción de concentraciones de coliformes termotolerantes.

Tabla 17

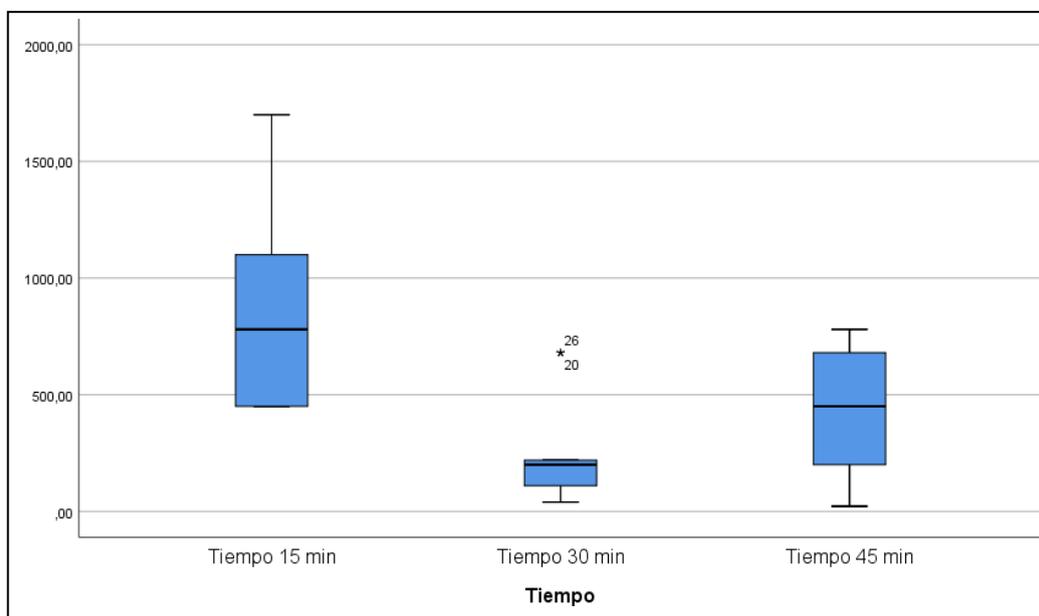
Mediana de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según tiempo de contacto aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas

	Tiempo		Estadístico
Coliforme	15	Mediana	780,00
	30	Mediana	200,00
	45	Mediana	450,00

En la Figura 7 se observa la distribución de los datos en cada grupo de tiempo de contacto; siendo para el tiempo 15 una distribución asimétrica positiva, para el tiempo 30 una distribución asimétrica negativa con dos datos atípicos y para el tiempo 45 una distribución asimétrica discretamente negativa.

Figura 7

Diagrama de cajas de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según tiempo de contacto aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas



En la Tabla 18 se observa las medianas de las concentraciones de coliformes termotolerantes en cada grupo de presión de aire que la muestra de agua fue tratada en el sistema de microburbujas, encontrándose que la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes a una presión de 40 PSI fue de 450 NMP/100 ml, la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes a una presión de 50 PSI fue de 450 NMP/100 ml y la mediana de concentración de coliformes termotolerantes a una presión de 60 PSI fue de 680 NMP/100 ml.

Tabla 18

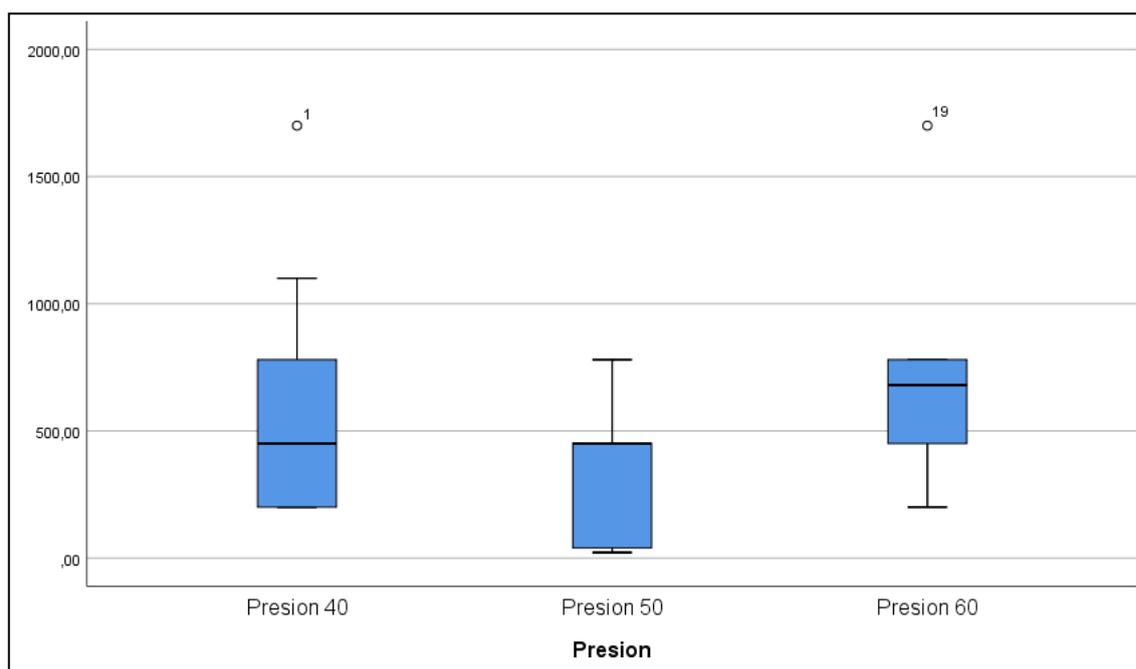
Mediana de las de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según presión de aire aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas

	Presión		Estadístico
Coliforme	40	Mediana	450,00
	50	Mediana	450,00
	60	Mediana	680,00

En la Figura 8 se observa la distribución de los datos en cada grupo de presión de aire; siendo para la presión 40 PSI una distribución asimétrica positiva con un dato atípico, para la presión 50 PSI una distribución asimétrica negativa y para la presión 60 PSI una distribución asimétrica negativa con un dato atípico.

Figura 8

Diagrama de cajas de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según presión de aire aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas



5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1. Determinación de la normalidad de los datos

Se determinó si los datos tenían distribución normal aplicando la prueba estadística Shapiro-Wilk, a razón de que contamos con menos de 50 datos para el estudio. En la Tabla 19 se observa los resultados de la prueba de normalidad obteniendo un p-valor de 0.001 ($p < 0.05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se concluyó que los datos no tienen distribución normal

H_0 : Los datos tienen distribución normal

H_1 : Los datos no tienen distribución normal

Tabla 19

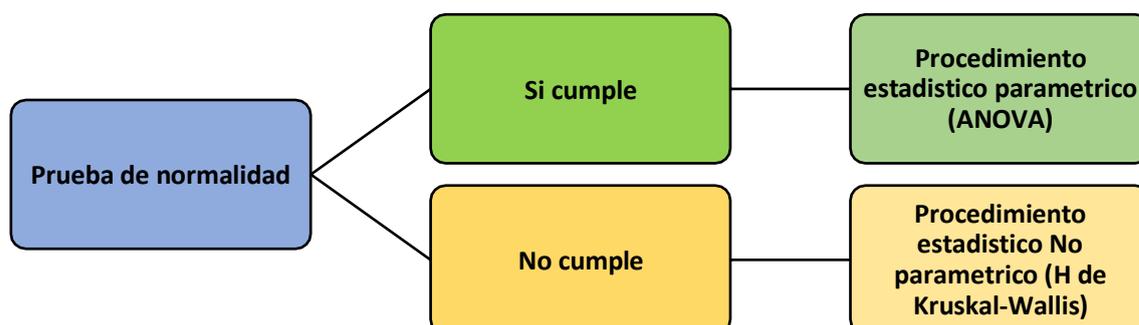
Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
C.Termotolerantes	,849	27	,001
a. Corrección de significación de Lilliefors			

Como nuestros datos no cumple la prueba de normalidad se procedió a analizar los datos para contrastar las hipótesis de la investigación usando un estadístico no paramétrico - H de Kruskal - Wallis (Figura 9)

Figura 9

Procedimiento de análisis estadístico según el comportamiento de los datos obtenidos



5.2.2. Análisis de medianas mediante H de Kruskal-Wallis para la presión de aire del sistema de microburbujas

Se aplicó la prueba estadística H de Kruskal-Wallis para comprobar la hipótesis específica 1 de la investigación:

H0: La presión de aire del sistema de microburbujas no tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

H1: La presión de aire del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

Es preciso indicar que, se entiende como efecto significativo a que las medianas de los grupos de presión de aire considerados (40, 50 y 60 PSI) presentan diferencias relevantes a nivel estadístico, lo cual interpreta que este factor del sistema de microburbujas influiría en el tratamiento para la reducción de los coliformes termotolerantes.

