TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* EN AGUA DE MAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN CONSORCIO MICROBIANO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN LAS PLAYAS DEL LITORAL DE LIMA 2018-2024"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Zdenka Carolina Vlasica Cartulin (0000-0002-8905-1554)

Asesor:

Susan Mery Medina Canzio (0000-0003-2574-7728)

Lima - Perú

2026

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 12 de agosto del 2026.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. María Magdalena Cardenas Gaudry
Miembro: Mg. Carlos Alberto Satalaya Rengifo
Miembro: Mg. Orlando Advíncula Zeballos

Se reúnen para evaluar la tesis, con código de proyecto PRE-11-2022-00434, titulada :

" EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE ESCHERICHIA COLI EN AGUA DE MAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN CONSORCIO MICROBIANO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN LAS PLAYAS DEL LITORAL DE LIMA 2018-2024"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Zdenka Carolina Vlasica Cartulin**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dra. Susan Mery Medina Canzio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple( ) calificar a:

Tesista: Zdenka Carolina Vlasica Cartulin			Nota (en letras): 14 (Catorce)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dra. María Magdalena Cardenas Gaudry
Presidente

Mg. Carlos Alberto Satalaya Rengifo
Miembro 1

Mg. Orlando Advíncula Zeballos
Miembro 2

Dra. Susan Mery Medina Canzio
Asesora

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (versión 2.0) [1]

Lima, 26 de agosto del 2026

Señor,
Dr. Percy Mayta Tristan
Vicerrector de Investigación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Los abajo firmante, Zdenka Carolina Vlasica Cartulin de la Universidad Científica del Sur, y la asesora de tesis Susan Mery Medina Canzio declaramos que este informe final de tesis titulado "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* EN AGUA DE MAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN CONSORCIO MICROBIANO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA EN LAS PLAYAS DEL LITORAL DE LIMA 2018-2024", que presentamos para optar el título profesional de Ingeniera Ambiental, es original.

En consecuencia, declaramos que el informe no contiene plagio ni total ni parcial; que, cuando se utilizó información de fuentes externas, se reconoció su autoría mediante la citación correspondiente; y que los resultados obtenidos son producto íntegro de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo ello en cumplimiento del Código de ética en la Investigación, Reglamento de Disciplina de Pregrado y Posgrado, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Sí declaro haber utilizado herramientas de IA no generativa para la corrección ortográfica y de estilo, gestión de referencias y traducción, conforme a la normativa de la Universidad [3]. Todo el material ha sido revisado por la autora quien asume la responsabilidad de su contenido.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, uso indebido de IA generativa o uso no declarado de IA, nos sometemos al proceso de investigación que establezca la Universidad y aceptamos las sanciones que pudieran corresponder. También declaramos conocer las normativas institucionales que regulan las sanciones aplicables en estos casos, incluido el de la compra y venta de tesis.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI: 75999834



Firma del asesor de tesis
DNI: 43371726

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/3652
[3] GEA-GIE-POL-05 Política del uso de inteligencia artificial

La versión vigente de este documento es la que se encuentra el repositorio de Office 365. Cualquier copia impresa se considera copia NO CONTROLADA y se debe verificar su vigencia.

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Evaluación de la reducción de *Escherichia coli* en agua de mar mediante la aplicación de un consorcio microbiano y análisis de la calidad microbiológica en las playas del litoral de Lima 2018-2024

Autores. Zdenka Carolina Vlasica Cartulin

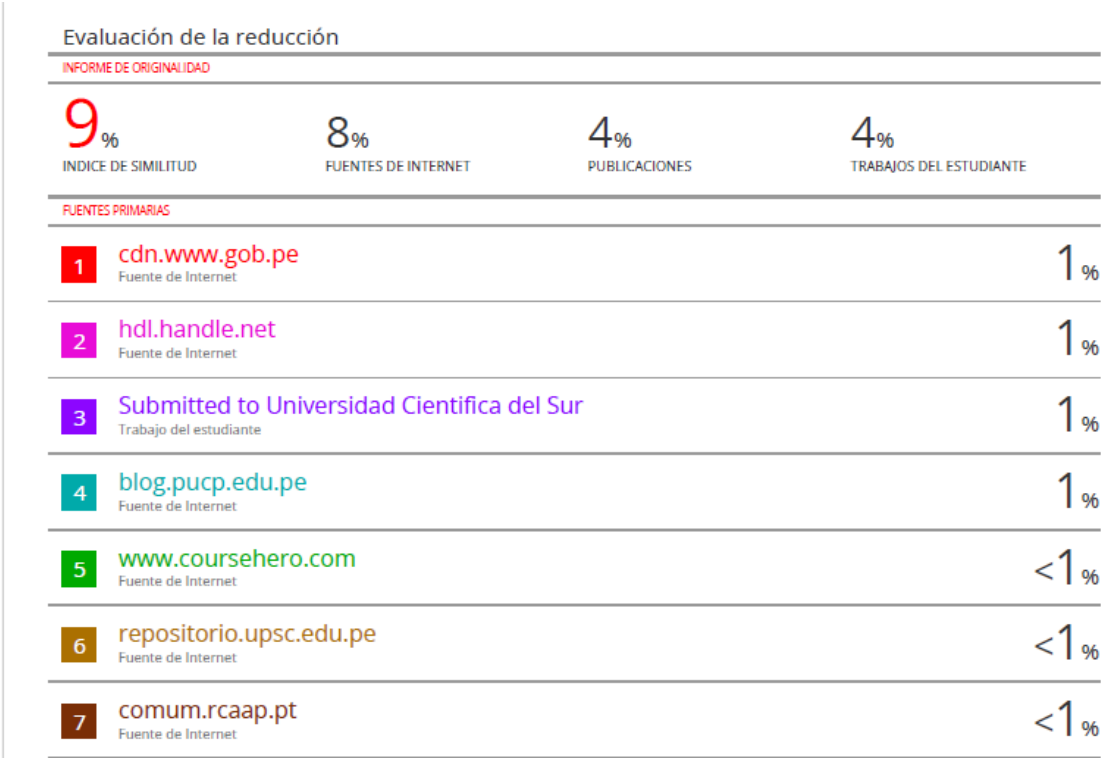
Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 3052297300).

Código de registro. PRE-18-2024-00859

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Evaluación de la reducción

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	8%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
4	blog.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	comum.rcaap.pt Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

A mis padres cuyo amor y apoyo incondicional han sido la base de todo lo que he logrado.

A mis hermanos, por su compañía inigualable a lo largo de mi vida, son mi ejemplo a seguir.

A mi esposo Cales, quien me ha apoyado desde el día uno en este camino, con su cariño y motivación.

Finalmente, pero no menos importantes, a mis mascotas Homero, el Sr. Tom, Wayra y Kiki, quienes llenan mis días de felicidad.

A todos ustedes, sé que esperaron este momento tanto como yo y les digo que este logro es tanto mío como suyo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Susan Medina, quien fue mi profesora del curso de biorremediación en la Universidad y ahora, mi asesora. Por su acompañamiento y dedicación a largo de este proceso.

A mi alma mater, la Universidad Científica del Sur, por brindarme una excelente formación y por ser el lugar donde me sentí Ingeniera Ambiental desde el primer día.

Y a mi familia, por estar presente en cada etapa de mi vida.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN **7**

ABSTRACT **8**

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **9**

II. MARCO TEÓRICO **12**

1. Antecedentes 12

1.1. Canal de riego del río Surco 12

1.2. Antecedentes sobre contaminación microbiológica en playas 13

1.3. Antecedentes de remediaciones biológicas para la reducción de Escherichia coli en ambientes acuáticos 15

2. Marco Legal local y nacional 17

2.1 ***Ordenanza N°1850 – Para la gestión ambiental integral de las playas del litoral de la provincia de Lima*** 17

2.2 ***Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*** 17

2.3 ***Ley General del Ambiente – Ley N°28611*** 18

2.4 ***Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) - Ley N°27446*** 18

2.5 ***Ley General de Recursos Hídricos - Ley N.º 29338*** 18

3. Bases Teóricas 19

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

3.1 ***Contaminación microbiológica del agua de mar*** 19

3.2 ***Biorremediación microbiana*** 21

3.3 ***Parámetros fisicoquímicos del agua de mar*** 22

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS 23

1. Objetivo general 23

2. Objetivos específicos 23

3. Hipótesis 24

IV. METODOLOGÍA 24

1. Área de estudio 25

2. Materiales 26

3. Obtención de las muestras 26

4. Diseño e instalación experimental 27

5. Aplicación del consorcio bacteriano 29

6. Preparación de la *Escherichia coli* 29

7. Recolección de parámetros 29

7.1 ***Parámetro microbiológico*** 29

7.2 ***Parámetros fisicoquímicos*** 29

8. Análisis de datos obtenidos y cumplimiento de la normativa 30

9. Análisis de la contaminación de las playas de Lima 30

10. Diseño de la propuesta conceptual de un sistema preliminar de biorremediación para la playa Los Delfines 30

11. Análisis Estadístico 31

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

12. Aspectos éticos 32

V. RESULTADOS **33**

1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos 33

1.1 *Potencial de Hidrógeno (pH)* 33

1.2 *Temperatura (°C)* 34

1.3 *Estimación referencial de la Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad y Sólidos Suspendidos Totales (SST)* 35

1.4 *Oxígeno Disuelto (OD)* 37

2. Resultados del parámetro microbiológico de los tratamientos 38

3. Resultados de los parámetros de calidad de las playas de 2018-2024 obtenidos de bases de datos de DIGESA y del ANA 41

4. Propuesta conceptual preliminar de sistema de biorremediación para la desembocadura del canal en la playa Los Delfines 46

VI. DISCUSIÓN **48**

1. Comportamiento y reducción de *Escherichia coli* en agua de mar mediante sistemas de biorremediación 48

2. Contaminación con coliformes en las playas de Lima 52

3. Propuesta conceptual de un sistema de biorremediación en la playa Los Delfines como línea de investigación futura 55

VII. CONCLUSIONES **57**

VIII. RECOMENDACIONES **59**

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **60**

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

X. ANEXOS 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Montaje experimental de los cuatro sistemas S1, S2, S3 y S4, en el laboratorio N101 en la Universidad Científica del Sur 27

Figura 2. Configuración de los cuatro sistemas experimentales 28

Figura 3. Variación semanal del pH en los sistemas experimentales 33

Figura 4. Análisis estadístico del pH por sistema experimental 34

Figura 5. Variación semanal de la temperatura (°C) en los sistemas experimentales ... 34

Figura 6. Análisis estadístico de la temperatura por sistema experimental 35

Figura 7. Variación semanal del Oxígeno Disuelto en los sistemas experimentales 37

Figura 8. Análisis estadístico del Oxígeno Disuelto por sistema experimental 38

Figura 9. Concentración de E. coli (NMP/100mL) por sistema experimental durante la fase experimental 39

Figura 10. Análisis estadístico del comportamiento de E. coli por sistema experimental 40

Figura 11. Comparación de la reducción de E. coli en el estudio de agua dulce con registro 030-2019-PRO99 40

Figura 12. Concentración de coliformes termotolerantes en las playas de la provincia de Lima del 2018 a 2024. 42

Figura 13. Variación semanal de coliformes termotolerantes en las playas de la Costa Verde en el año 2018-2024 44

Figura 14. Clasificación sanitaria de playas de la Costa Verde según coliformes termotolerantes, residuos sólidos y servicios higiénicos. 45

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 15. Evolución anual de coliformes termotolerantes en las playas de la Costa Verde, en el año 2018 al 2024 46

Figura 16. Vista frontal de la propuesta conceptual del sistema de biorremediación en la desembocadura del canal 47

Figura 17. Estado actual de la descarga actual del canal L01 Lince en la playa Los Delfines 47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resolución Directoral con Exoneración del comité de ética del proyecto de tesis 74

Anexo 2. Carta de exoneración de evaluación por el comité de ética del proyecto de tesis 75

Anexo 3. Constancia de aprobación ética N° 85-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019 del proyecto de investigación con código 030-2019-PRO99 76

Anexo 4. Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad Distrital de Miraflores y la Universidad Científica del Sur S.A.C 77

Anexo 5. Recorrido del río Surco en color amarillo y recorrido del canal Lince 01 en color naranja 83

Anexo 6. Informes de ensayo de laboratorio R-LAB S.A.C 84

A**nexo 7.** Ficha técnica del consorcio bacteriano BioEcol ProQbac 93

Anexo 8. Mapa de presencia de Coliformes (E. coli) en las playas de la Costa Verde en el año 2022 95

Anexo 9. Mapa de los canales del río Surco 96

Anexo 10. Mapa de cobertura vegetal de la Costa Verde en el 2021 97

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 11. Fotografía de la infraestructura hidráulica previa a la descarga en la playa Los Delfines, 20 de abril de 2025 98

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

La contaminación por microorganismos patógenos en las playas de Lima representa un problema para la salud pública y ambiental, resultado de las descargas de efluentes no tratados provenientes de los canales del río Surco, cuyas concentraciones de *Escherichia coli* superan los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría B1 (ausencia de *E. coli*).

La presente investigación evaluó la eficacia del consorcio microbiano BioEcol ProQbac como biorremediador de agua de mar contaminada con *Escherichia coli*. Para ello, se diseñó un sistema experimental con doce peceras distribuidas en tres tratamientos (S2, S3 y S4) y un control (S1), con cargas iniciales de *E. coli* de 4 900 NMP/100 mL en el control y 160 000 NMP/100 mL en los tratamientos. Durante tres semanas, se analizó el contenido microbiológico mediante el método de Número Más Probable (NMP). Además, se analizaron datos históricos de la calidad microbiológica de las playas del litoral de Lima (2018-2024) y se elaboró una propuesta de un sistema de biorremediación para la desembocadura del canal en la playa Los Delfines. Los resultados demostraron una reducción acelerada de *E. coli* en todos los sistemas desde la primera semana: el sistema control (S1) descendió de 4 900 a 1,8 NMP/100 mL (reducción del 99,96%), mientras que los sistemas con consorcio (S2, S3 y S4) redujeron de 160 000 a 1,8 NMP/100 mL en el mismo periodo, alcanzando el límite de detección del método. Dado que el sistema control sufrió el mismo efecto, no fue posible confirmar que el efecto se deba exclusivamente al consorcio microbiano. Se concluye que factores fisicoquímicos, como la exposición a la luz del ambiente y el estrés osmótico sobre la cepa de laboratorio (ATCC 25922), influyeron significativamente en la disminución de la carga bacteriana. El análisis histórico confirmó que la contaminación en las playas del litoral de Lima se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

concentra en las zonas de desembocadura de los canales de regadío, siendo los efluentes urbanos el factor determinante, independientemente de la afluencia de los bañistas.

Palabras clave: biorremediación, *E. coli*, agua, consorcio bacteriano, Estándar de Calidad Ambiental

ABSTRACT

Contamination by pathogenic microorganisms on Lima's beaches represents a public health and environmental problem, resulting from the discharge of untreated effluents from the Surco River canals. *Escherichia coli* concentrations in these effluents exceed the limits established by the Environmental Quality Standard (EQS) for water, category B1 (absence of *E. coli*).

This research evaluated the effectiveness of the BioEcol ProQbac microbial consortium as a bioremediator of seawater contaminated with *Escherichia coli.* An experimental system was designed with twelve aquariums distributed across three treatments (S2, S3, and S4) and a control (S1), with initial E. coli loads of 4 900 MPN/100 mL in the control and 160 000 MPN/100 mL in the treatments. Microbiological content was analyzed for three weeks using the Most Probable Number (MPN) method. In addition, historical data on the microbiological quality of beaches along the Lima coastline (2018-2024) were analyzed, and a bioremediation system proposal was developed for the canal mouth at Los Delfines beach. The results demonstrated an accelerated reduction of *E. coli* in all systems from the first week: the control system (S1) decreased from 4 900 to 1,8 MPN/100 mL (a 99,96% reduction), while the systems with the consortium (S2, S3, and S4) decreased from 160 000 to 1,8 MPN/100 mL in the same period, reaching the method's detection limit. Since the control system also experienced the same effect, it was not possible to confirm that the effect was solely due to the microbial consortium. It was

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

concluded that physicochemical factors, such as exposure to ambient light and osmotic stress on the laboratory strain (ATCC 25922), significantly influenced the decrease in bacterial load.

Historical analysis confirmed that pollution on Lima's coastal beaches is concentrated in the areas where irrigation canals flow into the sea, with urban runoff being the determining factor, regardless of the number of beachgoers.

Keywords: bioremediation, *E. coli*, water, bacterial consortium, Environmental Quality Standard

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación del agua de mar en el litoral de Lima presenta un riesgo para la salud pública. Los resultados de monitoreos oficiales registran concentraciones de coliformes termotolerantes que superan el límite presentado por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 1B1, que es 200 NMP/100 mL para aguas de recreación con contacto primario (DS N° 004-2017-MINAM). En la página web “Verano Saludable” de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), presentan los resultados de los monitoreos de agua realizados desde el año 2018 a la actualidad y, en los Anuarios de Estadística Ambiental del INEI, desde el 2020 al 2025, reportan valores de coliformes termotolerantes por encima de dicho límite en múltiples playas de la provincia de Lima, en especial en las zonas adyacentes a descargas de canales de riego, como en el 2022 en el distrito de Chorrillos (INEI, 2022). Tal como DIGESA reportó que, más del 70% de las playas evaluadas en Lima Metropolitana no cumplían con las condiciones de calidad microbiológica mínimas para el uso recreativo (DIGESA, 2026),m se sigue evidenciando la gravedad y persistencia del problema, siendo un riesgo para la salud de los bañistas (Cárdenas, 2018). Sin embargo, este problema no ocurre sólo en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Lima. Las investigaciones nacionales e internacionales confirman que, el aumento poblacional en zonas costeras urbanas y con el deficiente manejo de las aguas residuales, se incrementa la contaminación microbiológica marina y desarrollo sostenible en litorales costeros (Balón et al., 2021). Además, investigaciones realizadas en otros países como Costa Rica, han revelado que el mal manejo de residuos también genera riesgos sanitarios en las playas (Mora et al., 2018) y que las aguas residuales no tratadas son reconocidas como la principal fuente de contaminación microbiológica en ecosistemas costeros (Devlin et al., 2020).

Respecto al área de estudio, los canales de riego del río Surco (cuenca baja del río Rímac) que presentan características de aguas residuales, se encuentran en la parte baja de la Costa Verde. Los canales captan el agua del río Rímac desde el distrito de Ate, atravesando los distritos de Miraflores, San Isidro y Surco (Ortiz, 2017) sin haber pasado por un tratamiento previo a su descarga en el litoral. Además, las evaluaciones microbiológicas recientes del canal Surco en el 2024, confirmaron que sus concentraciones de coliformes termotolerantes superan lo establecido por el ECA, lo cual representa una amenaza para los ecosistemas costeros receptores (Yon & Arenas, 2024). En particular, el canal L01 Lince, el cual es un canal lateral que recibe excedentes de riego de los distritos de Surquillo, San Isidro y Miraflores, no pasan por una planta de tratamiento y se descarga directamente en la playa Los Delfines en el distrito de Miraflores, en Lima, con un caudal promedio de 150 litros por segundo, según lo indicó el supervisor de la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Surco-Huatica (CUSH), Rafael López mediante una comunicación interna.

La playa “Los Delfines” es un lugar de uso recreativo con alta concurrencia de turistas y bañistas. Mediante un estudio previo se determinó que, 36 de 71 muestras recolectadas del mar, tenían presencia de enterobacterias, con 90% *E. coli* (Benvenutto, 2017). Esta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

bacteria, fue seleccionada como indicador microbiológico por ser el más utilizado en estudios de calidad de agua recreacional, dado que su presencia indica contaminación fecal de origen humano o animal (Manini et al., 2022) y es detectable mediante métodos estandarizados como es el NMP, y está regulada por la normativa peruana.

Esta problemática persiste, como en el estudio de Yon & Arenas (2024), donde evaluaron la calidad microbiológica del canal Surco y confirman que la concentración de coliformes termotolerantes supera los límites establecidos por el ECA. Y según el estudio de Huayanay-Quevedo et al., (2022), al evaluar la calidad de agua de la playa Pucusana, la cual se encuentra en la misma provincia, registraron valores superiores a 1 000 NMP/100 mL, siendo calificadas como inaceptables según la normativa peruana.

El presente estudio, se recolectó agua de mar de la misma playa en abril del 2022, donde la carga inicial de *E. coli* fue de 4 900 NMP/100 mL en el sistema control, lo cual supera 24 veces el límite de coliformes termotolerantes del ECA para agua Categoría 1B1 y evidencia el incumplimiento del criterio de ausencia de *E. coli* establecido para aguas recreativas de contacto primario. Estos resultados generan y refuerzan la necesidad de evaluar alternativas de tratamiento que permitan reducir la carga bacteriana en las playas de Lima.

Si bien existen métodos físicos como la filtración UV y químicos como la cloración para remediar aguas que estén contaminadas con carga fecal, su aplicación en entornos costeros recreativos presenta limitaciones, ya que estos generan subproductos tóxicos en el agua de mar y pueden dejar bacterias y para poder aplicar un sistema físico químico de alta eficiencia, los cuales son típicamente implementados en zonas centralizadas, requieren de una gran infraestructura con un costo operativo alto, por lo que en una zona costera donde hay turistas y bañistas, podría presentar restricciones por espacio y paisajismo (Tang & Lau, 2023). Mientras que, la biorremediación con consorcios

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

microbianos es una alternativa que emplea microorganismos que transforman contaminantes sin generar subproductos tóxicos (F. Li et al., 2021), con la ordenanza para la gestión ambiental integral de las playas del litoral de la provincia de Lima (N° 1850) en el artículo 12, la cual obliga a las municipalidades a prevenir, controlar y mitigar todo tipo de contaminación existente o en caso exista alguna amenaza en el agua que pueda generar un impacto negativo en la salud de los bañistas (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014a) y además, promueve el aprovechamiento sostenible del paisaje en zonas turísticas, según la ley General del Ambiente (Ley N° 28611) en el artículo 112 (Congreso de la República del Perú, 2005).

Sin embargo, no se ha encontrado literatura científica donde se trabajen con tratamientos de aguas costeras contaminadas con *E. coli* que incluyan procesos físicos, químicos y biológicos mediante evidencia experimental con el uso de consorcios microbianos comerciales bajo condiciones controladas en laboratorio. Por lo tanto, lo que se busca es evaluar la eficacia del consorcio microbiano BioEcol ProQbac como medio biorremediador para reducir la carga de la *E. coli* en el agua de mar tratada en un laboratorio donde las condiciones del área de estudio se puedan mantener.

Frente a esta situación, la presente investigación plantea la siguiente pregunta ¿En qué medida la aplicación del consorcio microbiano BioEcol ProQbac reduce la concentración de *Escherichia coli* en el agua de mar bajo condiciones controladas en un laboratorio?

II. MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes

1.1. Canal de riego del río Surco

El canal Surco es uno de los principales caneles de riego de Lima, con 29,5 km de extensión, cuyas aguas recorren 14 distritos. Además, estas son captadas del río Rimac

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

desde el distrito de Ate, pasando también por los distritos de Surco, San Isidro y Miraflores, hasta su descarga en el litoral, siendo así considerado como el canal con mayor impacto ambiental en Lima (Lizarzaburu, 2018). Por su camino, pasa por zonas donde el saneamiento es deficiente y, además, recibe conexiones clandestinas de vertimientos con características residuales domésticas e industriales, lo que lo convierte también en un colector de efluentes que transportan contaminantes y sin ningún tratamiento previo a su descarga (Caracela & Tapia, 2022).

Los monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para analizar la calidad del agua superficial del Río Rímac y sus afluentes, miden parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (ANA, 2025), y sus resultados comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua mediante el DS N° 004-2017-MINAM (Ministerio del Ambiente, 2017), estos evidencian que la carga de coliformes totales y termotolerantes superan los valores presentados por el ECA para agua en los puntos de nuestros próximos a la zona costera (Poquioma, 2023) .

Yon & Arenas (2024) realizaron un análisis de la calidad del agua del canal Surco en la zona del humedal Los Pantanos de Villa, ubicado en Lima, y confirmaron que la carga de coliformes termotolerantes superan los límites establecidos por la normativa, lo cual comprometería la integridad de los ecosistemas costeros.

1.2. Antecedentes sobre contaminación microbiológica en playas

En el Perú, contamos con casos de agua de mar con niveles de contaminación, como sucede en la playa de Pucusana, al sur de Lima, reconocida por su uso recreativo y turístico, que además constituye una importante fuente de recursos hidrobiológicos y experimenta una alta afluencia de visitantes durante los meses de la temporada de verano (diciembre a marzo). Sin embargo, esta enfrenta constantes amenazas debido a la contaminación que proviene de principalmente de fuentes como desagües industriales y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

domésticos que no son tratados, con descargas de ríos o cursos de agua que son vertidos de manera directa por residentes de los alrededores y bañistas, lo cual contribuye al deterioro marino y del litoral (Huayanay-Quevedo et al., 2022). Este tipo de contaminación no sólo ocurre en las playas de Lima, sino también a lo largo de la costa peruana y a nivel internacional, evidenciando que se trata de una problemática replicable en contextos coteros urbanos.

En el norte del país, en la bahía de Sechura (Piura), se realizó una investigación sobre la contaminación del agua de mar en seis puntos, los cuales fueron Las Delicias, San Pedro, Chulliyachi, el Dren de Sechura, Parachique y Puerto Rico, a través del método cuantitativo de Número Más Probable (NMP). El resultado evidenció que la gran carga de coliformes no es aceptable según el ECA para agua, es decir que superaron los valores permitidos. Por ende, el agua de esa zona presentaba un riesgo para los bañistas y el medio ambiente (Gianoli et al., 2019).

De igual manera en las playas de otros países, como es el caso de Costa Rica, donde se realizó una evaluación de riesgo sanitario y los resultados de estudio resaltaron que 27 de las 184 playas analizadas, calificaron con un riesgo "Muy alto", "Alto" y "Moderadamente alto", debido a la presencia de coliformes fecales, como consecuencia de descarga de aguas residuales, desembocaduras de ríos y quebradas (Mora et al., 2018). En Ecuador, en la playa Chippie, se determinó la presencia de coliformes fecales, sobrepasando los límites permisibles, esto como consecuencia de descargas de aguas residuales domésticas y desperdicios sanitarios que son vertidos al mar (Loor, 2023). Otros estudios, como los realizados en la reserva El Pelado también evidencian contaminación microbiana patológica por descargas de aguas domésticas (Giler & Lamar, 2022). Finalmente, en Brasil, en las playas de Pernambuco, se realizaron análisis

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

microbiológicos para conocer la calidad ambiental del agua, resultando presencia de E. coli, demostrando el alto nivel de contaminación (Barbosa et al., 2022).

Como se describe en todos los párrafos anteriores, los antecedentes nacionales e internacionales confirman que la contaminación microbiológica en las playas es un problema que se asocia principalmente a las descargas de aguas residuales que no han sido tratadas previo a su vertimiento en el mar. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se enfocan en el diagnóstico y monitoreo, mas no en evaluar estrategias de mitigación basadas en procesos de biorremediación, lo cual la presente investigación busca justificar.

1.3. Antecedentes de remediaciones biológicas para la reducción de Escherichia coli en ambientes acuáticos

La biorremediación es una técnica que se basa en el uso de microorganismos o macroorganismos que pueden degradar o filtrar contaminantes del agua, para poder así restaurar su calidad (Longo et al., 2022).

a. *Remediaciones biológicas en ambientes de agua dulce*

Los biofiltros con biopelículas son una de las estrategias más estudiadas para la reducción de carga de *E. coli* en cuerpos de agua dulce. Según Steven et al. (2022), demostraron que, al aplicar un biofiltro con biopelículas sobre un soporte cerámico, pude reducir la carga bacteriana en aproximadamente un 99% en 24 horas sin necesidad de desinfectar químicamente, creando así un ambiente acuático desfavorable para el crecimiento de bacterias patógenas. Shah et al. (2022) mediante un estudio en laboratorio, pudieron determinar que el mejillón de agua dulce (*Lamellidens marginalis*) logró reducir entre 1,41 y 1,63 $\log_{10}$ de la carga de *E. coli* en 12 horas con respecto al control, lo cual demostró que es un potencial filtro biológico en cuerpos de agua dulce. Desde otra perspectiva, X. Li et al. (2021), explican que los consorcios microbianos han demostrado tener una mayor eficiencia que las cepas individuales, dado que así se distribuye la carga

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

metabólica entre especies y se cubren más rutas de degradación, lo cual puede optimizar la eliminación de contaminantes en ambientes acuáticos.

b. *Remediaciones biológicas en ambientes marinos*

Respecto a la biorremediación del agua de mar contaminada con *E. coli,* la evidencia científica que lo respalde es aún limitada.

Sin embargo, hay antecedentes relevantes demuestran el potencial de la aplicación de la biorremediación en ambientes costeros, como es la acción de los zoorremediadores, lo cual respaldan Longo et al. (2022) por medio de su estudio que las esponjas marinas (*Hymeniacidon perlevis*) pueden reducir coliformes, *E. coli,* y otros grupos fecales provenientes de efluentes en piscicultura y agua de mar, inclusive en condiciones eutróficas. Stabili et al. (2023) resaltan que, en sistemas multitróficos integrados con organismos filtradores, se lograron reducir la carga de *E. coli* en agua y en sedimentos hasta niveles no detectables, y a su vez mejoraron la carga de nutrientes, el índice trófico y la biodiversidad.

Hernández et al. (2023) en su estudio identificaron que las bacterias simbiontes del erizo de mar (*Hesperocidaris asteriscus*) producen metabolitos que tienen una actividad antibacteriana contra la *E. coli*, y con ello sugieren que consorcios microbianos que son propios del mar con presencia de esta especie podrían inhibir el crecimiento de la bacteria de estudio. Los mismos investigadores han aislado bacterias y hongos de sedimentos marinos costeros, y reportan que estos son capaces de tolerar condiciones extremas en situación de estrés y que pueden remover contaminantes.

Sin embargo, no se ha evaluado el uso de consorcios microbianos comerciales aplicados en el agua de mar del litoral peruano bajo condiciones contraladas en laboratorio, lo cual se quiere abordar en la presente investigación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

2. Marco Legal local y nacional

2.1 *Ordenanza N°1850 – Para la gestión ambiental integral de las playas del litoral de la provincia de Lima*

La Ordenanza N°1850 de tipo Municipal, tiene como objetivo que se asegure la conservación y prevención de todo tipo de contaminación en las playas del litoral de Lima. En el artículo 12° indica que, las aguas residuales no se deben descargar directa ni indirectamente en las playas, considerándose una responsabilidad penal y administrativa. En cuanto las aguas residuales tratadas, estas deberán cumplir con las restricciones y condiciones establecidas por la ley (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014b). Considerando el área de estudio, esta ordenanza es aplicable ya que la playa Los Delfines recibe la descarga directa del canal L01 Lince.

2.2 *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua es una herramienta normativa que establece los niveles máximos permisibles de parámetros físico, químicos, biológicos y microbiológicos en distintos cuerpos de agua, ya que se busca salvaguardar la salud de las personas y la conservación del medio. Por lo tanto, dichos estándares son empleados por las autoridades ambientales y organismos reguladores para supervisar y administrar la calidad del agua, de manera que se pueda implementar acciones de protección y gestión de la contaminación (Ministerio del Ambiente, 2017).

En la presente investigación, se aplica la categoría 1 que corresponde a poblacional y recreacional, subcategoría B1, la cual es de aguas superficiales que son destinadas para recreación de contacto primario, la cual fija un límite de 200 NMP/100mL para la coliformes termotolerantes y establece la ausencia de *Escherichia coli,* los cuales son criterios de calidad microbiológica. Por lo tanto, se considera este estándar para poder

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

comparar los resultados de *E. coli* obtenidos de la muestra de agua de la playa Los Delfines.

2.3 *Ley General del Ambiente – Ley N°28611*

La Ley General del Ambiente establece que todo ser humano tiene el derecho de habitar en un entorno equilibrado, saludable y adecuado para el desarrollo de la vida, así como también obliga al Estado a promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, lo cual incluye también a zonas turísticas y de recreación (Congreso de la República del Perú, 2005).

Considerando el contexto de estudio, la presente ley respalda toda propuesta de biorremediación que no genere impactos negativos adicionales sobre el cuerpo receptor, el cual es espacio de recreación.

2.4 *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) - Ley N°27446*

Tiene como objetivo evaluar, prevenir y mitigar impactos ambientales generados por actividades antropogénicas en el Perú. Asegurando que la intervención del ser humano en el medio sea de manera sostenible y que genere el menor o nulo impacto negativo (Congreso de la República del Perú, 2017).

Por lo tanto, considerando el presente estudio, es un punto relevante ya que cualquier implementación futura de sistema de biorremediación que sea propuesto en la desembocadura del canal L01 Lince deberá estar sujeto al proceso de evaluación de impacto ambiental que está establecido por la ley.

2.5 *Ley General de Recursos Hídricos - Ley N.º 29338*

La ley General de Recursos Hídricos propone la regulación, gestión y conservación del agua en el Perú y definiendo el recurso como interés nacional, cuyo uso debe ser

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

priorizado para el consumo humano y para la conservación de ecosistemas acuáticos (Congreso de la República del Perú, 2009).

Tomando en cuenta que los canales de riego del río Surco son recursos hídricos que son regulados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y la descarga del canal Lince 01 a la playa Los Delfines, se compromete la calidad del cuerpo receptor, contradiciendo los principios de protección establecidos por esta ley.