Para contrastar la hipótesis de estudio se aplicó la prueba estadística Kruskal-Wallis obteniendo un p-valor igual a 0.115 (Tabla 20) por lo que no se rechaza la Ho. Concluyendo que la presión de aire del sistema de microburbujas no tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

Tabla 20

*Resumen de Prueba de H de Kruskal-Wallis de muestras independientes
Concentración de coliformes termotolerantes vs presión de aire del sistema de microburbujas*

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de C. Termotolerantes es la misma entre las categorías de Presion.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,115	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

5.2.3. Análisis de medianas mediante H de Kruskal-Wallis para el tiempo de contacto del sistema de microburbujas

Se aplicó la prueba estadística H de Kruskal-Wallis para comprobar la hipótesis específica 2 de la investigación:

H0: El tiempo de contacto del sistema de microburbujas no tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de ventanilla

H1: El tiempo de contacto del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de ventanilla

Es preciso indicar que, se entiende como efecto significativo a que las medianas de los grupos de tiempo considerados (15, 30 y 45 min) presentan diferencias relevantes a nivel estadístico, lo cual interpreta que este factor del sistema de microburbujas influiría en el tratamiento para la reducción de los coliformes termotolerantes.

Para contrastar la hipótesis de estudio se aplicó la prueba estadística Kruskal-Wallis obteniendo un p valor igual a 0.009 (Tabla 21) por lo que rechazamos la Ho y aceptamos la H1. Concluyendo que el tiempo de contacto del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.

Tabla 21

Resumen de prueba de h de kruskal-wallis, distribución de mediciones de concentraciones de coliformes termotolerantes vs tiempo de contacto del sistema de microburbujas

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de C. Termotolerantes es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,009	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,0

Para determinar entre cuál de los 3 grupos de tiempo de contacto existe diferencia significativa se realizó la prueba post hoc por parejas.

En la Tabla 22 se comparó por parejas los 3 grupos de tiempo de contacto de tratamientos del agua en el sistema de microburbujas, resultando en 3 grupos de pares para comparar. Se puede apreciar la comparación de las medianas de cada tratamiento, siendo la comparación del tiempo de contacto de tratamiento del grupo de 30 min y el grupo de 15 min la única comparación cuya significancia es menor que 0.05, por lo cual su diferencia entre estos tiempos de tratamientos es significativa.

Tabla 22

Prueba Post Hoc para comparar entre los tiempos de contacto

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Tiempo 30 min-Tiempo 45 min	-4,778	3,689	-1,295	,195	,586
Tiempo 30 min-Tiempo 15 min	11,222	3,689	3,042	,002	,007
Tiempo 45 min-Tiempo 15 min	6,444	3,689	1,747	,081	,242

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.
Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

5.2.4. Análisis de regresión múltiple

Para la comprobación de la hipótesis general usaremos prueba estadística regresión múltiple

H0: La evaluación de coliformes termotolerantes del sistema de microburbujas no tiene un efecto significativo utilizando el sistema de

microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.

H1: La evaluación de coliformes termotolerantes del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.

En la Tabla 23 se aplica la correlación de Pearson a los datos y observamos que el valor estadístico r de Pearson para el factor de concentración de coliformes termotolerantes y tiempo de contacto es de -0.406, con un p-valor igual a 0.018 ($p\text{-valor} < 0.05$) por lo que se puede afirmar con un 95% de confianza que existe una “correlación inversa moderada” entre la concentración de coliformes termotolerantes y tiempo de contacto. Por el contrario, no existe una relación significativa entre la concentración de coliformes termotolerantes y presión de aire porque el p-valor es 0.328 ($p\text{-valor} > 0.05$)

Tabla 23

Correlaciones

		Correlaciones		
		Concentración de C.Termotolerantes	Presión de aire	Tiempo de contacto
Correlación de Pearson	Concentración de C. Termotolerantes	1,000	,090	-,406
	Presión de aire	,090	1,000	,000
	Tiempo de contacto	-,406	,000	1,000
Sig. (unilateral)	Concentración de C. Termotolerantes	.	,328	,018
	Presión de aire	,328	.	,500
	Tiempo de contacto	,018	,500	.
N	Concentración de C. Termotolerantes	27	27	27
	Presión de aire	27	27	27
	Tiempo de contacto	27	27	27

En la Tabla 24 se aplica el modelo de regresión lineal múltiple por pasos sucesivo, la prueba excluye el factor de presión de aire por no ejercer ninguna influencia al modelo de la ecuación por lo que solo introduce el factor tiempo de contacto en la ecuación.

Tabla 24

Variables excluidas

Variables excluidas ^a						Estadísticas de colinealidad
Modelo		En beta	t	Sig.	Correlación parcial	Tolerancia
1	Presión de aire	,090 ^b	,484	,633	,098	1,000

a. Variable dependiente: Concentracion de C.Termotolerantes
b. Predictores en el modelo: (Constante), tiempo de contacto

En la Tabla 25 observamos que el coeficiente de determinación (r²) es 0.165 que significaría que el factor tiempo de contacto predice solo 16% de la ecuación final y el peso del factor tiempo de contacto es de 40% en el modelo de la ecuación.

Tabla 25

Resumen de modelo

Resumen del modelo ^a									
Modelo	R	R		Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				Sig. Cambio en F
		cuadrado	cuadrado ajustado		Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	
1	,406 ^b	,165	,132	407,79779	,165	4,947	1	25	,035

a. Variable dependiente: Concentracion de C.Termotolerantes
b. Predictores: (Constante), tiempo de contacto

En la Tabla 26 observamos el modelo de la ecuación con el factor tiempo de contacto según ANOVA tiene un p-valor 0.035 (p-valor<0.05) que es estadísticamente significativo. Por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que La evaluación de coliformes termo tolerantes del sistema de

microburbujas tiene un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.

Tabla 26

Significancia de la prueba estadística regresión lineal

ANOVA^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	822616,889	1	822616,889	4,947	,035 ^b
	Residuo	4157475,852	25	166299,034		
	Total	4980092,741	26			

a. Variable dependiente: Concentracion de C.Termotolerantes
b. Predictores: (Constante), tiempo de contacto

En la Tabla 27 apreciamos los coeficientes para la elaboración de la ecuación que predecirá la concentración de coliformes en función del factor tiempo de contacto:

$$\text{Concentración de C.termotolerantes} = 955.037 - 14.252 * \text{tiempo de contacto}$$

Tabla 27

Coeficientes

Coeficientes^a								
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		
	B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior	
1	(Constante)	955,037	207,640		4,599	,000	527,393	1382,681
	Tiempo de contacto	-14,252	6,408	-,406	-2,224	,035	-27,449	-1,054

a. Variable dependiente: Concentracion de C.Termotolerantes

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Al caracterizar la muestra inicial, se obtuvo una concentración de coliformes termotolerantes de 1700 NMP/100ml, la cual excede el Estándar de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4 (conservación del ambiente acuático) que tiene un valor de 1000 NMP/100ml.

Luego de realizar el tratamiento se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 15 . Al analizar las muestras se obtuvo una concentración mínima de coliformes termotolerantes de 22 NMP/100 ml, un máximo de 1700 NMP/100 ml y una mediana de 450 NMP/100 ml.

De los resultados la mediana de la concentración de coliformes termotolerantes obtuvo su nivel más bajo en el tiempo de contacto de 30 min con una mediana de 200 NMP/100 mL. Al aplicar el análisis de medianas H de Kruskal-Wallis para los diferentes tiempos de contacto se rechazó la hipótesis H_0 y se aceptó la hipótesis H_1 ; concluyendo así que el tiempo de contacto del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de ventanilla. Asimismo, para determinar entre cuál de los 3 grupos de tiempo de contacto existe diferencia significativa se realizó la prueba post hoc por parejas, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de contacto de tratamiento del sistema de microburbujas del grupo de 30 min y el grupo de 15 min. Por lo expuesto, se puede presumir que a un tiempo de contacto de 30 min de tratamiento se obtendría mejores resultados en la reducción de concentraciones de coliformes termotolerantes.