3. Bases Teóricas

3.1 *Contaminación microbiológica del agua de mar*

a. *Contaminación del agua de mar*

La contaminación antropogénica en el agua de mar se caracteriza por presentar microorganismos contaminantes en medios marinos y costeros, es causada como resultado de actividades humanas (domésticas e industriales) que desechan y liberan residuos líquidos, sólidos y/o gaseosos a los cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y ecosistemas (Devlin et al., 2020). La contaminación presenta consecuencias negativas, que incluyen riesgos para la salud y la biodiversidad, como también impacta a sectores económicos y deteriora de la calidad del agua marina (Vergara-Chen et al., 2023).

b. *Fuentes de contaminación del mar con enteropatógenos*

Una de las fuentes de contaminación en agua de mar es la descarga de aguas residuales domésticas (residuos fecales) y residuos industriales con restos de contenidos intestinales o fecales, debido a que la calidad del agua liberada no presenta características biológicas y físicas adecuadas para el medio o que cumplan los estándares de calidad (Manini et al., 2022), logrando así contaminar los recursos hídricos. Además, esta bacteria puede persistir y también colonizar superficies, como es el plástico, formando biopelículas, siendo así un reservorio de contaminación fecal en el mar (Ballesté et al., 2024).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

c. *Descripción de la Escherichia coli*

La *E. coli* es una bacteria bacilo gramnegativa intestinal, la cual presenta una variabilidad genética, lo cual permite ocupar distintos nichos y también puede generar infecciones intestinales y también puede causar trastornos gastrointestinales (Bok et al., 2025).

d. *Escherichia coli como indicador fecal*

Existe una variedad de métodos para detectar la contaminación del agua de mar y una de ellas es la presencia de la bacteria *E. coli*, la cual es utilizada como indicador de contaminación en el medio acuático, aumentando así la probabilidad de enfermedades a aquellos que mantengan contacto directo, además, es el indicador que más usa la OMS para contaminación fecal en agua para consumo directo (Nowicki et al., 2021).

e. *Métodos de detección de E. coli en agua de mar*

Los métodos para detectar la presencia de *E. coli* en agua de mar se basa en métodos de cultivo y en técnicas moleculares o de biosensores. Como es el Número Más Probable (NMP), el cual utiliza caldos selectivos como el de MacConkey con tubos de Durham, los cuales permiten estimar estadísticamente coliformes y *E. coli*, seleccionando aquellos que resultaron positivos para luego sembrarlos en el agar selectivo y finalmente, se confirman con pruebas bioquímicas o caldos MUG-EC (Manzanas et al., 2023). Como también se puede detectar con el método de filtración por membrana, donde luego se siembran los filtros sobre medios cromogénicos, considerando que ha sido utilizado en agua de mar y estuarios contaminados por aguas residuales (Tambi et al., 2023). Finalmente, existen pruebas comerciales como es el sistema IDEXX basados en NMP para coliformes y *E. coli,* los cuales están reconocidos por la EPA y han sido aplicados en aguas recreacionales (Jimenez et al., 2025).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

3.2 *Biorremediación microbiana*

a. Técnica de biorremediación

La biorremediación, es una técnica de limpieza ambiental en la cual se utilizan microorganismos, plantas o sus enzimas para poder reducir, eliminar, inmovilizar o transformar contaminantes en el agua, suelo o sedimentos, los cuales aprovechan sus procesos naturales de metabolismo, considerándose como una alternativa económica, menos invasiva y amigable con el medio ambiente, a comparación de otros métodos físicos o químicos tradicionales (Gupta & Gandhi, 2023). Y funciona por medio de que las bacterias, hongos, algas o plantas usan los contaminantes en el medio como fuente de energía, para luego degradarlos hasta convertirlos en dióxido de carbono (CO_2), agua u otras formas menos tóxicas (Alves et al., 2022).

Existen dos tipos de enfoques de aplicación: in situ, cuando se realiza en el lugar afectado y ex situ, donde el material contaminado es removido y trasladado para su tratamiento en otro lugar (Giler & Lamar, 2022). Y respecto a la eficacia del proceso, esta depende de la concentración de nutrientes esenciales para la actividad microbiana (Devlin et al., 2020) y las condiciones ambientales, como son los parámetros fisicoquímicos, los cuales afectan la capacidad metabólica de microorganismos (Vergara-Chen et al., 2023).

b. Consorcio microbiano

Un consorcio microbiano consiste en la asociación de dos o más poblaciones microbianas, el cual contiene diferentes especies que interactúan en conjunto en un sistema con comunicación bioquímica (Renganathan et al., 2025). En el medio ambiente un consorcio microbiano puede estar presente de manera natural, como en el agua o sedimentos y en un sistema de remediación puede ser aplicados siendo resultado de diseños y mezclas en laboratorio (Cao et al., 2022).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Al ser un medio remediador multiespecie, cada miembro aporta rutas enzimáticas distintas y juntos pueden degradar contaminantes como hidrocarburos, plaguicidas, entre otros (Ley et al., 2023) y por la cooperación metabólica, intercambio de nutrientes y señales químicas, logran aumentar la adaptabilidad, estabilidad y tasa de degradación del contaminante (Rojas-Vargas et al., 2022). De hecho, muchos de los consorcios microbianos son generados a partir de microorganismos que han sido aislados en el mismo sitio contaminado, para lograr así una mejor adaptación in situ (Bhatt et al., 2021).

3.3 *Parámetros fisicoquímicos del agua de mar*

a. Temperatura

Es la media del calor en el agua, la cual influye en la solubilidad del oxígeno, como también en la velocidad que toman las reacciones químicas y, en el metabolismo de los organismos. En zonas costeras, la temperatura del agua varía entre los 17 y 32 °C, tomando en cuenta la estación y locación (Abdelghafar et al., 2025).

b. Conductividad eléctrica

Mide la capacidad que tiene el agua para conducir corriente y se relaciona con la concentración de sales disueltas, las cuales se disocian en iones capaces de transportar corriente eléctrica (Nguyen & Huynh, 2022).

c. Sólidos suspendidos totales

Son las partículas que no logran disolverse en el agua, y pueden presentar como limo, arcilla, materia orgánica o plancton. Su presencia puede afectar en la turbidez, penetración de luz y también alterar el oxígeno y hábitats bentónicos (Nahhal et al., 2021).

d. Potencial de hidrógeno

Es un indicador de acidez o alcalinidad de una solución, siendo el resultado del logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno en la misma. Y el agua de mar costera

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

suele ser ligeramente alcalina (Lapa et al., 2024). Su variabilidad en el medio puede afectar la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de compuestos (Özdemir et al., 2022).

e. Salinidad

La salinidad del agua es la medida de la concentración de sales en un cuerpo de agua. En el medio marino, los principales son los cloruros, los carbonatos y sulfatos. Este parámetro es uno de los que determinan la densidad del agua y la concentración media de salinidad en el agua de mar es de 35 partes por litro de agua (Abdelghafar et al., 2025).

f. Oxígeno disuelto

Es la concentración de O_2 en el agua y es esencial para la vida marina de peces e invertebrados, asimismo su baja presencia indica contaminación orgánica o mala circulación en el medio (Liri et al., 2023).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. Objetivo general

Evaluar la reducción de carga de *E. coli* en el agua de mar de la playa "Los Delfines" en la Costa Verde, ubicada en el distrito de Miraflores, aplicando una estrategia de biorremediación mediante un consorcio microbiano.

2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración inicial de *E. coli* en el agua de mar recolectada en la playa Los Delfines y compararla con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 1B1.
- Analizar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes y después de la aplicación del consorcio microbiano.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Comparar los resultados de *E. coli* obtenidos en los sistemas experimentales con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 1B1.
- Elaborar una propuesta conceptual preliminar de un sistema de biorremediación para la desembocadura del canal L01 Lince en la playa Los Delfines, en base a los resultados experimentales obtenidos y la revisión bibliográfica realizada.

3. Hipótesis

La aplicación del consorcio microbiano BioEcol ProQbac reduce la concentración de *Escherichia coli* en agua de mar bajo condiciones controladas de laboratorio, alcanzando los niveles compatibles con el ECA para agua Categoría 1B1 (DS N° 004-2017-MINAM).

IV. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló en el marco del proyecto de investigación registrado bajo el código 030-2019-PRO99 de la Universidad Científica del Sur, el cual fue realizado por Botton & Espinoza (2021), quienes evaluaron la calidad microbiológica del agua del canal de riego L01 Lince antes de su descarga en la playa Los Delfines, confirmando mediante sus resultados de laboratorio la presencia de *E. coli* como principal indicador de contaminación fecal. Es por ello que, esta investigación complementa a dicho estudio, de manera que consiste en evaluar la calidad microbiológica del agua de mar de la playa los Delfines como cuerpo receptor de la descarga al canal, y también en aplicar de manera experimental el consorcio microbiano BioEcol ProQbac como estrategia de biorremediación para poder reducir la carga microbiana de *E. coli* de esa agua de mar. Ambos estudios se complementan y permiten evidenciar que, la descarga de un canal contaminado sin tratamiento previo puede contaminar el agua de mar y existe una necesidad de intervenir con una estrategia de biorremediación. Además, se obtuvo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

información técnica sobre la red de canales del río Surco mediante una comunicación directa con el supervisor de la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Surco-Huatica (CUSH), quien proporcionó datos sobre el canal L01 Lince.

La presente investigación se realizó mediante un enfoque experimental, transversal y aplicado, diseñado para evaluar la eficacia de la aplicación de un concierto microbiano en la reducción de la bacteria *Escherichia coli* en el agua de mar en el litoral del departamento de Lima, bajo condiciones controladas en un laboratorio, considerando mediciones semanales durante tres semanas. Este diseño permitió recopilar datos cuantitativos, midiendo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, antes y después de la aplicación del tratamiento, para evaluar el comportamiento de la variable microbiológica y su relación con los factores fisicoquímicos.

Finalmente, se propone de manera conceptual preliminar un sistema de biorremediación para la desembocadura del canal L01 Lince en la playa Los Delfines, lo cual respondería a un problema ambiental real.

1. Área de estudio

La presente investigación analizó el agua de la playa Los Delfines 12°07’05.51’’ latitud Sur 77°02’52.33’’longitud Oeste, ubicada en la Costa Verde del distrito de Miraflores, Lima-Perú recolectada en abril de 2022.

Según la información brindada mediante una llamada telefónica con el supervisor de la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Surco – Huatica (CUSH), indicó que en ese punto de la playa Los Delfines, desemboca el canal lateral denominado L01 Lince, que se deriva del canal derivador Surco, el cual llega por la calle Coronel Portillo. Ese canal funciona como un canal lateral del sistema principal del río Surco y recibe excedentes de riego provenientes de los distritos de San Isidro, Miraflores y Surquillo. A

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

diferencia del canal principal, el canal Lince 01 no pasa por la planta de tratamiento ubicada en el distrito de San Isidro, por lo que los excedentes de agua de riego son conducidos directamente hacia el punto de descarga al final en el litoral. Además, añadió que, con respeto al caudal promedio estimado, este es de 150 litros por segundo, aunque puede variar considerando el cronograma de riego establecido por las distintas juntas de usuarios. Por ejemplo, el distrito de Surquillo descarga mediante un caudal aproximado de 20 litros por segundo durante su turno de riego.

2. Materiales

Los materiales y equipos que se utilizaron para la recolección y traslado de las muestras de agua fueron baldes y galoneras de 20 L, una soga de 15 m. Para la instalación del sistema de peceras, se utilizaron 12 aireadores de acuarios, el consorcio comercial microbiano BioEcol ProQbac, 12 ligas de 40 cm y 12 mallas de tela de 50 cm x 50 cm, 20m de mangueritas de PVC y 12 peceras de vidrio de capacidad de 10 L cada una.

3. Obtención de las muestras

Para la obtención de las muestras, se tomó en cuenta lo que indica la Guía Técnica "Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Mar en Playas de Baño y Recreación", la cual fue elaborada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud (MINSA) en el 2011.

Respecto al volumen de agua requerido, se recolectaron directamente desde la playa Los Delfines, utilizando galoneras previamente esterilizadas. Las muestras fueron recolectadas de manera manual, llenando seis galoneras de 20 L cada una, siendo un total de 120 L. Estas fueron tomadas 2 metros aproximadamente de la orilla a mar adentro durante horas de la mañana. Luego, las muestras fueron transportadas hacia la universidad y trasladadas a las peceras que se encontraban limpias y esterilizadas, las cuales contaron con un sistema de aireación conectado la fuente de aire del laboratorio.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

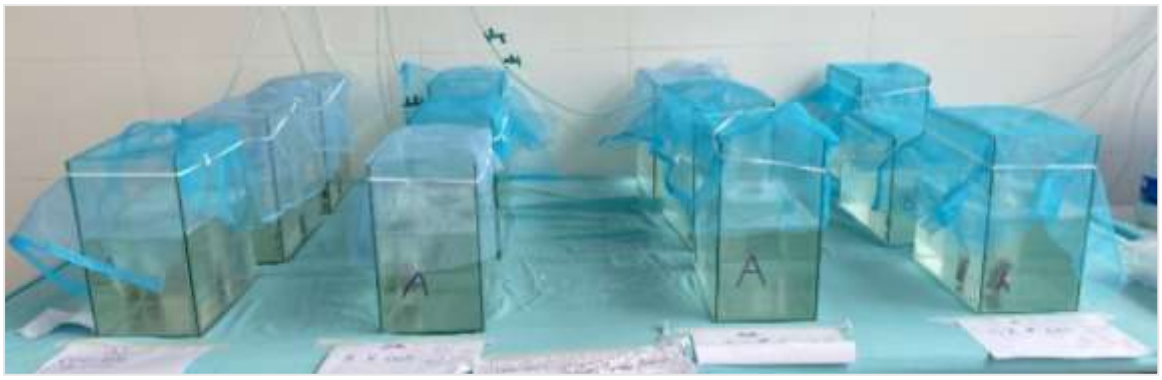
TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4. Diseño e instalación experimental

El montaje experimental se realizó en el laboratorio de investigación N101 de la Universidad Científica del Sur (UCSUR), ubicada en el distrito de Villa el Salvador de la provincia y departamento de Lima, Perú.

Cada pecera fue conectada a un sistema de aireación mediante mangueritas plásticas ancladas en los sistemas de agua, lo cual permitió mantener una oxigenación homogénea y constante de 6-8 mg/L aproximadamente durante todo el experimento. Este sistema fue clave para garantizar condiciones homogéneas en todas las peceras y evitar variaciones que pudieran alterar los resultados experimentales.

Figura 1. Montaje experimental de los cuatro sistemas S1, S2, S3 y S4, en el laboratorio N101 en la Universidad Científica del Sur



El diseño experimental consistió en cuatro tratamientos (S1, S2, S3 y S4), con tres repeticiones respectivamente, siendo un total de 12 peceras de vidrio de 10 L de capacidad, las cuales se llenaron cada una con 6 L de agua de mar recolectada de la playa Los Delfines. La asignación de los tratamientos a las peceras se realizó de manera sistemática, siguiendo un orden predefinido de concentraciones crecientes de *E. coli* (1X, 2X y 4X) sin un sorteo aleatorio. Esto fue posible ya que todas las unidades experimentales se encontraban bajos las mismas condiciones, como es la misma temperatura en el laboratorio, la iluminación, mismo sistema de aireación y el agua de

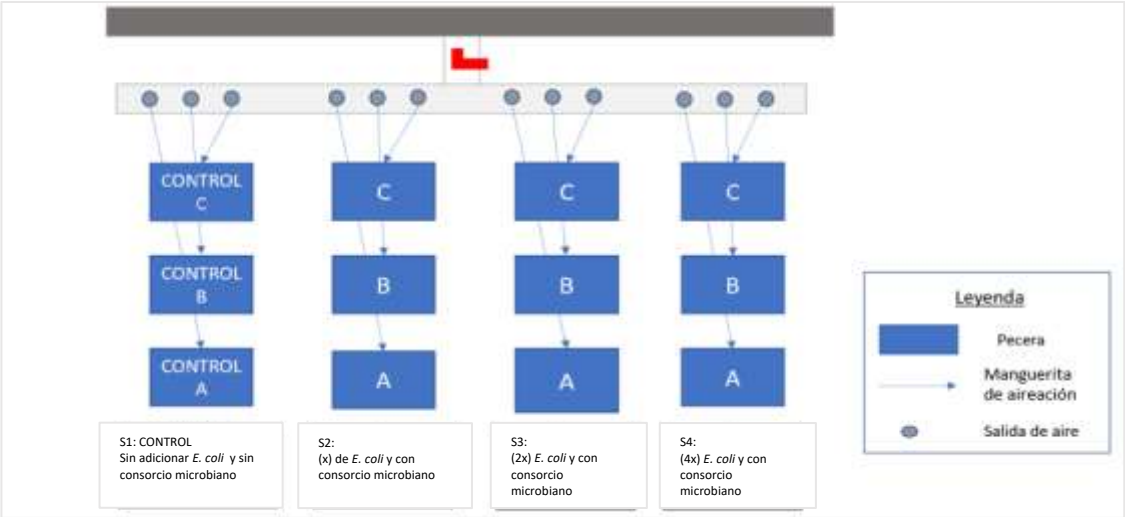
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

mar de la misma fuente. Considerando eso, el diseño responde a un enfoque de microcosmos controlados de laboratorio, en el que un control riguroso de las condiciones ambientales garantiza la comparabilidad entre tratamientos (Chambonniere et al., 2022).

El tratamiento S1 correspondió al sistema control, el cual corresponde al agua de mar recolectada directamente de la playa Los Delfines, la cual presentaba una carga bacteriana inicial de *E. coli*, por lo que representa un control negativo estricto, sino un sistema sin intervención experimental. El tratamiento S2 se caracterizó por la adición de *E. coli* en una concentración de 1X junto con el consorcio microbiano. En el tratamiento S3, se aplicó una concentración de 2X de *E. coli* más el consorcio microbiano. Finalmente, en el tratamiento S4, las peceras recibieron una concentración de 4X de *E. coli* con consorcio microbiano. Las concentraciones de *E. coli* se obtuvieron a partir de un cultivo base de densidad 2,5 en la escala McFarland (cultivo de 2 días). Y respecto al consorcio comercial bacteriano "BioEcol ProQbac" de la empresa Phartec (Anexo N°5), se añadió según las indicaciones del fabricante.

Figura 2. Configuración de los cuatro sistemas experimentales



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

5. Aplicación del consorcio bacteriano

En las peceras correspondientes a los tratamientos S2, S3 y S4, se adicionó el consorcio microbiano BioEcol ProQbac. Este consorcio se aplicó en una dosis uniforme de 18mL, asegurando que cada tratamiento recibiera la cantidad exacta requerida para evaluar su efecto en las condiciones establecidas.

6. Preparación de la *Escherichia coli*

La cepa utilizada de *E. coli* fue ATCC 25922, ampliamente reconocida por su uso en experimentos microbiológicos.

Se prepararon soluciones madre de la bacteria a densidad 2,5 en la escala McFarland (7,5 x 10^8 UFC) producto de un cultivo de 2 días a 37°C y se prepararon inóculos con diferentes concentraciones: (i) 1X equivalente a 7,5 x 10^8 UFC, 2X de 1,5 x 10^{10} UFC y 4X de 3 x 10^{10} UFC, adecuadas para los tratamientos experimentales donde las concentraciones finales de *E. coli* de cada pecera de tratamiento fueron 1X de 0,125 x 10^{10} UFC/mL, 2X de 0,25 x 10^{10} UFC/mL y 4X de 0,5 x 10^{10} UFC/mL.

7. Recolección de parámetros

7.1 *Parámetro microbiológico*

A los sistemas A, B y C, descritos en la figura n° 2, se tomaron muestras durante 3 semanas para analizar el contenido de *E. coli* de cada una de las peceras. El análisis se realizó en el laboratorio comercial R-Lab, el cual se encuentra acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y el método de detección por el Número Más Probable (NMP). Se adjuntan los resultados en los informes correspondientes (ver Anexo 6).

7.2 *Parámetros fisicoquímicos*

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo semanalmente en cada una de las peceras, con instrumentos de medición específicos como es el multiparámetro

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

portátil modelo APERA PC60 y el medidor de oxígeno disuelto Milwaukee MW600. Los parámetros medidos fueron los siguientes: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos suspendidos totales (SST), salinidad, oxígeno disuelto (OD) y temperatura (°C).

8. **Análisis de datos obtenidos y cumplimiento de la normativa**

Los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos analizados en los sistemas fueron comparados con los valores establecidos según la norma vigente, respecto al cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, DS N° 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación, B1: Contacto primario, la cual menciona que no debe existir presencia de *E. coli.*

9. **Análisis de la contaminación de las playas de Lima**

Se obtuvieron datos públicos de los monitoreos microbiológicos de las playas de la Costa Verde, en especial de la playa Los Delfines, así como también de las playas de Lima Provincia, medidos por la ANA y DIGESA en los años 2018 a 2024. Con los datos obtenidos, se hizo un diagrama de la fluctuación de las cantidades de coliformes termotolerantes y/o *E. coli,* o de la habilitación de estas para los bañistas. Estos valores se plotearon en GIS (usando ArcGIS) para identificar la variación de coliformes en las playas frente a los puntos de descarga de desagües o canales de riego.

10. **Diseño de la propuesta conceptual de un sistema preliminar de biorremediación para la playa Los Delfines**

Con el objetivo de contribuir a la mitigación de la contaminación microbiológica en la playa Los Delfines, se elaboró una propuesta conceptual preliminar que integra la técnica de biorremediación microbiana y de filtración natural en la desembocadura del canal L01 Lince que llega a la playa Los Delfines. Esta propuesta fue diseñada utilizando

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

herramientas de análisis espacial y de diseño gráfico, el cual contempla su funcionamiento en tres fases, considerando lo aplicado para humedales artificiales híbridos (Zurita & Carreón-Álvarez, 2015).

La primera fase consta de una zona de entrada conformada por una poza circular de flujo que recibe el agua del canal, sin pausar su cauce natural hacia el mar, lo cual permitiría aumentar el tiempo de contacto entre el agua y el consorcio microbiano. Luego, pasaría por la fase de filtración, compuesto por materiales como son la arena, grava y arcilla, lo cual separaría a los sólidos y sedimentos que podrían actuar como refugio de la *E. coli* y permitiendo una mayor radiación solar o exposición a la luz. Finalmente, la tercera fase contempla que el agua pase por vegetación que sea tolerante a condiciones propias del ambiente costero, con potencial de fitorremediación y que se mantenga un paisaje compatible con el uso recreativo de la playa, cumpliendo con el plan de acción de la costa verde y la normativa considerada. Por lo tanto, que el agua pueda pasar por las tres fases, implica que el tiempo en contacto con el consorcio sea mayor y que influya en su funcionamiento. Finalmente, se resalta que la propuesta es netamente de carácter conceptual (ver figura16), y que, para su implementación, se debe trabajar bajo criterios de diseño, dimensionamiento, tiempos de retención, caudales de trabajo, eficiencia y sustento técnico para su factibilidad de funcionamiento.

11. Análisis Estadístico

Durante el análisis de los parámetros fisicoquímicos de pH, temperatura y oxígeno disuelto, que presentaron variabilidad, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia de $p < 0,05$ donde finalmente, no resultó ninguna diferencia significativa, y se demostraron visualmente mediante gráficos de nube con lluvia. El tamaño de la muestra correspondió a 3 réplicas por sistema experimental durante 4 semanas de evaluación, con un total de 4 sistemas (S1, S2, S3 y S4).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Los valores de los parámetros de conductividad eléctrica, salinidad y sólidos suspendidos totales no fueron posibles obtenerlos de manera confiable, ya que los equipos de medición presentaron fallas durante la investigación, por lo que se optó por trabajar con valores estimados a partir de información bibliográfica y datos referenciales.

Los datos microbiológicos de *E. coli* obtenidos en laboratorio y los datos históricos de coliformes termotolerantes en las playas de Lima en los años 2018 al 2024, fueron analizados de manera descriptiva y también se consideraron factores como la presencia de servicios higiénicos y la calidad de limpieza. Sobre el conteo microbiológico (NMP), no se aplicaron pruebas como ANOVA, ya que los sistemas alcanzaron el límite de detección desde la primera semana y no presentaron variabilidad entre ellos. Y por la falta de variación es que no se aplicaron otros modelos estadísticos, pero sí un análisis mediante estadística descriptiva, como se mencionó anteriormente.

Finalmente, resaltar que todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa JASP de acceso libre.

12. Aspectos éticos

La presente investigación fue exonerada de evaluación por el Comité Institucional de Ética de la Universidad Científica del Sur (ver Anexo 2) y aprobado e inscrito con el número de registro PRE-11-2022-00434 (ver Anexo 1). También se obtuvieron los datos de la carga de *Escherichia coli* presente en el agua del canal que desemboca en la playa Los Delfines del proyecto "Remediación de agua y recuperación de aguas contaminas con *Escherichia coli* en la playa "Los Delfines" – Costa verde, Miraflores – Lima", el cual está inscrito con el número de registro 030-2019-PRO99 y aprobado según la constancia de aprobación ética N° 85-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019, el cual fue ejecutado bajo la aprobación del director de investigación de la universidad. Dado que el organismo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

regente del muestreo en mar es la marina de Guerra y no tiene normativa alguna para la toma de agua por las universidades al ser un bien público.

V. RESULTADOS

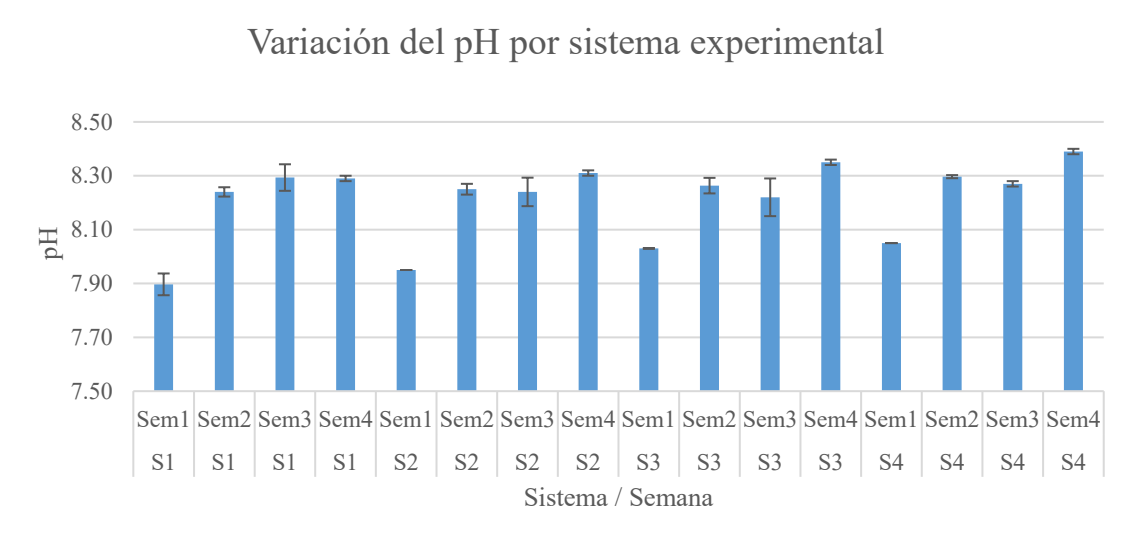
1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos

Para los parámetros de pH, temperatura y oxígeno disuelto, el análisis de ANOVA no mostró diferencias estadísticas significativas entre los sistemas experimentales ($p>0,05$) lo cual indica que la aplicación del consorcio microbiano no generó variaciones detectables en estos parámetros bajo las condiciones experimentales en evaluación, y finalmente, no resultó ninguna diferencia significativa.

1.1 *Potencial de Hidrógeno (pH)*

Los valores de pH oscilaron entre 7,9 y 8,39, reflejando condiciones ligeramente alcalinas típicas de aguas marinas, pero no indica que las aguas evaluadas presentan riesgos asociados a acidez o alcalinidad. Respecto al análisis de varianza, confirmó la ausencia de diferencias significativas entre sistemas, con un grado de libertad de (3,9), estadístico $F=3,071$ y valor de p exacto=0,0835.

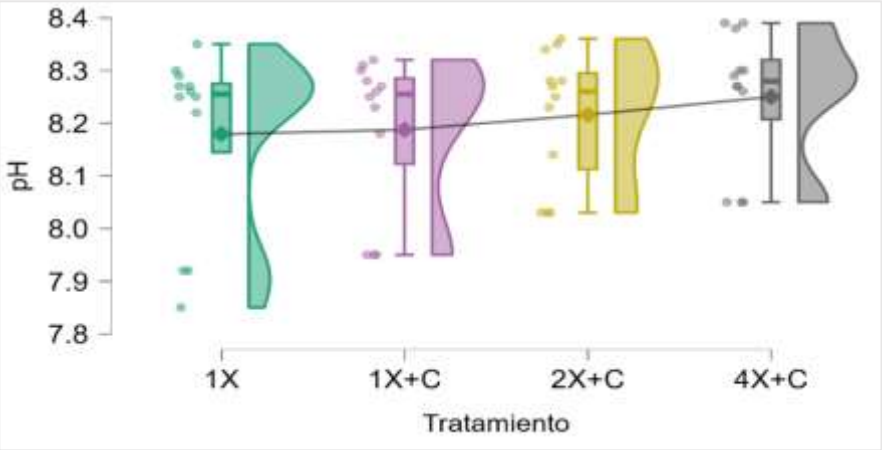
Figura 3. Variación semanal del pH en los sistemas experimentales



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

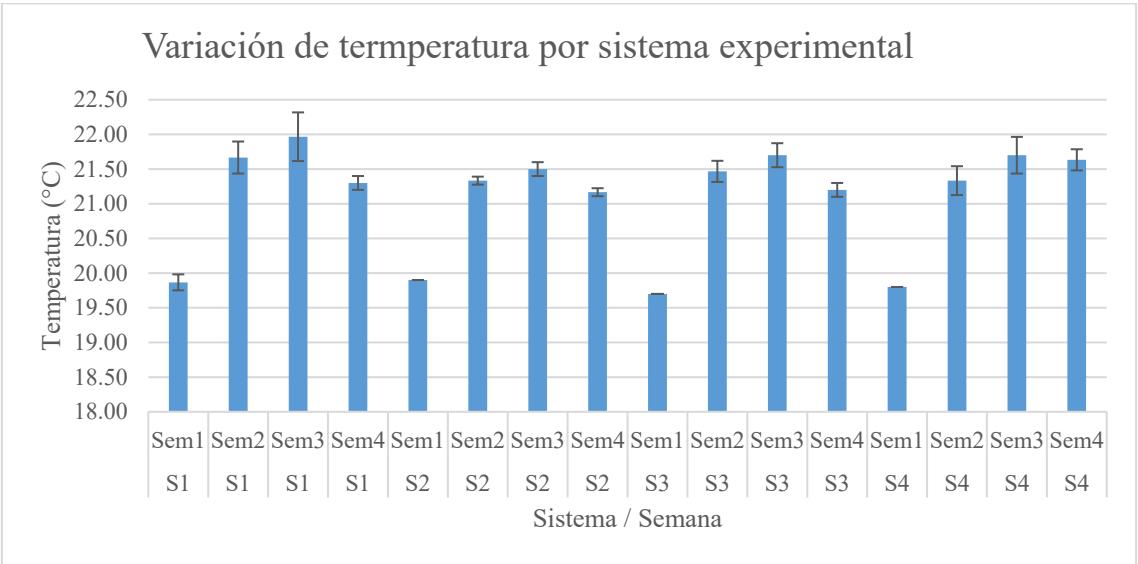
Figura 4. Análisis estadístico del pH por sistema experimental



1.2 *Temperatura (°C)*

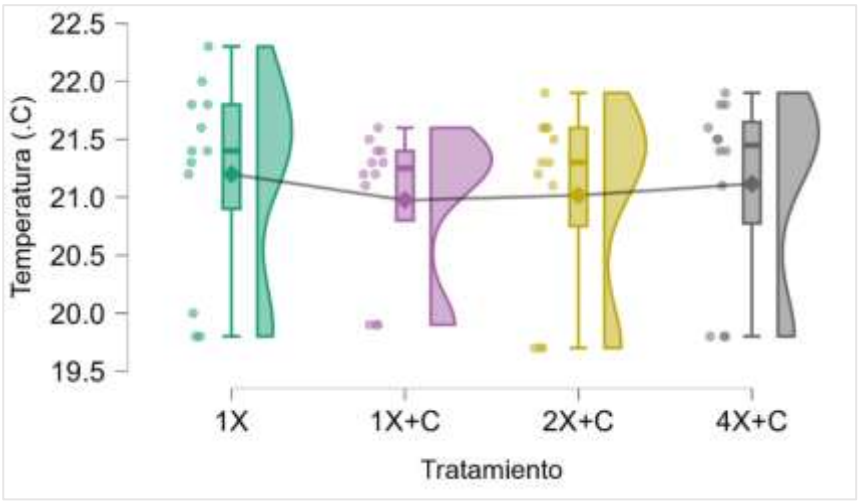
Los valores de Temperatura oscilaron entre 19,7 y 21,97, reflejando condiciones estables de temperatura. Respecto al análisis de varianza, confirmó la ausencia de diferencias significativas entre sistemas, con un grado de libertad de (3,9), estadístico F=1,685 y valor de p exacto=0,2389.

Figura 5. Variación semanal de la temperatura (°C) en los sistemas experimentales



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 6. Análisis estadístico de la temperatura por sistema experimental



1.3 *Estimación referencial de la Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad y Sólidos Suspendidos Totales (SST)*

Es importante precisar que los valores de salinidad, Conductividad Eléctrica (CE) y sólidos suspendidos totales (SST) no fueron obtenidos durante la fase experimental debido a fallas técnicas con los equipos de medición. Estos instrumentos arrojaron valores constantes e improbables en todas las muestras, lo que sugiere un mal funcionamiento. Es por ello que, se optó por recurrir a datos referenciales obtenidos de fuentes bibliográficas y base de datos como de IMPARPE y literatura científica, con el fin de incluirlas en la discusión.

La salinidad promedio en las aguas costeras del Perú según el Instituto del Mar del Perú (2025) es de 33,2 a 35,6 ppt en verano y 33,8 a 35,4 ppt en invierno. Con respecto a la Conductividad Eléctrica (CE), Grayver (2021) menciona que el valor promedio global en los océanos en el mundo es de 34 mS/cm, con ligeras variaciones dependiendo de factores como descargas continentales. Sin embargo, considerando los valores de temperatura de la investigación de Zheng et al. (2018) nos indican como aplicar la ecuación de Escala

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Práctica de Salinidad de 1978 (PSS-78), donde se toma primero en cuenta la Relación de Conductividad.

Relación entre temperatura y conductividad por la Escala Práctica de Salinidad de 1978 (PSS-78)

$$R = \frac{C(S,T,P)}{C(35,15,0)}$$

Donde, C(S, T, P) es la conductividad eléctrica in situ del agua de mar con una salinidad práctica S, a una cierta temperatura T y presión P. Se colocan los valores C(35, 15, 0), los cuales con los cálculos de la escala del PSS-78 l coeficiente siempre es 42,914. La explicación del porqué esos valores, se representa la conductividad estándar del agua de mar, con una salinidad de 35%, a una temperatura de 15°C y presión 0 por considerarse en aguas superficiales.

Con respecto a lo previamente mencionado, para determinar el valor de cada variable se aplica un polinomio ya establecido y considerando los valores en la presente investigación, la salinidad por IMARPE se expresa con un coeficiente (R_t) de 1,0152 y con el valor máximo de la temperatura medida en el sistema experimental de 21,97°C, el cálculo da un coeficiente (R_t) de 1,1625.

Finalmente, según la PSS-78, que define la relación de la CE con la salinidad y con la ecuación desglosada, se obtiene un valor estimado de 51 mS/cm.

Cálculo de la Conductividad Eléctrica (CE) a partir de los valores brindados por IMARPE y la temperatura experimental mediante la Escala Práctica de Salinidad (PSS-78)

$$CE = C(35,15,0) \times rt \times RT$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

$$CE = 42{,}914 \times 1{,}1625 \times 1{,}0152$$

$$CE = 50{,}64$$

Con relación a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los valores varían según la zona de estudio, no existe un valor determinado, dado que se considera la cercanía de la población, la afluencia de bañistas y las descargas de canales de ríos. Considerando que, en el lugar de estudio de la investigación se presentan las características mencionadas, los SST suelen ser más altos y con variabilidad espacial. Según Ridarto et al. (2023) indican que un valor promedio considerando que hay desembocaduras urbanas se podría ser 50 a 100mg/L. Similar a los resultados del informe obtenido del repositorio de IMARPE (Castillo et al., 2024) en Malabrigo, tomando como referencia al norte del mar peruano, se obtuvieron valores de SST a nivel sub superficial de 130 a 370mg/L.