Al realizar el tratamiento a diferentes presiones de aire se obtuvo que la mediana de concentración de coliformes termotolerantes a una presión de aire de 40 PSI es de 450 NMP/100 mL, la mediana de concentración de coliformes termotolerantes a una presión de aire de 50 PSI es de 450 NMP/100 mL y la mediana de concentración de coliformes termotolerantes a una presión de aire de 60 PSI es de 680 NMP/100 mL. Al aplicar el análisis de medianas H de

Kruskal-Wallis para las diferentes presiones de aire de tratamiento no se rechazó la hipótesis H_0 . Concluyendo que la presión de aire del sistema de microburbujas aplicada en el estudio no tiene un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla. Esto significa que el tratamiento del agua en los tres grupos de presión de aire tiene un comportamiento similar.

Al aplicar el modelo de regresión múltiple para contrastar la hipótesis general, la prueba da como resultado un p-valor igual a 0.035 por que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la evaluación de coliformes termotolerantes del sistema de microburbujas tiene un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022. Además, la prueba excluye al factor presión de aire por no ejercer ninguna influencia al modelo de la ecuación.

A pesar de haber obtenido concentraciones elevadas en algunas muestras, se logró cumplir el objetivo de la presente investigación. Asimismo, se logró determinar un rango de tiempo para obtener una mayor eficiencia en la disminución de coliformes termotolerantes en el cuerpo de agua.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Lafuente y López (2018) en el estudio experimental “Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi”, obtuvo una reducción de hasta un 99,5%, con una presión de 3 bar(43.5 PSI) y un 72.8% para una presión de 2 bar(29 PSI). Sin embargo, en la presente investigación se determinó que la presión de aire no es un parámetro determinante en la reducción de coliformes termotolerantes.

Por otro lado, Fernández (2019) en el estudio experimental “Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire - Lima 2019”, obtuvo una concentración de coliformes termotolerantes para $T=15$ min de 350 NMP/100 ml, para un $T=30$ min de 79 NMP/100 ml y para un $T=45$ min de 20 NMP/100 ml, lo cual evidencia una mayor disminución a un tiempo de 45 min. Sin embargo, en la presente

investigación no se alcanzó este resultado, teniendo una menor reducción de coliformes a un tiempo de 30 min con una mediana de 200 NMP/100ml. Es de precisar que en la investigación de Fernandez solo se realizó en base a los resultados de 3 muestras y en la presente investigación se realizó en base a los resultados de las 27 muestras.

Atoche y Hilaquita (2021) en el estudio experimental “Diseño de box-behnen en la eficiencia del sistema Venturi de nano y microburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domésticas” sostiene que el tratamiento óptimo sería a un tiempo de contacto de microburbujas de oxígeno de 30 min con una reducción de 99.9% en la concentración de coliformes termotolerantes, lo cual se logró demostrar en la presente investigación con una reducción del 98% en la concentración de coliformes termotolerantes.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente tesis titulada “Evaluación de coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del área de conservación regional Humedales de Ventanilla, 2022”, cumple fielmente lo indicado en el Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional del Callao aprobado mediante la Resolución de Consejo Universitario 260-19-CU y la Directiva No. 004-2022-R, Directiva para la Elaboración de Proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Equipos, Centros e Institutos de Investigación, aprobado mediante Resolución Rectoral N° 319-2022-R.

Cabe indicar que, toda la información y resultados presentados en la presente investigación han sido emitidos por un laboratorio acreditado por INACAL. Además, el único fin que se busca al realizar la investigación es contribuir a la generación de información para llegar a un bien común que aporte en la mejora de la calidad de las aguas.

VII. CONCLUSIONES

Se demostró la hipótesis general por lo que se concluye que la evaluación de coliformes termotolerantes tiene un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022. Además, este efecto es influenciado estadísticamente significativo por el factor tiempo de contacto.

Con respecto a la hipótesis específica 1 de la investigación relacionada con la presión de aire del sistema de microburbujas no se encontró diferencias significativas entre las concentraciones de coliformes termotolerantes en los 3 grupos de presión de aire aplicadas al tratamiento del agua; es decir no se pudo verificar que el colapso de las microburbujas que está asociado con la generación de radicales libres proporcionaría un gran potencial para la desinfección de agua, probablemente debido al tamaño de la muestra en nuestro estudio de investigación.

Se comprueba la hipótesis específica 2 de investigación relacionada al tiempo, por lo que concluimos que el tiempo de contacto en el sistema de microburbujas tiene un efecto significativo en la reducción de la concentración de coliformes termotolerantes en el agua tratada, observándose una menor concentración en las muestras para el tiempo de contacto de 30 min. Asimismo, la mediana de las concentraciones de coliformes en las muestras que fueron tratadas por el sistema de microburbujas en los diferentes tiempos de tratamiento alcanzó valores por debajo del límite establecido por el estándar de calidad de agua para recreación (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E1: Lagunas y lagos del D.S. N.º 004-2017-MINAM).

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar el tratamiento de microburbujas debido a que es una tecnología que no genera un impacto negativo al ambiente ya que no se usan aditivos y beneficia al devolver la calidad al cuerpo de agua.

Se recomienda la aplicación del tratamiento de microburbujas con un tiempo de contacto de 30 minutos para obtener una reducción de coliformes termotolerantes.

Se recomienda que inicialmente se realice una corrida con agua destilada para no comprometer los resultados.

Se recomienda realizar la caracterización fisicoquímica de las muestras (tales como pH, Temperatura, oxígeno disuelto) a fin de evaluar la homogeneidad de las muestras iniciales y monitorear el comportamiento de estos parámetros en el tratamiento.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan Neill, David y Cortez Suárez, Liliana. 2017. Procesos y fundamentos de la investigación científica. Machala - Ecuador : UTMACH, 2017.
- Alvarez Begazo, Cristian Dennis. 2007. Evaluación de la diversidad específica de las aves de los Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2007.
- An Introduction to Micro/ ano-Bubbles and their Applications. Marui, Tomohiro. 2013. 2013, Researchgate, págs. 68-72.
- Andrade, Germán y Vilarity, Sandra. 2020. Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina. [En línea] 5 de Febrero de 2020. <https://cods.uniandes.edu.co/podcast-humedales-colombia-centro-desarrollo-sostenible/>.
- Anexo1 del Reglamento de la Ley 27446 - Ley de Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. MINAM. 2009. 2009, El Peruano, pág. 27.
- Arrús Benavente, Daniela y Mogollón Cuba, María Pía. 2019. Centro de interpretación de los Humedales de Ventanilla. Lima : Universidad de Lima, 2019.
- Beltran Ortiz, Cinda y Jacinto Eulate, Napoleón. 2012. Revistas Bolivianas. [En línea] Diciembre de 2012. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-55932012000200003&lng=es&nrm=iso.
- Campbell, D.T. y Stanley, J.C. 1966. Experimental and quasi-experimental designs for research. Chicago: Rand McNally (Traducción española: Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Buenos Aires: Amorrortu. 1973). : s.n., 1966.
- Cancho Ccaico, Erika y Obregón Príncipe, Morelia. 2018. MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE RIEGO UTILIZANDO UN GENERADOR DE OXÍGENO MEDIANTE MICROBURBUJAS EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018. 2018. pág. 117.
- Características hidrodinámicas de la disolución de microburbujas en líquidos utilizando un generador de microburbujas tipo orificio. Endra Juwana,