1.4 *Oxígeno Disuelto (OD)*

Los valores estables en todos los sistemas y semanas, con un rango que varió entre 8,30 mg/L y 9,30 mg/L. Respecto al análisis de varianza, confirmó la ausencia de diferencias significativas entre sistemas, con un grado de libertad de (3,9), estadístico F=2,561 y valor de p exacto=0,1200.

Figura 7. Variación semanal del Oxígeno Disuelto en los sistemas experimentales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

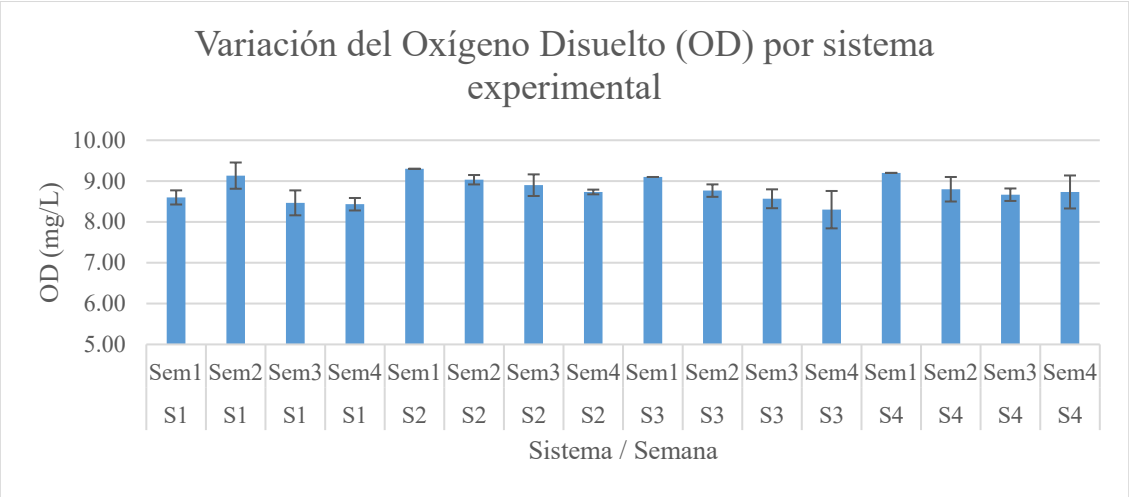
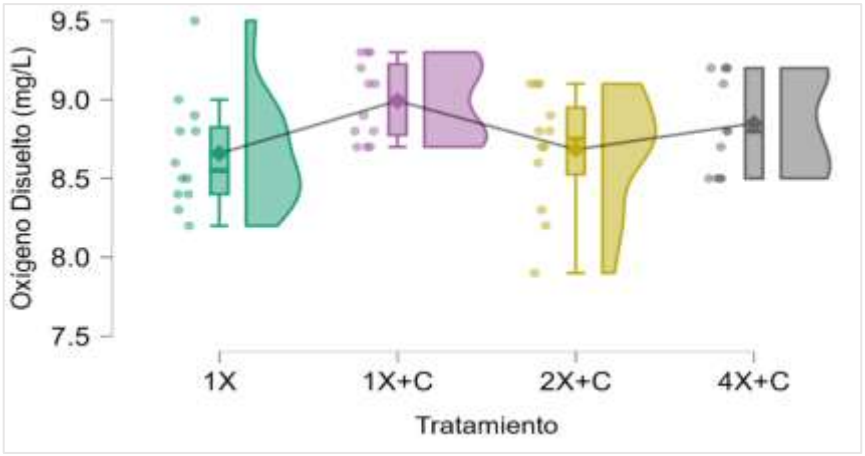


Figura 8. Análisis estadístico del Oxígeno Disuelto por sistema experimental



2. Resultados del parámetro microbiológico de los tratamientos

Dado que todos los sistemas, incluyendo el control, alcanzaron el límite de detección del método (1,8 NMP/100mL) en la primera semana, no fue posible aplicar ANOVA para comparar las diferencias entre tratamientos, ya que la ausencia de variación impidió cumplir con los supuestos estadísticos. Por lo tanto, se consideró a limitar el análisis de *E. coli* con una estadística descriptiva.

El hallazgo central es que la reducción de *E. coli* ocurrió en todos los sistemas experimentales desde la primera semana, incluyendo al sistema control S1, el cual no tuvo adición de consorcio microbiano.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

En el sistema control S1, que contenía agua de mar sin adición de *E. coli* ni consorcio microbiano, registró una concentración de 4 900 NMP/100 mL, descendiendo a 1,8 NMP/100mL en la primera semana de análisis, o que representa una reducción de 99,96% sin ningún tratamiento biológico aplicado. En cuanto a los sistemas S2, S3 y S4, que contenían agua de mar con adición de la cepa ATCC 25922 de *E. coli* (cepa Seattle 1946) en concentraciones de 1X, 2X y 4X respectivamente, junto al consorcio microbiano partieron con una carga inicial de 160 000 NMP/100 mL y alcanzaron igualmente el límite de detección del método (1,8 NMP/100mL) durante la primera semana de evaluación (ver Figuras 9 y 10).

En la primera semana de análisis, los resultados mostraron una reducción en la concentración de *E. coli*, tanto en el sistema control como en los sistemas tratados con el consorcio microbiano. El sistema S1 pasó de 4 900 NMP/100mL a 1,8 NMP/100mL, mientras que los sistemas S2, S3 y S4 disminuyeron de 160 000 NMP/100mL a 1,8 NMP/100mL, siendo el límite de detección del método empleado (ver Figuras 9 y 10).

Figura 9. Concentración de *E. coli* (NMP/100mL) por sistema experimental durante la fase experimental

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

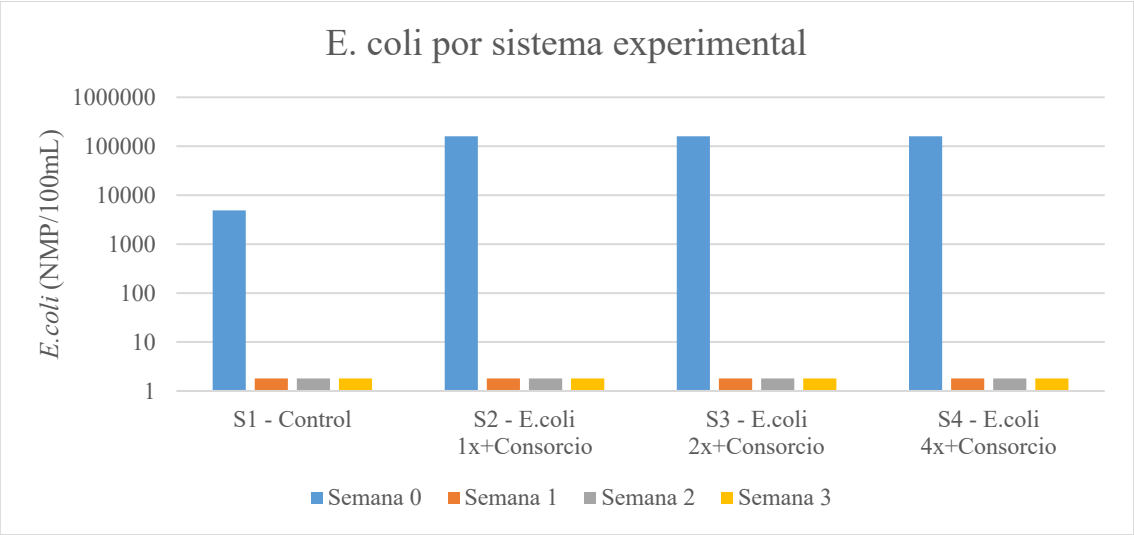


Figura 10. Análisis estadístico del comportamiento de *E. coli* por sistema experimental

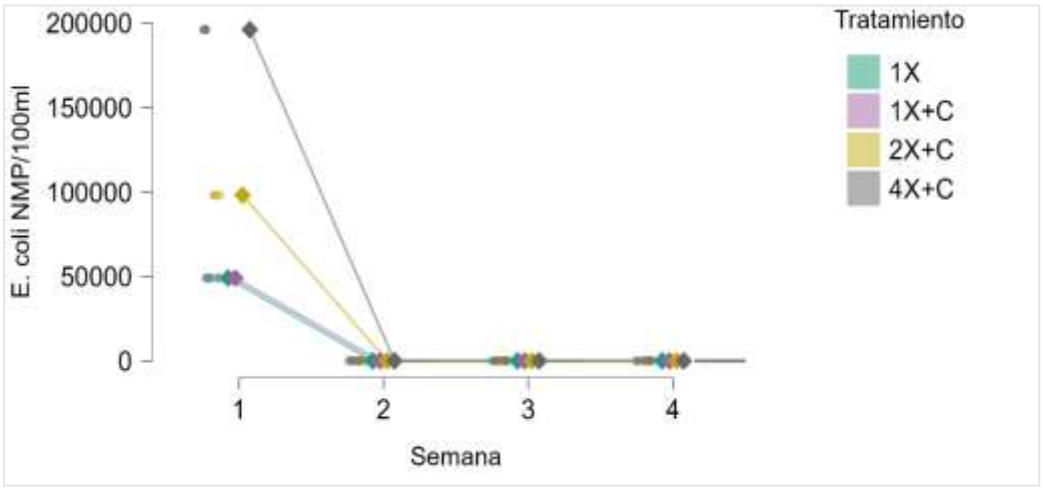
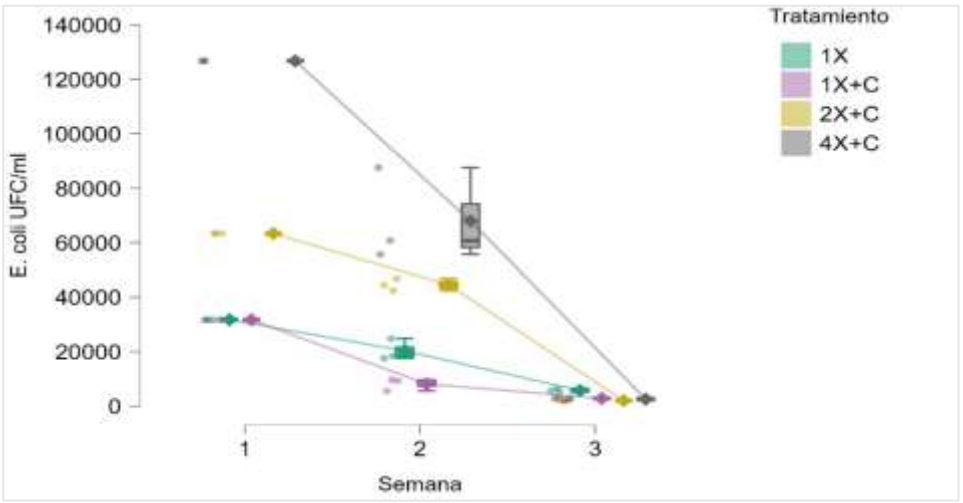


Figura 11. Comparación de la reducción de *E. coli* en el estudio de agua dulce con registro 030-2019-PRO99



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

La reducción registrada de *E. coli* a lo largo de las semanas fue equivalente en los cuatro sistemas evaluados, incluyendo el control (S1). Los cuatros sistemas alcanzaron el límite de detección del método (1,8 NMP/100 mL) desde la primera semana, lo que representa una reducción superior al 99,9% respecto a sus valores iniciales.

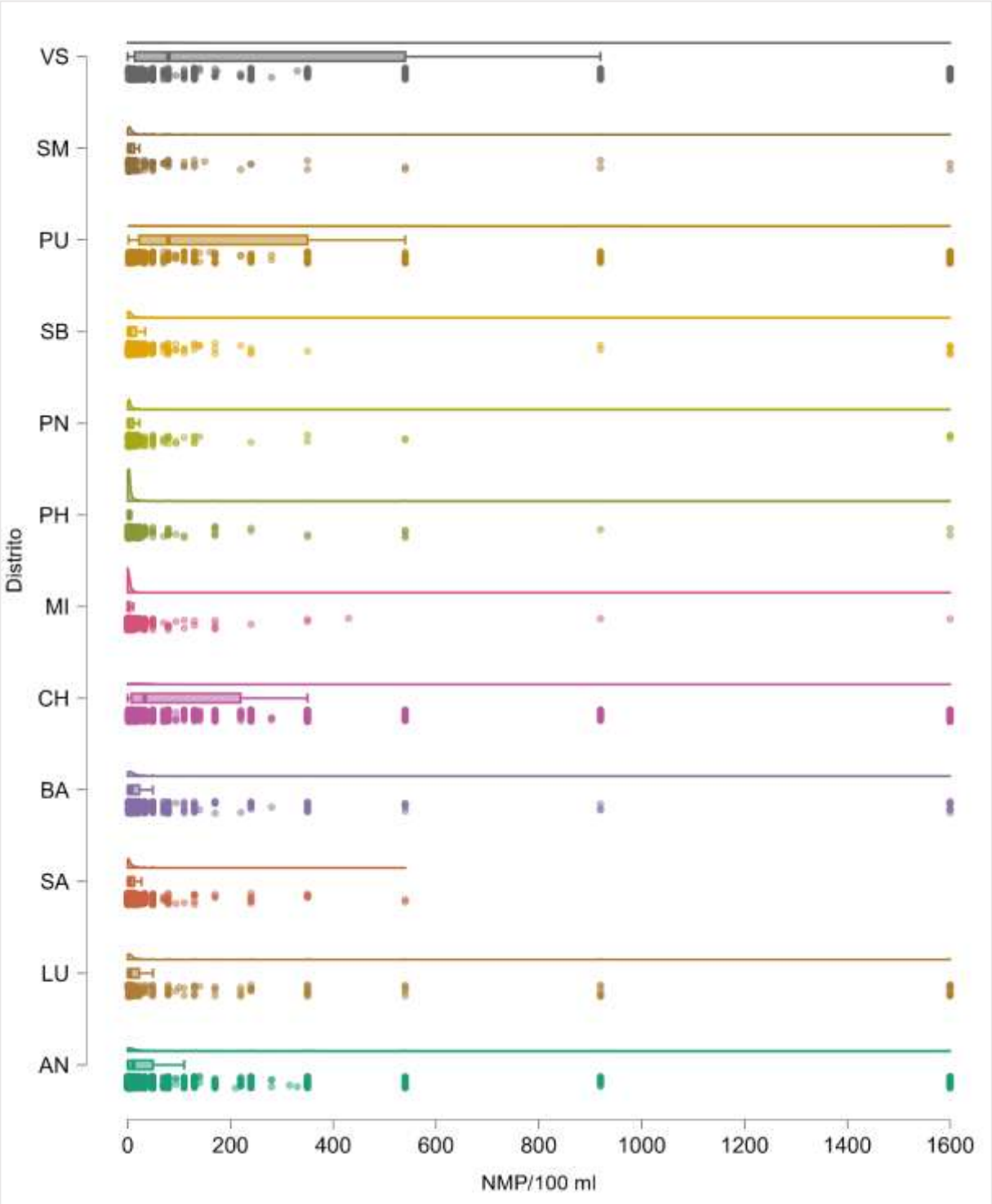
3. **Resultados de los parámetros de calidad de las playas de 2018-2024 obtenidos de bases de datos de DIGESA y del ANA**

Las playas de la costa de Lima provincias de 2018 a 2024 se analizaron en cuanto a su calidad microbiológica, donde encontramos que las playas que tiene descargas de riachuelos presentan alta contaminación por coliformes termotolerantes como Villa el Salvador, Pucusana y Chorrillos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 12. Concentración de coliformes termotolerantes en las playas de la provincia de Lima del 2018 a 2024.



Nota: VS=Villa el Salvador, SM=Santa María del Mar, PU=Pucusana, SB=San Bartolo, PN=Punta Negra, PH=Punta Hermosa, MI=Miraflores, CH=Chorrillos, BA=Barranco, SA=Santa Rosa, LU=Lurín, AN=Ancón.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

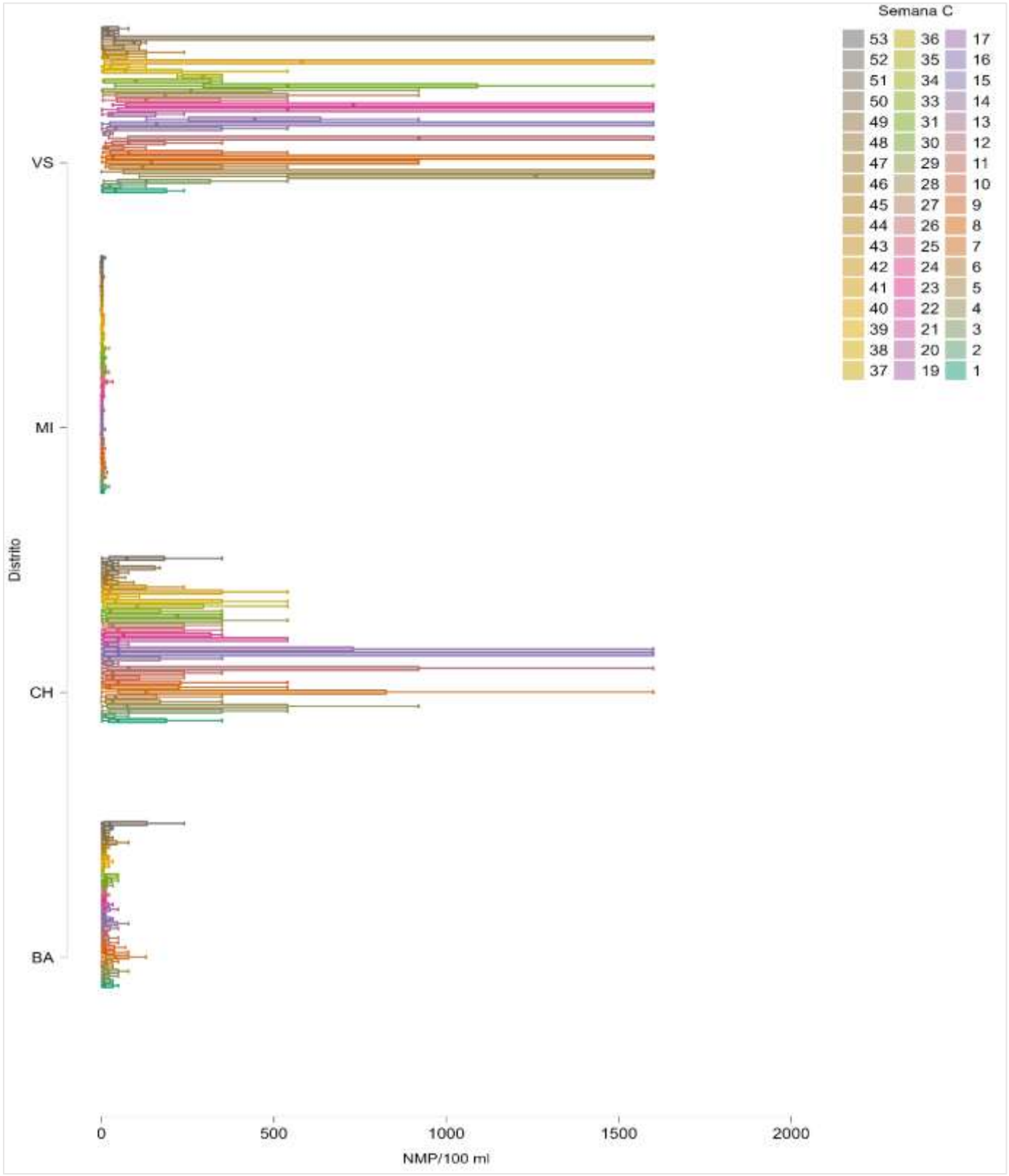
Al analizar las playas de la costa verde durante la afluencia de bañistas se ve un incremento de la contaminación con coliformes en las playas más populares o con más afluencia de bañistas como Los yuyos, Las sombrillas y Pescadores, donde además el canal de descarga del rio Surco llega sin ningún tratamiento previo, sin embargo en la playa Los delfines hay baja cantidad de coliformes ya que ese canal pasa por un tratamiento previo a la altura de un club de golf y un tratamiento de separación de residuos en la desembocadura, además de un filtro por cobertura vegetal en el área donde desemboca, donde se estuvo trabajando este proyecto con la gestión anterior de la municipalidad de Miraflores.

Al analizar las playas de la costa verde de Miraflores, Chorrillos, Barranco y Villa el Salvador, ya que recibe descargas de uno de los canales del rio surco vía Pantanos de Villa, vemos que hay una diferencia en los patrones de contaminación en función a la atención que brindan los municipios al cuidado del litoral y en la gestión ambiental de cada uno. Al analizar por semanas, también se ve que hay un patrón de mayor contaminación en las semanas del verano ´más en Villa el salvador se ve alta contaminación durante el 80% de las semanas del año.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 13. Variación semanal de coliformes termotolerantes en las playas de la Costa Verde en el año 2018-2024



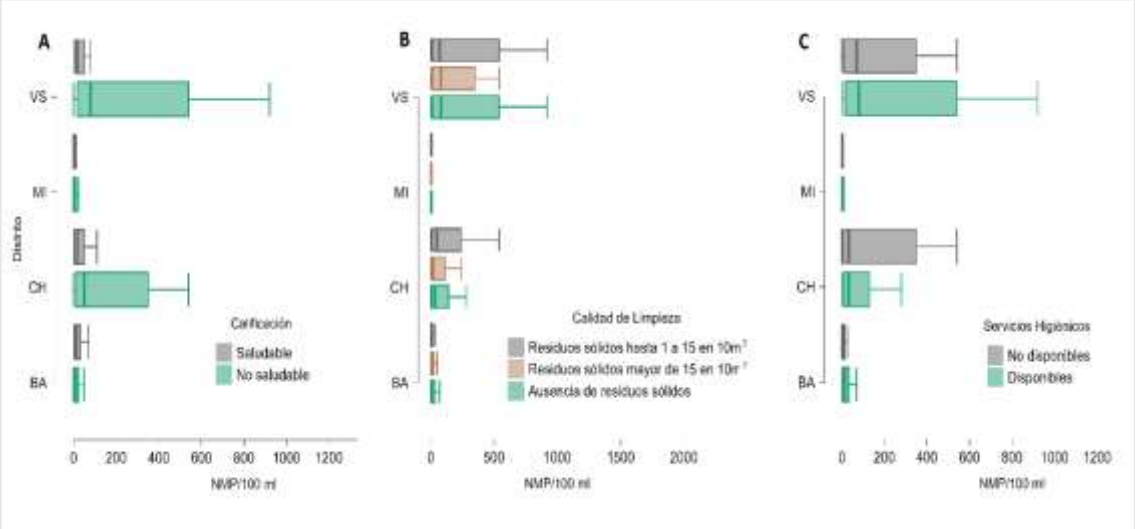
Nota: VS=Villa el Salvador, MI=Miraflores, CH=Chorrillos, BA=Barranco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Al analizar la calidad microbiológica por contaminación con coliformes termotolerantes y la clasificación de saludable según DIGESA en las playas de la costa verde, y si tenían servicios higiénicos disponibles y su calificación como saludable o no saludable, y su relación con los límites permisibles del ECA de agua con fines de recreación se encontró que no hay influencia disponibilidad de servicios higiénicos ni de la cantidad de residuos sólidos para la oscilación de la calidad ambiental en función a la contaminación con coliformes termotolerantes.

Figura 14. Clasificación sanitaria de playas de la Costa Verde según coliformes termotolerantes, residuos sólidos y servicios higiénicos.

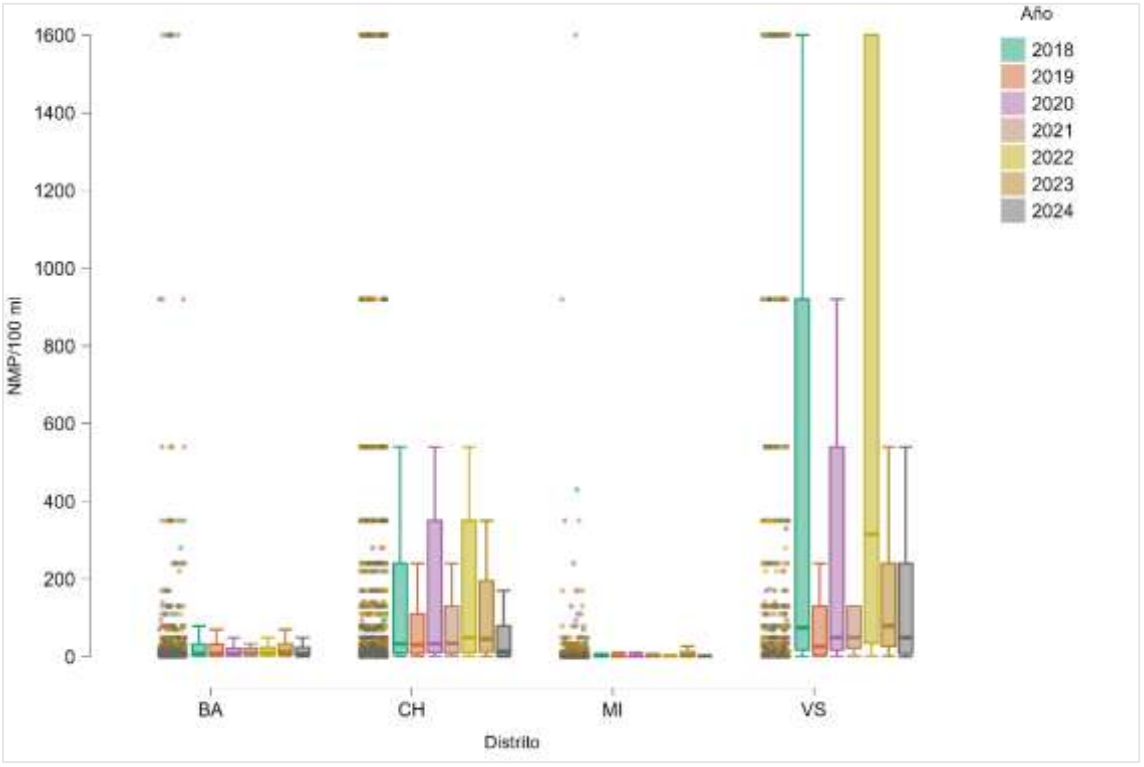


Nota: VS=Villa el Salvador, MI=Miraflores, CH=Chorrillos, BA=Barranco.

Luego, al analizar la contaminación de las playas por año para ver si había una influencia de la pandemia encontramos que no había una diferencia clara del año 2020 sobre los demás, más bien se notan patrones por lo que es posible que junto con lo descrito en la figura anterior es posible que la contaminación con coliformes de la playa no sea una consecuencia directa de la población que acude a las mismas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 15. Evolución anual de coliformes termotolerantes en las playas de la Costa Verde, en el año 2018 al 2024



Nota: VS=Villa el Salvador, MI=Miraflores, CH=Chorrillos, BA=Barranco.

4. Propuesta conceptual preliminar de sistema de biorremediación para la desembocadura del canal en la playa Los Delfines

La propuesta no constituye un resultado experimental medido sino un producto derivado del análisis de los resultados obtenidos y de la revisión bibliográfica realizada. Por lo tanto, se presenta con carácter conceptual y preliminar, que no incluye cálculos hidráulicos ni dimensionamiento técnico, los cuales requieren estudios complementarios a escala real.

Tras evaluar la contaminación con coliformes en la playa Los Delfines y las otras playas de la costa verde, en conjunto con las participantes del proyecto con el registro 030-2019-PRO99 (ver Anexo 3), se planeta un diseño que esté conformado por un sistema que pueda abordar la biorremediación del agua de los canales que desembocan en el agua del mar sin obstruir el cauce y con un aspecto amigable que permita también tener un área

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

verde recreativa, dado que según el plan de acción de la costa verde no se puede implementar una PTAR porque toda la costa está destinada a áreas de recreación. En las figuras siguientes se puede ver una poza circular con graba y que no obstruye el canal, sino que mantiene el agua en el circulo para que pueda interactuar con el consorcio microbiano y luego continua su cause hasta el mar, rodeada de plantas con adaptación a ambientes salinos que también ayuden a remediar el agua de filtración como alternativa actual a la descarga de los canales que es precaria.

Figura 16. Vista frontal de la propuesta conceptual del sistema de biorremediación en la desembocadura del canal



Figura 17. Estado actual de la descarga actual del canal L01 Lince en la playa Los Delfines



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VI. DISCUSIÓN

1. Comportamiento y reducción de *Escherichia coli* en agua de mar mediante sistemas de biorremediación

Los datos obtenidos en el presente estudio no permitieron confirmar la hipótesis planteada, ya que no se puede atribuir exclusivamente a la acción del consorcio microbiano BioEcol ProQbac por la respuesta que presentó la *E. coli* al alcanzar el límite de detección que es 1,8 NMP/100mL, dado que el sistema control S1, el cual no contiene adición de consorcio, mostró una reducción aproximada del 99,96%, al igual que en los sistemas tratados.

Respecto a los factores que influyen en el comportamiento de la *E. coli,* la exposición a la luz genera un estrés lumínico que limita la supervivencia de bacterias de origen entérico. Coincidiendo con la investigación de Nakhle et al. (2021) quienes demostraron que la tasa de reducción de *E. coli* se eleva drásticamente con el aumento de la intensidad de la luz en cuerpos de agua, por lo tanto, es probable que tanto la entrada de luz natural por las ventanas y la luz artificial del laboratorio, hayan sido un factor para la abrupta caída de la carga microbiana. Respaldando lo mencionado con el estudio de Oguadinma et al. (2022), quienes indican que la carga bacteriana llega al límite de detección tras 180 minutos de exposición al sol, mientras que, en la oscuridad, la supervivencia es mayor.

Respecto a los parámetros de Conductividad Eléctrica (CE), salinidad y Sólidos Suspendidos Totales (SST), hay estudios que señalan que estos parámetros actúan como factores limitantes para la supervivencia del *E. coli* en ambientes marinos. De acuerdo con Desta et al. (2024), señalan que los altos niveles de salinidad y CE son indicadores de que hay menor carga de *E. coli* en el agua de mar, y Li et al., (2021) refuerzan que, el incremento de sales en el agua reduce la capacidad del *E. coli* para formar biopelículas y así poder resistir ante el estrés oxidativo, inhibiendo su crecimiento. En cuanto a los SST,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Perkins et al. (2016) concluyen que las concentraciones elevadas podrían proporcionar un ambiente de refugio para la *E. coli,* como sucede en aguas con concentraciones de SST que superan los 100 mg/L, siendo este un valor estimado de estudio, según la afluencia de bañistas y las descargas de los canales.

Recalcando que, se presentaron problemas con los equipos de medición de los parámetros mencionados, para la estimación de la salinidad se aplicó la ecuación PSS-78, la cual se utiliza habitualmente en estudios oceanográficos, reconociéndose un margen de error en la aproximación, ya que, en el escenario real, la salinidad podría ser menor por la mezcla con el agua dulce del canal de descarga. De igual manera, los valores seleccionados se mantienen dentro del rango característico en el agua de mar, donde el estrés osmótico continúa siendo un factor limitante para la supervivencia de la *E. coli, y también* fueron contrastados con información secundaria de DIGESA e IMARPE.

En cuanto al pH y la temperatura, en el estudio de Vergara-Chen et al. (2023), señalan que ambos parámetros tienen una relación directa con la supervivencia del *E. coli* y que pueden presentar valores que estresen a los microorganismos. Sin embargo, a lo largo del experimento, se ha contado con un rango de pH adecuado para que sobreviva la *E. coli*. Como también respaldan en su estudio DeVilbiss et al. (2021), sobre la temperatura, el cual es un factor importante para el crecimiento microbiológico, manteniéndose estándar durante el experimento.

Respecto al Oxígeno Disuelto (OD), según Ofori et al. (2025), indican que la *E. coli* puede sobrevivir y crecer en ambientes marinos con niveles de OD entre de 3,79 y 8,10 mg/L. Y en esta investigación, los valores oscilaron entre 8,30 mg/L y 9,30 mg/L, siendo ligeramente superiores a dicho rango, lo cual respaldan lo investigado por Pellicanò et al. (2023), quienes mencionan que los niveles altos suelen indicar que el agua presenta menor contaminación y, por lo tanto, existe una menor presencia de algún patógeno, lo cual iría

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

en contra de la proliferación de *E. coli.* Estos valores cumplen con el estándar del ECA para aguas recreativas (>5,0 mg/L), indicando una buena calidad de agua en términos de oxigenación.

Adicionalmente, se requiere considerar la naturaleza de la cepa bacteriana utilizada en el ensayo, la cepa ATCC 25922, la cual se considera su uso como control de calidad a nivel mundial (ATCC, 2025). Además, el origen de esta cepa es entérico y no posee las adaptaciones genéticas necesarias para poder sobrevivir y mantenerse en un ambiente acuático de alta salinidad, lo cual es respaldado por el estudio de Devane et al. (2020), quienes establecen que las Bacterias Indicadoras Fecales (BIF) que son entéricas, como la ATCC 25922.

También es importante considerar que los ensayos fueron realizados en un sistema estático, donde no hubo flujo ni renovación de agua ni aporte continuo de contaminación por *E. coli*, a diferencia del escenario real donde los canales descargan al mar. En sistemas como el que fue ejecutado, el flujo de agua y esa dinámica de agua y sedimentos también son factores clave dado que transportan contaminantes y microorganismos (Southwell et al., 2023). En ambientes de estuarios reales, el caudal del río y la escorrentía aportan en la dispersión de *E. coli* hacia la zona costera (Sutti et al., 2022), lo cual respalda un factor más en el experimento. En este contexto, los resultados del experimento coinciden con Satiro et al. (2024), quienes respaldan que el uso de la remediación en sistemas de flujo continuo son una alternativa más eficiente y sostenible que a los ensayos estáticos. Ante los resultados obtenidos, sería idóneo considerar qué bacterias son las que conforman el consorcio microbiano y qué tipo de interacción podrían tener ante el contaminante en evaluación. Existe literatura que respalda que ciertos consorcios tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de la *E. coli* mediante la producción de compuestos extracelulares, como son los péptidos antimicrobianos que afectan directamente en su

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

capacidad de proliferarse y de sobrevivir en el medio (Nair & Andersson, 2023). Considerando que, el consorcio BioEcol ProQbac está compuesto por diez tipos distintos de bacterias (ver Anexo 7), se podría considerar que pudo haber una competencia por nutrientes, lo cual disminuiría la posibilidad de sobrevivencia de la del *E. coli* (Korajkic et al., 2013). No obstante, estos mecanismos mencionados no se pudieron verificar de forma directa en el presente estudio, ya que el sistema control mostró una reducción equivalente sin haberse aplicado el consorcio microbiano.