- Wibawa. 2018. 2018, Chemical Engineering Research and Design, pág. 1.
- Chacon Gonzales, Roselyn Xiomara. 2020. Evaluación de la biodiversidad de los Humedales de Ventanilla. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2020.
- Conesa Fernández-Vítora, Vicente. 2010. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental . Madrid : Mundi-Prensa, 2010.
- Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. Lafuente, Esteban y López, Héctor. 2018. 23 de 06 de 2018, Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE.
- Diseño de box-behnken en la eficiencia del sistema venturi de nano y microburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domésticas. Atoche Saavedra, Evelyn Janet y Hilaquita Cruz, Benjamin Yers. 2021. 2021, Universidad Peruana Unión, pág. 139.
- Efectos de micro y nano burbujas en tratamientos de aguas residuales domésticas: el caso de pasca, cundinamarca. Hernandez Ortiz, Carlos Andres. 2019. 23 de 09 de 2019, Universidad de Cundinamarca.
- Effect of pressure on bubble size in dissolved air flotation. M, Han, y otros. 2002. 2002, Water Supply , págs. 41-46.
- Efficiency Of Micro-Nanobubbles for Wastewater Treatment in Puerto Bermúdez, Oxapampa, Pasco. Reyes, Romulo y Valverde, Jhonny. 2017. 03 de 10 de 2017, Journal of Nanotechnology.
- . Romulo, Reyes y Jhonny, Valverde. 2017. 2017, Journal of Nanotechnology.
- Estrategia Nacional de Humedales. MINAM. 2015. 2015, Ministerio del Ambiente, pág. 10.
- . MINAM. 2015. 2015, Ministerio del Ambiente, pág. 6.
- . MINAM. 2015. 2015, Ministerio del Ambiente, págs. 19-20.
- Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. Rodríguez, Roxana, y otros. 2017. Lima : s.n., 05 de 07 de 2017, Universidad Nacional de La Agraria La Molina.
- Fajardo Vidal, Narda Stella. 2018. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú [tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.

- Fernández Prada, André Zaid Handall. 2019. Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire - Lima 2019. Lima, Lima, Perú : Universidad Cesar Vallejo, 1 de Enero de 2019.
- Franco Gutiérrez, Fernando. 2015. Estudio experimental sobre la generación de microburbujas. s.l. : Instituto de Ingeniería de la UNAM-Campus Sisal, 2015.
- Gobierno Regional del Callao. 2009. Plan Maestro 2009 - 2014 - Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla. s.l. : Gobierno Regional del Callao, 2009.
- . 2015. Plan Maestro Área de Conservación Humedales de Ventanilla (2015-2019). Callao : Gobierno Regional del Callao, 2015.
- Guía para la Identificación y Caracterización de Impactos Ambientales. MINAM. 2018. 2018, Ministerio del Ambiente, pág. 18.
- Gutiérrez Pulido, Humberto y De La Vara Salazar, Román. 2008. Análisis y diseño de experimentos. México : McGraw-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A., 2008. ISBN.
- Hernández Sampieri, Roberto. 2018. Metodología de la Investigación. México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A., 2018.
- Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using orifice type microbubble generator. Endra Juwana, Wibawa, y otros. 2019. January de 2019, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 141, págs. 436-448.
- Influencia del tamaño de la burbuja de aire en la remoción de contaminantes de aguas residuales de faenamiento. Villacrés, Erika. 2020. 2020, <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21892>.
- Informe Regional LATINOSAN. LATINOSAN. 2019. Costa Rica : s.n., 2019.
- Innovative Feasibility Study for the Reclamation of the Cascajo Wetlands in Peru Utilizing Sustainable Technologies. Jindo, Keiji ; Morikawa, Marino. 2020. 2020, ResearchGate.
- . Jindo, Keiji y Morikawa, Morikawa. 2020. 2020, Water.
- Institucionalidad legal y competencia en gestión ambiental de las entidades públicas: Realidad y perspectiva de la Reserva Ecológica "Humedales de Ventanilla". Ambía Loayza, Francisco. 2004. s.l. : Universidad de San Martín de Porres, 2004, Cultura.

- Instituto de investigación agropecuaria. [En línea] <https://www.inia.cl/2020/04/21/inia-profundiza-conocimiento-sobre-uso-de-nanoburbujas/>.
- Kim, Sangbeom, y otros. 2019. Korean Society of Environmental Engineers. [En línea] 19 de Setiembre de 2019. [Citado el: 28 de Marzo de 2021.] <http://eeer.org/journal/view.php?number=971>.
- Ley 28611 - Ley General del Ambiente. MINAM. 2005. 2005, El Peruano, pág. 12.
- López Geta, Juan Antonio, Rubio Campos, Juan Carlos y Martín Machuca, M. 2008. Agua y cultura: VII Simposio del Agua en Andalucía, Volumen1. Andalucía : Instituto Geológico y Minero de España, 2008.
- Los humedales ante el cambio climático. Moya, Bárbaro V., Hernández, Ana E. y Elizalde Borrel, Héctor. 2005. 2005, Investigaciones Geográficas (Esp), págs. 127-132.
- Maldonado Cueva, Elizabeth. 2017. Reducción de la concentración de colorante Negro Reactivo 5 en agua mediante el uso de las Micro nanoburbujas de Ozono–Aire escala laboratorio. s.l. : Universidad César Vallejo, 2017.
- Melo, Oscar, López, Luis y Melo, Sandra. 2020. Diseño de experimentos. Métodos y aplicaciones. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias, 2020. ISBN XXX-XXX-XX-XXX.
- Méndez Cardoza, Rossana Katherine. 2017. Reducción de DQO y Materia Orgánica usando micro-nano burbujas de aire en agua contaminada con amoxicilina a nivel laboratorio. Lima : Universidad César Vallejo, 2017.
- Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. Temesgen, Tatek, y otros. 2017. 2017, Advances in Colloid and Interface Science.
- Micro-nanobubble aeration promotes senescence of submerged macrophytes with low total antioxidant capacity in urban landscape water. Wang, Shuo, y otros. 2020. 3, s.l. : Environmental Science: Water Research & Technology, 2020, Environmental Science: Water Research & Technology, Vol. 6, pág. 9.
- Ministerio del Ambiente. 2013. Areas de Conservacion Regional. Lima : NANUK E.I.R.L., 2013.
- Moschella Miloslavich, Paola. 2012. Variación y protección de humedales costeros frente a procesos de urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo. s.l. : PUCP, 2012.

- Muguruza Minaya, Luz. 2015. Determinación de la capacidad de carga turística en el ordenamiento de los humedales de ventanilla. s.l. : Universidad de Piura, 2015.
- Nanoburbujas a granel en las zonas minerales y ambientales: actualización de la investigación y las aplicaciones. Azevedo, A, Oliveira, H y Rubio, J. 2019. 2019, Los avances en la ciencia de coloides y de interfaz.
- Nanotecnología con Ozono para la reducción de Cianobacterias en las aguas de los Humedales de Villa, Chorrillos, Lima 2017". Pardo, Milagros. 2017. 2017, Universidad César Vallejo.
- . Pardo, Milagros. 2017. 2017, Universidad Cesar Vallejo.
- Norma OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales. MVCS. 2009. 2009, El Peruano, págs. 03-15.
- Nuevos registros de fauna en el Área de Conservación Regional(ACR) Humedales de Ventanilla. Carazas, Nestor, y otros. 2015. 2015, Científica.
- OMS/UNICEF. 2017. Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS. Ginebra : s.n., 2017.
- Potential of Microbubbles in Aqueous Solutions: Electrical Properties of the Gas-Water Interface. Takahashi, M. 2005. 2005, The Journal of Physical Chemistry, págs. 21858-21864.
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Agua, Autoridad Nacional del. 2016. 2016, Autoridad Nacional del Agua.
- . ANA. 2016. 2016, Autoridad Nacional del Agua, pág. 61.
- República, Congreso de la. 2012. Ley No. 29895. Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611, Ley general del ambiente, e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles. [En línea] 6 de Julio de 2012. <https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/1218550-29895>.
- Riqueza florística y estado de conservación del área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. Aponte, Héctor y Ramírez, Wilfredo. 2014. 2014, The Biologist.
- Rodríguez Sánchez, Yaniris. 2020. Metodología de la Investigación Científica. México : Klik Soluciones Educativas, 2020.
- Sabeera, Haris, y otros. 2020. El uso de micro-nano burbujas en la remediación de aguas subterráneas: una revisión. 2020.

- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2016. Introducción a la Convención Sobre Los Humedales. Gland : Secretaría de la Convención de Ramsar 2016, 2016.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2006. Manual de la convención de Ramsar: Guía a la convención sobre los Humedales. Gland(Suiza) : Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006.
- Secretaría de la Convención de RAMSAR. 2021. RAMSAR. RAMSAR ORG. [En línea] 21 de Marzo de 2021. <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>.
- Situación actual y perspectivas turísticas de los humedales de Ventanilla - Callao. Rojas Rieckhof, María Alejandra. 2010. 2010, Escuela de Turismo y Hotelería.
- SPDA. 2019. SPDA Actualidad Ambiental. [En línea] 29 de Enero de 2019. <https://www.actualidadambiental.pe/peru-conoce-los-13-humedales-mas-importantes-para-la-biodiversidad-y-supervivencia-humana/>.
- The fundamental phenomena of nanobubbles and their behavior in wastewater treatment technologies. Gurung, Anup, Dahl, Olli y Jansson, Kaj. 2016. 03 de 05 de 2016, Taylor & Francis.
- Thi Phan, Khanh Kim, y otros. 2019. Nanoburbujas: Características fundamentales y aplicaciones en el procesamiento de alimentos. Tendencias en la ciencia y la tecnología de los alimentos. 19 de Noviembre de 2019.
- Thi Thuy Bui, Mooyoung Han,. 2015. Removal of Phormidium sp. by positively charged bubble flotation. s.l. : Minerals Engineering, 2015. págs. 108-114.
- Valderrama Mendoza, Santiago. 2002. PASOS PARA ELABORAR PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. Lima : San Marcos E.I.R.L. , 2002. pág. 164.
- WAAP, Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos 2017. 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París : UNESCO, 2017.
- WWAP, (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París : UNESCO, 2019.
- ATOCHE, E.J. y HILAQUITA, B.Y., 2021. Diseño de box-behnen en la eficiencia del sistema venturi de nanomicroburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domesticas [en línea]. Pre-grado. Lima-Peru: Universidad Peruana Union. [consulta: 15

julio 2023]. Disponible en:
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4683>. Ingeniería ambiental

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2016. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Drupal [en línea], [consulta: 12 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>.

BELTRÁN ORTIZ, C. y JACINTO EULATE, N., 2012. Aplicación de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas ácidas de mina. Parte II: Flotación. [en línea], [consulta: 12 octubre 2021]. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-55932012000200003&lng=es&nrm=iso.

BURNS, S.E., YIACOUMI, S. y TSOURIS, C., 1997. Microbubble generation for environmental and industrial separations. Separation and Purification Technology, vol. 11, no. 3, ISSN 1383-5866. DOI 10.1016/S1383-5866(97)00024-5.

CONGRESO DE LA REPUBLICA, 1997. Ley de Áreas Naturales Protegidas. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental [en línea]. [consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-areas-naturales-protégidas>.

FAJARDO, N., 2018. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú [en línea]. Post-grado. Lima-Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [consulta: 25 octubre 2020]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7738>. Ingeniería geológica, minera, metalúrgica y geográfica

FERNANDEZ, A., 2019. Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire - Lima 2019' [en línea]. Pre-grado. Lima-Peru: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60984>. Ingeniería ambiental

HERNANDEZ, C., 2019. Efectos de micro y nano burbujas en tratamientos de aguas residuales domésticas: el caso de pasca, cundinamarca [en línea]. Post-grado. S.I.: Universidad de Cundinamarca. [consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2334>. Ciencias agropecuarias

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., 2018. Metodología de la investigación. México: McGraw Hill Interamericana. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- JINDO, K. y MORIKAWA, M., 2020. Innovative Feasibility Study for the Reclamation of the Cascajo Wetlands in Peru Utilizing Sustainable Technologies. *Water*, vol. 12, DOI 10.3390/w12041097.
- JUWANA, W.E., WIDYATAMA, A., DINARYANTO, O., BUDHIJANTO, W., INDARTO, y DEENDARLIANTO, 2019. Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using orifice type microbubble generator. *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 141, ISSN 0263-8762. DOI 10.1016/j.cherd.2018.11.017.
- KIM, S., KIM, H., HAN, M. y KIM, T., 2019. Generation of sub-micron (nano) bubbles and characterization of their fundamental properties. *Environmental Engineering Research*, vol. 24, no. 3, ISSN 1226-1025, 2005-968X. DOI 10.4491/eer.2018.210.
- LAFUENTE, E. y LÓPEZ, H., 2018. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, vol. 13, DOI 10.24133/cctespe.v13i1.808.
- LÓPEZ, J.A., RUBIO, J.C. y MACHUCA, M.M., 2008. Agua y cultura: VII Simposio del Agua en Andalucía. España: IGME. vol. 1. ISBN 978-84-7840-762-0. Geológico y Minero
- MARUI, T., 2013. An Introduction to Micro/ nano-Bubbles and their Applications. , vol. 11, no. 4,
- MÉNDEZ, R., 2017. Reducción de DQO y materia orgánica usando micro nano burbujas de aire en agua contaminada con amoxicilina a nivel laboratorio. Pre-grado. Lima-Peru: Universidad Cesar Vallejo. Ingeniería ambiental
- MINAM, 2005. Ley General del Ambiente. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental [en línea]. [consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>.
- MVCS, 2009. OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales - DS N° 022-2009. [en línea]. [consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619690-os-090-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ds-n-022-2009>.
- SABEERA, H., XIAOBIN, Q., HARAL, K. y MOHAMED, M.A., 2020. The use of micro-nano bubbles in groundwater remediation: A comprehensive review. *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 11, ISSN 2352-801X. DOI 10.1016/j.gsd.2020.100463.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2013. Manual de la Convencion de Ramsar. 6. Suiza: Dwight Peck, Ramsar.

SERNANP, 2009. Plan Maestro 2009-2014. Area de Conservación Regional Humedales de Ventanilla. En: Accepted: 2016-01-14T09:34:02Z [en línea]. Reporte. S.l.: Gobierno Regional del Callao. [consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/8220>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA								
Título:	Evaluación de Coliformes Termotolerantes utilizando el Sistema de Microburbujas en las Aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variable Dependiente	Coliformes Termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla	Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 44.5 +/- 0,2 °C (MVCS, 2009) cuya concentración removida mediante un sistema de tratamiento es calculada a través del análisis microbiológico.	Los coliformes termotolerantes en aguas del ACR Humedales de Ventanilla se medirá mediante el análisis microbiológico.	Análisis Microbiológico	Concentración de Coliformes Termotolerantes (NMP/ 100 mL)
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas						
¿Cuál será la evaluación de coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022?	Evaluar los coliformes termotolerantes utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.	La evaluación de coliformes termotolerantes tendrá un efecto significativo utilizando el sistema de microburbujas en las aguas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, 2022.	Variable independiente	Sistema de Microburbujas	Tecnología de tratamiento que genera burbujas con un diámetro menor a 1 mm (Juwana et al., 2019), cuyos tamaños son influidos por diferentes factores siendo unos de ellos las condiciones operativas (Sabeera et al., 2020).	El sistema de microburbujas se medirá mediante las condiciones operativas.	Condiciones Operativas	Presión del aire (PSI)
¿Cuál será la presión del aire del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla?	Determinar la presión del aire del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla	La presión del aire del sistema de microburbujas tendrá un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.						Tiempo de Contacto (min)
¿Cuál será el tiempo de contacto del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla?	Determinar el tiempo de contacto del sistema de microburbujas para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.	El tiempo de contacto del sistema de microburbujas tendrá un efecto significativo para evaluar los coliformes termotolerantes en las aguas del ACR Humedales de Ventanilla.						