Si bien todos los sistemas experimentales alcanzaron niveles compatibles con el ECA para agua descrito al final de la primera semana de evaluación, este resultado no puede atribuirse a que se haya dado sólo por la acción del consorcio aplicado. Por lo tanto, el cumplimiento del estándar se presenta como un resultado en condiciones experimentales en laboratorio, pero no como un efecto demostrado como tratamiento de biorremediación aplicado.

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio investigaciones realizadas en agua dulce, se evidencia un comportamiento distinto del consorcio microbiano. En el estudio de Botton & Espinoza (2021) quienes analizaron y luego trataron el agua de la desembocadura del río Surco con el mismo consorcio microbiano, tuvieron un resultado positivo en cuanto a su reducción del contaminante y más gradual, logrando disminuir un 50% de la carga de *E. coli* en 15 días. Este contraste respalda sobre la ausencia de estrés osmótico significativo, el consorcio mantiene su actividad metabólica y sus interacciones sinérgicas durante un mayor periodo de tiempo. Cabe resaltar que, la comparación se basa en información externa al presente estudio y no es una conclusión directa del mismo, ya que la tesis no analizó ni generó datos propios del agua de dulce del canal L01 Lince.

Tomando en cuenta lo descrito, la comparación con dicho estudio sugiere que el BioEcol ProQbac podría presentar mayor efecto como sistema de tratamiento previo en cuerpos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

de agua dulce previa a su descarga al mar, donde los factores fisicoquímicos del ambiente marino dominan el proceso de inactivación bacteriana y reducirían la eficiencia relativa del consorcio. En ese sentido, se considera que la hipótesis planteada no pudo ser corroborada, debido a las limitaciones asociadas a los instrumentos de medición para los parámetros de conductividad, salinidad y SST, los datos fueron obtenidos de fuentes bibliográficas. Dicho ello, se suman factores como son la exposición lumínica no controlada y la ausencia de un diseño experimental que pudiera permitir aislar de manera estadística el efecto del consorcio con respecto a los factores ya mencionados, sugiriendo que en el ensayo estas características podrían cumplir un rol en la reducción de la carga microbiana, independientemente del consorcio microbiano.

2. Contaminación con coliformes en las playas de Lima

La contaminación por coliformes fecales en las playas del litoral de Lima se encuentra estrechamente asociada con la descarga de aguas residuales que son los efluentes urbanos, los cuales transportan bacterias fecales al mar, coincidiendo con DeVilbiss et al. (2021) en su investigación. Esto se relaciona con la presencia coliformes en la playa Los Delfines, donde desemboca el canal del río Surco. Y de acuerdo con la información proporcionada por el supervisor de la comisión de regantes, el canal que desemboca en esa playa corresponde al canal denominado Lince 01, el cual forma parte del sistema del río Surco, siendo un canal lateral que recibe excedentes de riego provenientes de los distritos de San Isidro, Miraflores y Surquillo. A diferencia del canal principal, este segmento no pasa por una planta de tratamiento, por lo que los excedentes del agua son dirigidos al punto de descarga en el litoral.

Hay que considerar que esa agua mantiene contacto con la arena de la orilla y según Erb et al. (2024), los sedimentos marinos también podrían contener *E. coli*, siendo un

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ambiente viable como reservorio de bacterias patógenas, lo que incrementa el riesgo de exposición para los bañistas.

El análisis de la información histórica sobre la calidad sanitaria de las playas de Lima evidencia una variabilidad espacial en la concentración de coliformes a lo largo del litoral. Como se observa en el Anexo 6, la concentración de coliformes en las playas del litoral de Lima, desde los distritos de Miraflores hasta Chorrillos, presentando diferencias significativas. La evaluación sanitaria toma en cuenta variables como la cuantificación aproximada de residuos sólidos por cada 10 m^2, la disponibilidad y el estado de los puntos de acopio para residuos sólidos y el funcionamiento de servicios higiénicos (Ministerio de Salud, s.f.)

No obstante, estos indicadores no siempre permiten identificar la fuente ambiental de la contaminación microbiológica, lo que evidencia la necesidad de complementar la evaluación sanitaria con criterios de calidad ambiental.

De acuerdo a lo investigado por Palma-Gongora et al. (2022), por medio de imágenes de fuente satelital en las cercanías de la bahía de Pucusana, se evidencian que la contaminación por coliformes ha incrementado como consecuencia del crecimiento urbano y la descarga de aguas residuales.

Analizando los datos de coliformes en las playas donde hay más atención a la playa y no hay servicios higiénicos, el agua no está tan contaminada a comparación de otras que sí cuentan con los servicios higiénicos, lo cual apoya la teoría de que el mar se contamina por los efluentes. Como se puede observar en el Anexo 7, los canales del río Surco pasan por distintos distritos como Ate y se descargan a Miraflores, Barranco, San Isidro, Chorrillos y Villa el Salvador. En zonas como Pantanos de Villa, se presenta mayores niveles de contaminación, lo cual se observa en el mapa del Anexo 6.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Coincidiendo con Yon & Arenas (2024), quienes evaluaron la calidad del agua en el canal Surco en los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos, encontraron una carga de coliformes termotolerantes entre 1 700 a 1 600 000 NMP/mL, advirtiendo que la ausencia de herramientas de gestión y fiscalización ambiental ocasiona que el canal Surco en esa zona se convierta en un afluente urbano que no es tratado y que representa un peligro ambiental y para la salud pública. En cambio, en la desembocadura a Miraflores y Barranco, el canal pasa por distritos como Surco y San Isidro, donde se hacen tratamientos previos al agua y por ello la descarga es más limpia.

Otro punto por resaltar es que la población de los distritos de Barranco y Miraflores tienden a asistir a las playas del sur en la temporada de verano, por el contrario de los residentes de los distritos de Chorrillos y Villa el Salvador, quienes asisten a las playas como La Herradura, conocida por su gran afluencia de veraneantes. Al ser espacios de uso recreativo puede contribuir de manera secundaria a la carga microbiológica del agua, contaminando aún más con los coliformes el agua. Tomando en cuenta la información en el Plan Maestro de Desarrollo de la Costa Verde 2022-2032 (Municipalidad de Lima, 2022), que describe el potencial y las características de las actividades recreativas, se reafirma que existe una mayor actividad en las playas que se registran mayores niveles de contaminación.

La contaminación por coliformes en las playas del litoral de Lima se da por los canales de descarga que atraviesas la ciudad, los cuales reciben aguas residuales provenientes de viviendas, comercios e industrias. Considerando el estado del sistema sanitario urbano, este no garantiza que esté permeabilizado totalmente, lo que favorece la filtración de aguas residuales hacia los canales de riego.

Finalmente, según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecidos por el MINAM (Ministerio del Ambiente, 2017), en la Subcategoría B1: aguas superficiales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

destinadas a recreación con contacto directo, la concentración de *E. coli* debe ser nula. En ese contexto, los resultados obtenidos en el presente estudio cumplen con lo establecido en la normativa, bajo las condiciones controladas evaluadas. Sin embargo, el análisis histórico de la calidad de agua en las playas del litoral de Lima evidencia que, en condiciones reales, este estándar no siempre se cumple y que es consecuencia a la descarga de efluentes urbanos a través de los canales de riego.

3. Propuesta conceptual de un sistema de biorremediación en la playa Los Delfines como línea de investigación futura

Estudios han demostrado que los humedales artificiales que combinan etapas de flujo horizontal y vertical (sistemas híbridos), pueden lograr reducciones de *Escherichia coli* superiores a 3 unidades logarítmicas (Zurita & Carreón-Álvarez, 2015). Esta eficiencia se debe a que el agua pasa por distintas fases donde se articulan procesos físicos, químicos y biológicos, como es la filtración por materiales filtrantes, la sedimentación y la actividad microbiana que se asocia a las especies vegetales, lo cual contribuye a la inactivación de bacterias patógenas como es la *E. coli* (Hamad, 2023). En la investigación de Montero-Martínez et al. (2023), reportaron una eficiencia superior al 99% en la eliminación de coliformes totales y fecales mediante un sistema híbrido tipo un humedal. Como también Chandrasena et al. (2017) demostraron que la presencia de vegetación y la microbiota la cual alberga incrementa la retención y reducción de *E. coli* por mecanismos de competencia y procesos asociados al biofilm. En cuanto al efecto de la especie *Eichornia crassipes* o más conocida como jacinto de agua, ha demostrado que puede contribuir a reducciones de coliformes superiores al 90% en condiciones de contaminación moderadas (Neumann et al., 2023).

Respecto a la aplicación de consorcios para depurar el agua, los que integren microalgas y bacterias han demostrado reducciones de *E. coli* de hasta 99,9% en aguas residuales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(Occhipinti et al., 2024). En la presente propuesta, donde el consorcio evaluado es BioEcol ProQbac que contiene bacterias como *Bacillus* spp, esta tiene una actividad frente a patógenos gram negativos (Manetsberger et al., 2020) y con respecto a *Streptomyces* spp, generó una inhibición fuerte contra la *E. coli* (Rozirwan et al., 2020). Estos antecedentes respaldan que su integración en un sistema de biorremediación actúe como refuerzo biológico en el proceso.

Tomando en cuenta los resultados de la investigación de Botton & Espinoza (2021) donde se observó una respuesta positiva del consorcio microbiano aplicado en el agua del canal del río Surco, que está próxima ser desembocada en el mar (ver Figura17), se plantea la implementación de un diseño que combina un filtro granular compuesto por grava y arena para la retención de sólidos, una etapa con agentes biológicos con el consorcio microbiano y finalmente, una etapa de fitorremediación. Este sistema permitiría reducir la carga microbiológica antes de su descarga al cuerpo marino, abordando la contaminación desde su origen, que es el agua del canal.

Además del componente biológico, se debe tomar en cuenta el tiempo de retención hidráulica (TRH), el cual es el promedio que el agua recorre dentro del sistema de tratamiento (Javeed et al., 2025).

Considerando la fase donde Botton & Espinoza (2021) analizan el parámetro microbiológico en el agua, evidenciaron que en 15 días se disminuyó más del 50% de *E. coli*, lo que sugiere que el tiempo que hay entre el agua a tratar y el sistema biorremediador es un factor clave para reducir la carga bacteriana.

Complementando con la investigación, Núñez et al. (2025)evaluaron el efecto de un humedal subsuperficial sin la aplicación de consorcios microbianos, demostraron que el TRH es un factor determinante para remover microorganismos en el agua. A pesar de que

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

la mayoría de parámetros físico químicos en 3 días lograron alcanzar los niveles adecuados según la normativa que compararon, los coliformes totales y fecales necesitaron un periodo de hasta 9 días para cumplir con los límites establecidos. Lo cual confirma que a mayor TRH se favorecen los procesos de inactivación bacteriana. Tomando eso en cuenta, si se adiciona un consorcio microbiano, como es el BioEcol ProQbac, podría contribuir a optimizar el TRH, lo cual se debería validar mediante estudios experimentales a escala real.

Considerando que estas zonas son principalmente espacios recreativos y urbanos, la instalación de un sistema que brinde un tratamiento adicional al agua del canal es necesario para garantizar la calidad del agua que se vierte al mar. Al realizar y analizar un mapa de cobertura de áreas verdes (ver Anexo 10), es evidente que gran parte del área es espacio urbano. Por ello que la presente propuesta busca integrar un sistema de biorremediación que guarde armonía con el paisaje y cumpla su función ambiental y sanitaria. A diferencia de una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) tradicional, cuya infraestructura suele ser más invasiva visualmente, esta propuesta se plantea como un espacio verde funcional y de saneamiento, por ende, se propone aplicar en otros distritos como con una grave problemática, como son Chorrillos y Villa el Salvador.

VII. CONCLUSIONES

- La evaluación del consorcio microbiano BioEcol ProQbac ante la carga microbiana de *E. coli* no permitió confirmar que el efecto de reducción fuera exclusivamente atribuible al tratamiento de biorremediación, dado que el sistema control S1 mostró una reducción equivalente del 99,96%, lo cual fue de 4 900 NMP/100mL a 1,8 NMP/100 mL en la primera semana de evaluación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Los parámetros fisicoquímicos de pH, temperatura y oxígeno disuelto se mantuvieron estables durante la semana experimental. Sin embargo, los valores de los parámetros de conductividad eléctrica, salinidad y sólidos suspendidos totales fueron estimados a partir de información bibliográfica y datos históricos, debido a las fallas en los instrumentos de medición, lo cual se considera como una limitación metodológica en el estudio.
- Las limitaciones metodológicas fueron identificadas durante el experimento y fue la ausencia de más tratamientos control lo que podría aislar e identificar el efecto de la exposición lumínica ante el consorcio microbiano.
- Todos los sistemas experimentales alcanzaron los límites de detección del método de análisis para *E. coli* (1,8 NMP/100mL) durante la primera semana, por lo tanto, alcanzaron los niveles compatibles con el ECA Categoría 1B1. Sin embargo, al ser una respuesta que se dio también en el sistema control, dicho cumplimiento no se puede atribuir al efecto del consorcio microbiano aplicado, sino como un resultado de las condiciones propias en el laboratorio.
- Se elaboró una propuesta conceptual preliminar de un sistema de biorremediación para la desembocadura del canal L01 Lince en la playa Los Delfines, cuya factibilidad técnica requiere de estudios hidráulicos complementarios y validación experimental para evaluar su eficiencia en condiciones reales.
- El análisis de los datos históricos de la calidad microbiológica de las playas de la Costa Verde de Lima desde en el periodo 2018 al 2024 obtenidos del portal Verano Saludable de DIGESA, confirmó la contaminación por coliformes termotolerantes que se concentra en las zonas de descarga de canales de riego urbanos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- La comparación con el estudio complementario desarrollado en el marco del proyecto de investigación 030-2019-PRO99, sugiere que el consorcio microbiano BioEcol ProQbac podría presentar mayor potencial de acción en el agua dulce que en el agua de mar. Esta comparación se basa de un manuscrito de un proyecto complementario en proceso de publicación, por lo que no constituye una conclusión propia de esta investigación.

VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar un periodo de adaptación de la *E. coli* desde el medio de cultivo al agua de mar antes de inocularlo en el experimento, con el objetivo de reducir el estrés osmótico inicial y así poder distinguir con mayor precisión los efectos del consorcio microbiano de los factores ambientales.
- Asegurar la calibración y operatividad de los instrumentos de medición previo al inicio de la fase experimental, con el fin de obtener los datos fisicoquímicos reales medidos directamente y no estimados a partir de fuentes secundarias.
- Hacer una réplica del experimento en un sistema de flujo continuo que simule las condiciones reales de descarga del camal L01 Lince en la playa Los Delfines, dado que los sistemas estáticos no representan la misma dinámica.
- Emplear cepas ambientales de *E. coli* aisladas directamente de la zona de estudio, en lugar de cepas de referencia de laboratorio como la *E. coli* ATCC 25922, dado que presentan mayor tolerancia a la salinidad y a condiciones físico químicas del ambiente marino, lo cual permitiría estimaciones más representativas de las condiciones reales del sitio de estudio.
- Desarrollar estudios hidráulicos para obtener la factibilidad técnica y así poder validar la propuesta conceptual preliminar del sistema de biorremediación elaborada en el presente estudio.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelghafar, H. O. T., Prayogo, W., Mustafa, S., & Estim, A. (2025). Variability of total suspended solids, turbidity, temperature, pH, salinity and dissolved oxygen in Qatar's coastal waters. *Marine and Life Sciences*, *7*(2), 80-88. https://doi.org/10.51756/marlife.1790919

Alves, A. R. A., Yin, Q., Oliveira, R. S., Silva, E. F., & Novo, L. A. B. (2022). Plant growth-promoting bacteria in phytoremediation of metal-polluted soils: Current knowledge and future directions. *Science of the Total Environment*, *838*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156435

ANA. (2025, junio 12). *ANA evalúa la calidad del agua del río Rímac y sus afluentes*. https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/1186653-ana-evalua-la-calidad-del-agua-del-rio-rimac-y-sus-afluentes

ATCC. (2025). *Escherichia coli (Migula) Castellani and Chalmers 25922 ™*. www.atcc.org

Ballesté, E., Liang, H., Migliorato, L., Sala-Comorera, L., Méndez, J., & Garcia-Aljaro, C. (2024). Exploring plastic biofilm formation and *Escherichia coli* colonisation in marine environments. *Environmental Microbiology Reports* , *16*(3). https://doi.org/10.1111/1758-2229.13308

Balón, I. D. R., Rodríguez, D., Solano, Y., & Ortiz, K. (2021). Vulneranilidad de la población costera frente a la contaminación orgánica y microbiológica en Santa Elena-Ecuador, 2020. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, *61*(2), 337-344. https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.612.024

Barbosa, A. C., Assis, A. B. C. de, Soares, A. J. V. de M., Silva, E. J. F. da, Paiva, J. S. de, Fortunato, J. G. L. de A., Silva, M. E. P. da, Silva, Á. F. S. S., Lins, U. M. de B.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

L., Paiva, S. C. de, & Campos-Takaki, G. M. de. (2022). Caracterização físico-química e microbiológica da água do mar de praias do litoral de Pernambuco. *Research, Society and Development*, *11*(15), 20111536240. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.36240

Benvenutto, V. (2017). *Determinación de Escherichia coli enteropatógena (ECEP) en agua de mar del Circuito de Playas de la Costa Verde*.