Anexo 2. Instrumentos Validados

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.- CERPER

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Santa Rosa N° 601, distrito de La Perla, provincia constitucional del Callao y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración*

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 03 de junio de 2019

Fecha de Vencimiento: 02 de junio de 2023



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2021-01-13 19:32:26
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRÍGUEZ ALEGRÍA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0640-2019/INACAL-DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación
N°025-2015/INDECOPI-SNA
Registro N° : LE-003

Fecha de emisión: 12 de enero de 2021

**La acreditación con la NTP-ISO/IEC 17025:2017, inicia a partir del 30 de diciembre de 2020, según Cédula de Notificación N° 574-2020-INACAL/DA.*

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

Anexo 3. Base de Datos

Registro de los Resultados de las Muestras

Codificación	Descripción	Fecha	Hora	Coliformes Termotolerantes	Observaciones
				NMP/100 mL	
LESP1	Espejo de agua (cerca del canal central 4)	14/09/2022	9:41	1700	-

Corridas	Codificación	Condiciones Operativas		Fecha	Hora	Coliformes Termotolerantes	Observaciones
		Presión del aire (PSI)	Tiempo de Contacto (min)			NMP/100 mL	
1	M-1	40	15	19/08/2022	15:20	1700	
2	M-2	40	30	19/08/2022	15:39	220	
3	M-3	40	45	19/08/2022	15:56	450	
4	M-7	50	15	19/08/2022	20:00	450	Se pausó la continuidad de las corridas debido al horario de atención del laboratorio
5	M-8	50	30	24/08/2022	12:37	40	
6	M-9	50	45	24/08/2022	12:58	22	
7	M-19	60	15	28/09/2022	13:01	1700	
8	M-20	60	30	28/09/2022	13:21	680	
9	M-21	60	45	28/09/2022	13:39	450	
10	M-4	40	15	19/08/2022	16:37	1100	
11	M-5	40	30	19/08/2022	16:54	200	
12	M-6	40	45	19/08/2022	17:12	200	
13	M-10	50	15	24/08/2022	13:30	450	
14	M-11	50	30	24/08/2022	14:04	110	
15	M-12	50	45	24/08/2022	14:20	450	
16	M-22	60	15	28/09/2022	14:10	780	
17	M-23	60	30	28/09/2022	14:30	200	
18	M-24	60	45	28/09/2022	14:49	200	
19	M-16	40	15	14/09/2022	14:50	450	Se volvió a realizar una corrida de 40 PSI, 15 min
20	M-17	40	30	14/09/2022	15:08	200	Se volvió a realizar una corrida de 40 PSI, 30 min
21	M-18	40	45	14/09/2022	15:27	780	Se volvió a realizar una corrida de 40 PSI, 45 min
22	M-13	50	15	24/08/2022	14:42	450	
23	M-14	50	30	24/08/2022	14:58	40	

Corridas	Codificación	Condiciones Operativas		Fecha	Hora	Coliformes Termotolerantes	Observaciones
		Presión del aire (PSI)	Tiempo de Contacto (min)			NMP/100 mL	
24	M-15	50	45	24/08/2022	15:15	780	Se pausó la continuidad de las corridas debido a fallas en el equipo
25	M-25	60	15	28/09/2022	16:52	780	
26	M-26	60	30	28/09/2022	17:10	680	
27	M-27	60	45	28/09/2022	17:29	680	

Anexo 4. Registro de Identificación del Punto de Muestreo

REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO			
Nombre del cuerpo de agua:	Espejo de agua		
Clasificación del cuerpo de agua: (Categorizado de acuerdo con la R.J. No. 202-2010-ANA y sus modificaciones posteriores)	Clase 3		
Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino – costero (Código Pfaffslatter)	Intercuenca Carabayllo (1375561)		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO			
Código del punto de muestreo:	LESP1		
Descripción: (Origen/ Ubicación)	Espejo de agua (cerca del canal central 4)		
Accesibilidad: (Describir detalladamente la vía de acceso)	Vías de acceso no pavimentadas		
Representatividad: (Describir la zona de laguna, que el punto de muestreo representa)	Espejo de agua		
Finalidad del monitoreo: (Describir la finalidad del punto de muestreo)	Fines de investigación		
Reconocimiento del entorno: (Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo)	Ubicado al noreste del humedal		
UBICACIÓN			
Distrito:	Provincia:	Departamento:	
Ventanilla	Callao	Lima	
Localidad:	Ventanilla		
Coordenadas (WGS84):	Sistema de coordenadas: <input checked="" type="checkbox"/> Proyección UTM <input type="checkbox"/> Geográficas		
Norte/ Latitud:	8686408	Zona:	18
Este/ Longitud:	266066	Altitud:	0



Elaborado por: Talía Ramos, Mónica Basilio y Katherine Larota

Anexo 5. Cadena de Custodia

CLIENTE: **TALIA RAMOS MATIENZO**
 DIRECCION LEGAL: **N2 XV LT 19 LAS FLORES - VENTANILLA - CALLAO**
 TELEFONO:
 LUGAR DE MUESTREO: **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

CONTACTO:
 E-MAIL: **TALIARAMOSMATIENZO@gmail.com**
 CELULAR:

CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO

HVS: **22 007 227**

EXMA: **04915-2022-03**

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		N° de Envases	CONFORMES TERMINOERANTES	PARAMETROS																		GEORREFERENCIA (UTM WGS 84)		
		FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO																					ESTE	NORTE	
M-16	ASup	14/09/22	14:50	01	Y																			5 18L	267494	8665738
M-17	ASup	14/09/22	15:08	01	X																			5 18L	267494	8665738
M-18	ASup	14/09/22	15:27	01	X																			5 18L	267494	8665738
				TOTAL	03																					

TIPO DE ENVASE: P: FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBAR / PA: FRASCO DE PLASTICO AMBAR / W: WINKLER / BP: BOLSA PLASTICA
 TIPO DE MUESTRA: AGUAS NATURALES: AGUA SUBTERRANEA (ASUB) / AGUA SUPERFICIAL (ASUP) // AGUA RESIDUAL: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) / AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) / AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) // AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AGUA DE BEBIDA (AB) / AGUA DE PISCINA (AP) / AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (ALA) // AGUAS SALINAS: AGUA DE MAR (AM) / AGUAS SALOBRES (ASA) / SALMUERA (SAL) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIR) // AGUA DE PROCESO: AGUA DE CIRCULACION O ENFRIAMIENTO (ACE) / AGUA DE ALIMENTACION PARA CALDERAS (ALC) / AGUA DE CALDERAS (AC) / AGUA DE LIXIVIACION (ALIX) / AGUA PURIFICADA (APU) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (APRI)

DATOS DE MUESTREO:	
Muestreado por:	KATHERINE LAROTA ANCASI
Fecha de finalización del muestreo:	14/09/22
Hora de finalización del muestreo:	15:27
Volumen Filtrado (m ³):	-
Área de Draga (m ²):	-
Flujo de Muestreo (m ³ /h):	-
Tiempo de Muestreo (h):	-

CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:			
En buen estado:	SI	/	NO
Recipiente apropiado:	SI	/	NO
Dentro del tiempo de conservacion:	SI	/	NO
Correctamente preservadas:	SI	/	NO
RECIBIDO POR:			

OBSERVACIONES

CLIENTE: FALIA RAMOS MATEIÑO DIRECCION LEGAL: NZ XV.LT 19 LAS FLORES - VENTANILLA - CALLAO TELEFONO: LUGAR DE MUESTREO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	CONTACTO: E-MAIL: FALIA RAMOS MATEIÑO @ GMAIL CELULAR:	CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO	HVS: 22007227 EXMA: 04915-2022-04
---	---	--	--

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		N° de Envases	COMFORMES TERNOS	PARAMETROS																GEORREFERENCIA (UTM WGS 84)		
		FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO																			ESTE	NORTE	
M-19	ASup	28-09-22	13:01	01	X	/																ALTITUD (M.S.N.M)		
M-20	ASup	28-09-22	13:21	01	X																	ZONA + WGS (K.L.M)		
M-21	ASup	28-09-22	13:39	01	X																	S	269492	3665749
M-22	ASup	28-09-22	14:10	01	X																	18L	269492	3665749
M-23	ASup	28-09-22	14:30	01	X																	S	269492	3665749
M-24	ASup	28-09-22	14:49	01	X																	18L	269492	3665749
				TOTAL	06																			

TIPO DE ENVASE: P: FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBAR / PA: FRASCO DE PLASTICO AMBAR / W: WINKLER / BP: BOLSA PLASTICA
 TIPO DE MUESTRA: AGUAS NATURALES: AGUA SUBTERRANEA (ASUB) / AGUA SUPERFICIAL (ASUP) / AGUA RESIDUAL: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) / AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) / AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) / AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AGUA DE BEBIDA (AB) / AGUA DE PISCINA (AP) / AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (ALA) / AGUAS SALINAS: AGUA DE MAR (AM) / AGUAS SALDRES (ASA) / SALMUERA (SAL) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIR) / AGUA DE PROCESO: AGUA DE CIRCULACION O ENFRIAMIENTO (ACE) / AGUA DE ALIMENTACION PARA CALDERAS (ALC) / AGUA DE CALDERAS (AC) / AGUA DE LIXIVACION (ALIX) / AGUA PURIFICADA (APU) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (APRI)

DATOS DE MUESTREO:	
Muestreado por:	KATHERINE LAROTA ANASI
Fecha de finalización del muestreo:	28/09/22
Hora de finalización del muestreo:	14:30
Volumen Filtrado (m³):	-
Área de Draga (m²):	-
Flujo de Muestreo (m³/h):	-
Tiempo de Muestreo (h):	-

CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:			
En buen estado	SI	/	NO
Recipiente apropiado	SI	/	NO
Dentro del tiempo de conservación	SI	/	NO
Correctamente preservadas	SI	/	NO
RECIBIDO POR:			

OBSERVACIONES

Anexo 6. Informes de Ensayo

INFORME DE ENSAYO N° 1-11393/22

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(A)	
Cliente	: RAMOS MATIENZO, TALIA
Domicilio legal	: Mz. XV Lt 19 Las Flores – Ventanilla – Callao – Callao
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(A)	: AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente.
Cantidad recibida	: 1 muestra x 500 mL
Presentación y condición de recepción	: En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado.
Identificación y descripción ^(A)	: LUGAR DE MUESTREO: ACR HUMEDALES DE VENTANILLA CÓDIGO DE ESTACIÓN: LESP1 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 14-09-22 / 09:41 COORDENADAS: ALTITUD: 71; ZONA: 18L; ESTE: 266066; NORTE: 8686408
Fecha de recepción	: 2022 - 09 - 14
Fecha de inicio del ensayo	: 2022 - 09 - 15
Fecha de término del ensayo	: 2022 - 09 - 19
Ensayo realizado en	: Laboratorio Microbiología (Callao)
Identificado con	: H/S 22007227 (EXMA-04915-2022-03)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	1 700

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados

MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed. (Revision 2022). 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC medium).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de septiembre de 2022
RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

Sonia García Canales
ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 93422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“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 sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 1-10276/22

Pág. 1/1

Solicitante : **RAMOS MATIENZO, TALIA**
 Domicilio legal : **Mz. XV Lt 19 Las Flores – Ventanilla – Callao – Callao**
 Producto declarado : **AGUA NATURAL - SUPERFICIAL**
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : **07 muestras x 500 mL c/u**
Muestra proporcionada por el solicitante
 Identificación de la muestra : **FECHA DE MUESTREO: 19/08/2022**
Según se indica
 Forma de Presentación : **En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado.**
 Fecha de recepción : **2022 - 08 - 19**
 Fecha de inicio del ensayo : **2022 - 08 - 20**
 Fecha de término del ensayo : **2022 - 08 - 24**
 Ensayo realizado en : **Laboratorio Microbiología (Callao)**
 Identificado con : **H/S 22007227 (EXMA-04915-2022-01)**
 Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas.**

Ensayo	Unidad	Muestras / Resultados						
		M-1 HORA: 15:20	M-2 HORA: 15:39	M-3 HORA: 15:56	M-4 HORA: 16:37	M-5 HORA: 16:54	M-6 HORA: 17:12	M-7 HORA: 20:00
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	1 700	220	450	1 100	200	200	450

MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 29 de agosto de 2022
 AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

 ING. SONIA GARCÍA CANALES
 C.I.P. 93422
 ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“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 sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores – Arequipa
 T. (054) 265572

CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
 T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



INFORME DE ENSAYO N° 1-00564/23

Pág. 1/2

DATOS DEL CLIENTE ^(A)

Cliente : RAMOS MATIENZO, TALIA
Domicilio legal : Mz. XV Lt 19 Las Flores – Ventanilla – Callao – Callao

DATOS DE LA MUESTRA

Producto declarado ^(A) : AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
Procedencia : Proporcionada por el solicitante y/o cliente.
Cantidad recibida : 8 muestras x 500 mL c/u
Presentación y condición de recepción : En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado.
Identificación y descripción ^(A) : Fecha de muestreo: 24/08/2022
Fecha de recepción : 2022 - 08 - 24
Fecha de inicio del ensayo : 2022 - 08 - 25
Fecha de término del ensayo : 2022 - 08 - 29
Ensayo realizado en : Laboratorio Microbiología (Callao)
Identificado con : H/S 22007227 (EXMA-04915-2022-02)
Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.
Referencia : Este Informe de Ensayo reemplaza al Informe 1-10646/22 emitido el día 06 de septiembre de 2022

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M-8 – HORA: 12:37	18L	269492	8665749	5
M-9 – HORA: 12:58	18L	269492	8665749	5
M-10 – HORA: 13:30	18L	269492	8665749	5
M-11 – HORA: 14:04	18L	269492	8665749	5
M-12 – HORA: 14:20	18L	269492	8665749	5
M-13 – HORA: 14:42	18L	269492	8665749	5
M-14 – HORA: 14:58	18L	269492	8665749	5
M-15 – HORA: 15:15	18L	269492	8665749	5

Ensayo	Unidad	Muestras / Resultados			
		M-8 HM: 12:37	M-9 HM: 12:58	M-10 HM: 13:30	M-11 HM: 14:04
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	40	22	450	110

Ensayo	Unidad	Muestras / Resultados			
		M-12 HM: 14:20	M-13 HM: 14:42	M-14 HM: 14:58	M-15 HM: 15:15
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	450	450	40	780

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE - 003**



INFORME DE ENSAYO N° 1-00564/23

Pág. 2/2

MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 12 de enero de 2023
RF

CERTIFICACIONES DEL PERÚ SA


.....
ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.P. 33422
COORDINADORA DEL ÁREA DE EMISIÓN DE INFORMES

“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 sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 1-11394/22

Pág. 1/2

DATOS DEL CLIENTE ^(A)

Cliente : **RAMOS MATIENZO, TALIA**
Domicilio legal : **Mz. XV Lt 19 Las Flores – Ventanilla – Callao – Callao**

DATOS DE LA MUESTRA

Producto declarado ^(A) : **AGUA NATURAL - SUPERFICIAL**
Procedencia : **Proporcionada por el solicitante y/o cliente.**
Cantidad recibida : **3 muestras x 500 mL c/u**
Presentación y condición de recepción : **En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado.**
Identificación y descripción ^(A) : **LUGAR DE MUESTREO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**
FECHA DE MUESTREO: 14-09-22
Según se indica
Fecha de recepción : **2022 - 09 - 14**
Fecha de inicio del ensayo : **2022 - 09 - 15**
Fecha de término del ensayo : **2022 - 09 - 19**
Ensayo realizado en : **Laboratorio Microbiología (Callao)**
Identificado con : **H/S 22007227 (EXMA-04915-2022-03)**
Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas.**

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M-16 – HORA: 14:50	18L	269494	8665738	5
M-17 – HORA: 15:08	18L	269494	8665738	5
M-18 – HORA: 15:27	18L	269494	8665738	5

Ensayo	Unidad	Muestras / Resultados		
		M-16 HM: 14:50	M-17 HM: 15:08	M-18 HM: 15:27
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	450	200	790

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 1-11394/22

Pág. 2/2

MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed. (Revision 2022). 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de septiembre de 2022
RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.



ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 33422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

"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 sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



INFORME DE ENSAYO N° 1-11729/22

Pág. 1/2

DATOS DEL CLIENTE ^(A)

 Cliente : RAMOS MATIENZO, TALIA
 Domicilio legal : Mz. XV Lt 19 Las Flores – Ventanilla – Callao – Callao

DATOS DE LA MUESTRA

 Producto declarado ^(A) : AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
 Procedencia : Proporcionada por el solicitante y/o cliente.
 Cantidad recibida : 6 muestras x 500 mL c/u
 Presentación y condición de recepción : En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado.
 Identificación y descripción ^(A) : LUGAR DE MUESTREO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FECHA DE MUESTREO: 28-09-22
 Según se indica
 Fecha de recepción : 2022 - 09 - 28
 Fecha de inicio del ensayo : 2022 - 09 - 29
 Fecha de término del ensayo : 2022 - 03 - 03
 Ensayo realizado en : Laboratorio Microbiología (Callao)
 Identificado con : H/S 22007227 (EXMA-04915-2022-04)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Punto de Muestreo ^(A)	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M 19 – HORA: 13:01	18L	269492	8665749	5
M 20 – HORA: 13:21	18L	269492	8665749	5
M 21 – HORA: 13:39	18L	269492	8665749	5
M 22 – HORA: 14:10	18L	269492	8665749	5
M 23 – HORA: 14:30	18L	269492	8665749	5
M 24 – HORA: 14:49	18L	269492	8665749	5

Ensayo	Unidad	Muestras / Resultados					
		M 19 HM: 13:01	M 20 HM: 13:21	M 21 HM: 13:39	M 22 HM: 14:10	M 23 HM: 14:30	M 24 HM: 14:49
Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	1 700	680	450	780	200	200

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados

“Este documento sin firma digital carece de validez”

 AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores – Arequipa
 T. (054) 265572

 CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
 T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 1-11729/22

Pág. 2/2

MÉTODO

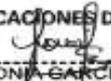
Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed. (Revision 2022). 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 05 de octubre de 2022
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.



ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 83422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

"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 sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 1-11739/22

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(*)	
Cliente	: RAMOS MATIENZO, TALIA
Domicilio legal	: Mz XV Lt 19 Las Flores - Ventanilla - Callao - Callao
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(*)	: AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad Recibida	: 1 muestra x 500 mL
Presentación y condición de recepción	: En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado. M 25
Identificación y descripción ^(*)	: FECHA DE MUESTREO: 28-09-2022 HORA DE MUESTREO: 16:52 HORAS Según indica
Fecha de recepción	: 2022 - 09 - 28
Fecha de inicio del ensayo	: 2022 - 09 - 29
Fecha de término del ensayo	: 2022 - 10 - 03
Ensayo realizado en	: Laboratorio de Microbiología (Callao)
Identificado con	: H/S 22008151 (EXMA-13030-2022)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Punto de muestreo ^(*)	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M 25 – HORA: 16.52	18L	269492	8665749	5

Ensayo	LDM	Unidad	Resultado
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	780

LDM: Límite de detección del método

^(*) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

MÉTODO

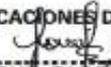
Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.(Revisión 2022). 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 05 de octubre de 2022
CN

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


 ING. SONIA GARCÍA CANALES
 C.I.P. 33422
 ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“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 sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 1-11742/22

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(A)	
Cliente	: RAMOS MATIENZO, TALIA
Domicilio legal	: Mz XV Lt 19 Las Flores - Ventanilla - Callao - Callao
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(A)	: AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad Recibida	: 1 muestra x 500 mL
Presentación y condición de recepción	: En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado M 26
Identificación y descripción ^(A)	: FECHA DE MUESTREO: 28-09-2022 HORA DE MUESTREO: 17:10 HORAS Según se indica
Fecha de recepción	: 2022 - 09 - 28
Fecha de inicio del ensayo	: 2022 - 09 - 29
Fecha de término del ensayo	: 2022 - 10 - 03
Ensayo realizado en	: Laboratorio de Microbiología (Callao)
Identificado con	: H/S 22008151 (EXMA-13030-2022)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Punto de muestreo ^(A)	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M 26 – HORA: 17:10	18L	269492	8665749	5

Ensayo	LDM	Unidad	Resultado
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	680

LDM: límite de detección del método

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

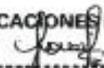
MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E1, 23 rd Ed (Revisión 2022), 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 05 de octubre de 2022
CN

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.P. 83422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“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 sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 1-11743/22

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(A)	
Cliente	: RAMOS MATIENZO, TALIA
Domicilio legal	: Mz XV Lt 19 Las Flores - Ventanilla - Callao - Callao
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(A)	: AGUA NATURAL - SUPERFICIAL
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad Recibida	: 1 muestra x 500 mL
Presentación y condición de recepción	: En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado M 27
Identificación y descripción ^(A)	: FECHA DE MUESTREO: 28-09-2022 HORA DE MUESTREO: 17:29 HORAS Según se indica
Fecha de recepción	: 2022 - 09 - 28
Fecha de inicio del ensayo	: 2022 - 09 - 29
Fecha de término del ensayo	: 2022 - 10 - 03
Ensayo realizado en	: Laboratorio de Microbiología (Callao)
Identificado con	: H/S 22008151 (EXMA-13030-2022)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Punto de muestreo ^(A)	Coordenadas UTM WGS 84			
	Zona	Este	Norte	Altitud
M 27 - HORA: 17:29	18L	269492	8665749	5

Ensayo	LDM	Unidad	Resultado
Coliformes Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	680

LDM: límite de detección del método

^(A) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

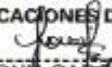
MÉTODO

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed. (Revisión 2022). 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC medium)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 05 de octubre de 2022
 CN

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

 ING. SONIA GARCÍA CANALES
 C.I.P. 93422
 ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

"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 sin firma digital carece de validez"

 AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores – Arequipa
 T. (054) 265572

 CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
 T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

Anexo 7. Registro Fotográfico



Imagen N° 1.
Ensamblaje del sistema



Imagen N° 2.
Sistema de microburbujas



Imagen N° 3.
Pruebas pre operacionales



Imagen N° 4.
Identificación del área a monitorear



Imagen N° 5.
Toma de muestra LESP1



Imagen N° 6.
Traslado de las muestras de agua del ACR



Imagen N° 7.
Envases entregados por laboratorio acreditado - CERPER



Imagen N° 8.
Toma de muestra M1- 40 PSI



Imagen N° 9.
Toma de muestra M2- 40 PSI



Imagen N° 10.
Toma de muestra M3- 40 PSI



Imagen N° 11.
Toma de muestra M4-40 PSI



Imagen N° 12.
Toma de muestra M5- 40 PSI



Imagen N° 13.
Toma de muestra M6– 40 PSI



Imagen N° 14.
Toma de muestra M7– 50 PSI



Imagen N° 15.
Toma de muestra M8– 50 PSI



Imagen N° 16.
Toma de muestra M9– 50 PSI



Imagen N° 17.
Toma de muestra M10– 50 PSI



Imagen N° 18.
Toma de muestra M11– 50 PSI



Imagen N° 19.
Toma de muestra M12– 50 PSI

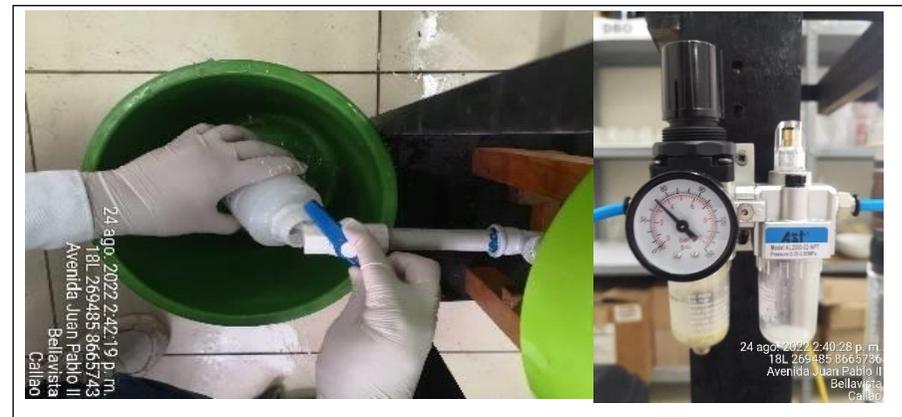


Imagen N° 20.
Toma de muestra M13– 50 PSI



Imagen N° 21.
Toma de muestra M -14– 50 PSI



Imagen N° 22.
Toma de muestra M-15– 50 PSI



Imagen N° 23.
Toma de muestra M -16– 40 PSI



Imagen N° 24.
Toma de muestra M-17– 40 PSI



Imagen N° 25.
Toma de muestra M18– 40 PSI



Imagen N° 26.
Toma de muestra M19– 60 PSI



Imagen N° 27.
Toma de muestra M20– 60 PSI



Imagen N° 28.
Toma de muestra M21– 60 PSI



Imagen N° 29.
Toma de muestra M22 – 60 PSI



Imagen N° 30.
Toma de muestra M23– 60 PSI



Imagen N° 31.
Toma de muestra M24– 60 PSI



Imagen N° 32.
Toma de muestra M25– 60 PSI



Imagen N° 33.
Toma de muestra M26– 60 PSI



Imagen N° 34.
Toma de muestra M27– 60 PSI