Bhatt, P., Bhatt, K., Sharma, A., Zhang, W., Mishra, S., & Chen, S. (2021). Biotechnological basis of microbial consortia for the removal of pesticides from the environment. En *Critical Reviews in Biotechnology* (Vol. 41, Número 3, pp. 317-338). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1853032

Bok, E., Mazurek-Popczyk, J., Wojciech, M., & Baldy-Chudzik, K. (2025). Extraintestinal traits of pathogenicity and sequence type lineages in commensal *Escherichia coli* from adults and young children: genotypic and phenotypic profiles. *Frontiers in Microbiology*, *16*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1579685

Botton, N., & Espinoza, S. (2021). *BIORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES DEL CANAL DEL RIO SURCO CONTAMINADOS CON ESCHERICHIA COLI MEDIANTE UN CONSORCIO MICROBIANO EN LA PLAYA "LOS DELFINES" - COSTA VERDE, MIRAFLORES LIMA - PERÚ*. – Tesis no publicada.

Cao, Z., Yan, W., Ding, M., & Yuan, Y. (2022). Construction of microbial consortia for microbial degradation of complex compounds. En *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1051233

Caracela, J., & Tapia, J. (2022). *TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DE RIEGO DEL RÍO SURCO MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA*.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Cárdenas, R. (2018). *CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y GENÉTICA DE AISLAMIENTOS DE Escherichia coli PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE CARTAGENA*.

Castillo, R. R., Alfaro Mudarra, V., Correa Acosta, S., Orozco Moreyra, J., & Campos Rivas, R. (2024). Calidad del ambiente marino costero de La Libertad, Perú. Agosto-octubre 2021. *Inf Inst Mar Perú*, *51*(2), 204-229.

Chambonniere, P., Bronlund, J. E., & Guieysse, B. (2022). Study from microcosms and mesocosms reveals *Escherichia coli* removal in high rate algae ponds during domestic wastewater treatment is primarily caused by dark decay. *PLoS ONE*, *17*(3 March). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265576

Chandrasena, G. I., Shirdashtzadeh, M., Li Y, L., Deletic, A., Hathaway, J. M., & McCarthy, D. T. (2017). *Retention and survival of E. coli in stormwater biofilters: Role of vegetation, rhizosphere microorganisms and antimicrobial filter media*.

Congreso de la República del Perú. (2005). *Ley General del Ambiente - Ley N.° 28611*.

Congreso de la República del Perú. (2009). *Ley de Recursos Hídricos - Ley Nº 29338*.

Congreso de la República del Perú. (2017). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - LEY Nº 27446*.

Desta, B. N., Tustin, J., Sanchez, J. J., Heasley, C., Schwandt, M., Bishay, F., Chan, B., Knezevic-Stevanovic, A., Ash, R., Jantzen, D., & Young, I. (2024). Environmental predictors of *Escherichia coli* concentration at marine beaches in Vancouver, Canada: a Bayesian mixed-effects modelling analysis. *Epidemiology and Infection*, *152*. https://doi.org/10.1017/S0950268824000311

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Devane, M. L., Moriarty, E., Weaver, L., Cookson, A., & Gilpin, B. (2020). Fecal indicator bacteria from environmental sources; strategies for identification to improve water quality monitoring. En *Water Research* (Vol. 185). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116204

DeVilbiss, S. E., Steele, M. K., Krometis, L. A. H., & Badgley, B. D. (2021). Freshwater salinization increases survival of *Escherichia coli* and risk of bacterial impairment. *Water Research*, *191*. https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116812

Devlin, M., Smith, A., Graves, C. A., Petus, C., Tracey, D., Maniel, M., Hooper, E., Kotra, K., Samie, E., Loubser, D., & Lyons, B. P. (2020). Baseline assessment of coastal water quality, in Vanuatu, South Pacific: Insights gained from in-situ sampling. *Marine Pollution Bulletin*, *160*. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111651

DIGESA. (2026). *Verano Saludable*. https://veranosaludable.minsa.gob.pe/.

Erb, I. K., Suarez, C., Frank, E. M., Bengtsson-Palme, J., Lindberg, E., & Paul, C. J. (2024). *Escherichia coli* in urban marine sediments: interpreting virulence, biofilm formation, halotolerance, and antibiotic resistance to infer contamination or naturalization. *FEMS Microbes*, *5*. https://doi.org/10.1093/femsmc/xtae024

Gianoli, A., Hung, A., & Shiva, C. (2019). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017. *Salud y Tecnología Veterinaria*, *6*(2), 62. https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3460

Giler, A., & Lamar, R. (2022). *EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES EN LA RESERVA MARINA EL PELADO*.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Grayver, A. V. (2021). Global 3-D Electrical Conductivity Model of the World Ocean and Marine Sediments. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *22*(9). https://doi.org/10.1029/2021GC009950

Gupta, P. K., & Gandhi, M. (2023). Bioremediation of Organic Pollutants in Soil–Water System: A Review. En *BioTech* (Vol. 12, Número 2). MDPI. https://doi.org/10.3390/biotech12020036

Hamad, M. T. M. H. (2023). Comparing the performance of Cyperus papyrus and Typha domingensis for the removal of heavy metals, roxithromycin, levofloxacin and pathogenic bacteria from wastewater. *Environmental Sciences Europe*, *35*(1). https://doi.org/10.1186/s12302-023-00748-x

Hernández, P., Ocampo, H., Galván, C., & Ríos, E. (2023). *Microbiota bacteriana cultivable del erizo de mar Hesperocidaris asteriscus, habitantede la zona mesofótica superior del cañon submarino de los Arcos, Puerto Vallarta*.

Huayanay-Quevedo, C. M., Basilio, V. A., & Cruz, A. G. S. (2022). Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima, y su potencial efecto en la salud pública. *Acta Medica Peruana*, *39*(1), 31-39. https://doi.org/10.35663/amp.2022.391.2305

INEI. (2022). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022*.

Instituto del Mar del Perú (IMARPE). (2025, diciembre 15). *Salinidad Superficial del Mar*. https://siofen.imarpe.gob.pe/nivel3/satelidad-salinidad-superficial-del-mar.

Javeed, F., Firdaus-e-Bareen, Shafiq, M., Nazir, A., & Scholz, M. (2025). Optimization of Selected Parameters in Vertical, Horizontal, and Hybrid Surface Flow Constructed Wetland Systems for Improving the Treatment Efficiency of Textile

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

and Sewage Effluents. *Water (Switzerland)*, *17*(3). https://doi.org/10.3390/w17030402

Jimenez, K., Kong, Y., Zhang, Y., Ferketic, D., Nagori, S. K., Yang, J., Yulo, A. A., Kramer, B., Prado, O. G., Cason, T., Chowdhry, R., Kemsley, A., Espinosa, L. M., Steele, J. A., Griffith, J., & Jay, J. A. (2025). Evaluation of a modified IDEXX method for antimicrobial resistance monitoring of extended Beta-lactamases-producing *Escherichia coli* in impacted waters near the U.S.-Mexico border. *One Health*, *20*. https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.100997

Korajkic, A., Wanjugi, P., & Harwood, V. J. (2013). Indigenous microbiota and habitat influence *Escherichia coli* survival more than sunlight in simulated aquatic environments. *Applied and Environmental Microbiology*, *79*(17), 5329-5337. https://doi.org/10.1128/AEM.01362-13

Lapa, K., Meli, E., & Lushnjari, K. (2024). Assessment of Water Quality in Vlora Bay by Measuring Physico-Chemical Parameters. *Časopis Pomorskog fakulteta Kotor - Journal of Maritime Sciences*, *25*(1), 111-119. https://doi.org/10.56080/jms240508

Ley, Y., Cheng, X.-Y., Ying, Z.-Y., Zhou, N.-Y., & Xu, Y. (2023). Characterization of Two Marine Lignin-Degrading Consortia and the Potential Microbial Lignin Degradation Network in Nearshore Regions. *Microbiology Spectrum*, *11*(3). https://doi.org/10.1128/spectrum.04424-22

Li, F., Xiong, X. S., Yang, Y. Y., Wang, J. J., Wang, M. M., Tang, J. W., Liu, Q. H., Wang, L., & Gu, B. (2021). Effects of NaCl Concentrations on Growth Patterns, Phenotypes Associated With Virulence, and Energy Metabolism in *Escherichia coli* BW25113. *Frontiers in Microbiology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705326

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Li, X., Wu, S., Dong, Y., Fan, H., Bai, Z., & Zhuang, X. (2021). Engineering microbial consortia towards bioremediation. En *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Número 20). MDPI. https://doi.org/10.3390/w13202928

Liri, H., Al-Kandary, D., & Al-Awadhi, J. (2023). *Evaluation of Seawater Quality of Kuwait Bay Using Physio-Chemical Parameters*.

Lizarzaburu, J. (2018). *Canales Surco y Huatica 2000 años regando vida Comisión de Usuarios Surco Huatica*.

Longo, C., Pierri, C., Mercurio, M., Trani, R., Cardone, F., Carbonara, P., Alfonso, S., & Stabili, L. (2022). Bioremediation Capabilities of Hymeniacidon perlevis (Porifera, Demospongiae) in a Land-Based Experimental Fish Farm. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(7). https://doi.org/10.3390/jmse10070874

Loor, Y. (2023). *CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ*.

Manetsberger, J., Caballero Gómez, N., Benomar, N., Christie, G., & Abriouel, H. (2020). Antimicrobial activity of environmental Bacillus spp. and Peribacillus spp. isolates linked to surfactin, fengycin, bacillibactin and lantibiotics. *International Journal of Biological Macromolecules*, *316*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144644

Manini, E., Baldrighi, E., Ricci, F., Grilli, F., Giovannelli, D., Intoccia, M., Casabianca, S., Capellacci, S., Marinchel, N., Penna, P., Moro, F., Campanelli, A., Cordone, A., Correggia, M., Bastoni, D., Bolognini, L., Marini, M., & Penna, A. (2022). Assessment of Spatio-Temporal Variability of Faecal Pollution along Coastal Waters during and after Rainfall Events. *Water (Switzerland)*, *14*(3). https://doi.org/10.3390/w14030502

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Manzanas, C., Morrison, E., Kim, Y. S., Alipanah, M., Adedokun, G., Jin, S., Osborne, T. Z., & Fan, Z. H. (2023). Molecular testing devices for on-site detection of E. coli in water samples. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-31208-4

Ministerio de Salud. (s. f.). *Playas Saludables*. https://veranosaludable.minsa.gob.pe/.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias - DS N° 004-2017-MINAM*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

Montero-Martínez, M. J., del Refugio Castañeda-Chávez, M., Lango-Reynoso, F., Navarrete-Rodríguez, G., & Martínez-Cárdenas, L. (2023). Removal of Pathogenic Bacteria in a Horizontally Fed Subsurface Constructed Wetland Hybrid System. *J*, *6*(3), 492-507. https://doi.org/10.3390/j6030032

Mora, D., Vega, J., & Gonzáles, A. (2018). *EVALUACIÓN DE RIESGO SANITARIO DE LAS PLAYAS DE COSTA RICA PERIODO 2010-2017*.

Municipalidad de Lima. (2022). *II.7.1 HISTÓRICO DE LA CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL Y SOCIAL*.

Municipalidad Metropolitana de Lima. (2014a). *Ordenanza N° 1850-2014-MML para la gestión ambiental integral de las playas del litoral de la provincia de Lima*. www.munlima.gob.pe

Municipalidad Metropolitana de Lima. (2014b). *Ordenanza para la gestión ambiental integral de las playas del litoral de la provincia de Lima*. www.munlima.gob.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Nahhal, D. El, El-Nahhal, I., Najar, H. Al, Al-Agha, M., & El-Nahhal, Y. (2021). Acidity, Electric Conductivity, Dissolved Oxygen Total Dissolved Solid and Salinity Profiles of Marine Water in Gaza: Influence of Wastewater Discharge. *American Journal of Analytical Chemistry*, *12*(11), 408-428. https://doi.org/10.4236/ajac.2021.1211025

Nair, R. R., & Andersson, D. I. (2023). Interspecies interaction reduces selection for antibiotic resistance in *Escherichia coli. Communications Biology*, *6*(1). https://doi.org/10.1038/s42003-023-04716-2

Nakhle, P., Boithias, L., Pando-Bahuon, A., Thammahacksa, C., Gallion, N., Sounyafong, P., Silvera, N., Latsachack, K., Soulileuth, B., Rochelle-Newall, E. J., Marcangeli, Y., Pierret, A., & Ribolzi, O. (2021). Decay rate of *Escherichia coli* in a mountainous tropical headwater wetland. *Water (Switzerland)*, *13*(15). https://doi.org/10.3390/w13152068

Neumann, R. B., Paredes Fernández, S., Andrews, L., & Alarcón, J. A. (2023). Influence of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) on Concentration and Distribution of *Escherichia coli* in Water Surrounding an Informal Floating Community in Iquitos, Peru. *GeoHealth*, *7*(4). https://doi.org/10.1029/2022GH000768

Nguyen, T. G., & Huynh, T. H. N. (2022). Assessment of surface water quality and monitoring in southern Vietnam using multicriteria statistical approaches. *Sustainable Environment Research*, *32*(1). https://doi.org/10.1186/s42834-022-00133-y

Nowicki, S., DeLaurent, Z. R., De Villiers, E. P., Githinji, G., & Charles, K. J. (2021). The utility of *Escherichia coli* as a contamination indicator for rural drinking water: Evidence from whole genome sequencing. *PLoS ONE*, *16*(1 January). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245910

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Núñez, V. A. R., Durán, A. de J. M., Camacho, R. V. S., & Cuello, J. Á. V. (2025). Impact of Hydraulic Retention Time on The Quality of Treated Effluents in A Horizontal Subsurface Flow Wetland. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, *19*(1), e010757. https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-031

Occhipinti, P. S., Russo, N., Foti, P., Pino, A., Randazzo, C. L., Pollio, A., & Caggia, C. (2024). An indigenous microalgal pool containing Klebsormidium sp. K39 as a stable and efficacious biotechnological strategy for *Escherichia coli* removal in urban wastewater treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *105*(2), 1288-1297. https://doi.org/10.1002/jsfa.13918

Ofori, K. F., Parsaeimehr, A., & Ozbay, G. (2025). Investigation of the presence and persistence of bacteria in seawater and oysters from an aquaculture farm in Rehoboth Bay, Delaware. *Microbiology Spectrum*, *13*(5). https://doi.org/10.1128/spectrum.03054-24

Oguadinma, I. C., Mishra, A., & Kumar, G. D. (2022). Sunlight Parameters Influence the Survival and Decline of Salmonella and *Escherichia coli* in Water. *Journal of Food Protection*, *85*(11), 1614-1624. https://doi.org/10.4315/JFP-22-042

Ortiz, M. (2017). *"La ciudad nos agrede": Gestionando conflictos por el agua en Lima Metropolitana. El caso del canal de riego Surco (2008 – 2016).*

Özdemir, N., Perktas, M., & Dondu, M. (2022). Evaluation of Surface Water Quality Parameters by Multivariate Statistical Analyses in Northern Coastal Line of Gökova Bay (Muğla, Turkey). *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 81-91. https://doi.org/10.25308/aduziraat.1035712

Palma-Gongora, Y. A., Zuta-Medina, F. V., & Gomez-Cunya, L. A. (2022). Concentration of fecal coliforms in marine waters using satellite images in the

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

vicinity of Pucusana. Bay, Peru. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1077*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1077/1/012005

Pellicanò, R., Brunetti, R., Toscano, T., Smeraldo, S., Baldi, L., Cavallo, S., Capone, S., & Colarusso, G. (2023). Risk valuation for E. coli contamination in Campania region shellfish from 2016 to 2021. *Heliyon*, *9*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21716

Perkins, T. L., Perrow, K., Rajko-Nenow, P., Jago, C. F., Jones, D. L., Malham, S. K., & McDonald, J. E. (2016). Decay rates of faecal indicator bacteria from sewage and ovine faeces in brackish and freshwater microcosms with contrasting suspended particulate matter concentrations. *Science of the Total Environment*, *572*, 1645-1652. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.076

Poquioma, J. (2023). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO RÍMAC PARTE BAJA DENTRO DEL MARCO DE LA EMERGENCIA SANITARIA COVID-19*.

Renganathan, P., Gaysina, L. A., García Gutiérrez, C., Rueda Puente, E. O., & Sainz-Hernández, J. C. (2025). Harnessing Engineered Microbial Consortia for Xenobiotic Bioremediation: Integrating Multi-Omics and AI for Next-Generation Wastewater Treatment. En *Journal of Xenobiotics* (Vol. 15, Número 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/jox15040133

Ridarto, A. K. Y., Zainuri, M., Helmi, M., Kunarso, K., Baskoro, B., Maslukah, L., Endrawati, H., Handoyo, G., & Koch, M. (2023). Assessment of Total Suspended Solid Concentration Dynamics Based on Geospatial Models as an Impact of Anthropogenic in Pekalongan Waters, Indonesia. *Buletin Oseanografi Marina*, *12*(1), 142-152. https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.51454

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Rojas-Vargas, J., Adaya, L., Silva-Jiménez, H., Licea-Navarro, A. F., Sanchez-Flores, A., Gracia, A., & Pardo-López, L. (2022). Oil-degrading bacterial consortium from Gulf of Mexico designed by a factorial method, reveals stable population dynamics. *Frontiers in Marine Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.962071

Rozirwan, Muda, H. I., & Ulqodry, T. Z. (2020). Short communication: Antibacterial potential of actinomycetes isolated from mangrove sediment in Tanjung api-api, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, *21*(12), 5723-5728. https://doi.org/10.13057/biodiv/d211232

Satiro, J., dos Santos Neto, A. G., Marinho, T., Sales, M., Marinho, I., Kato, M. T., Simões, R., Albuquerque, A., & Florencio, L. (2024). The Role of the Microalgae–Bacteria Consortium in Biomass Formation and Its Application in Wastewater Treatment Systems: A Comprehensive Review. En *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 14, Número 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/app14146083

Shah, M. F., Al Mamun, M. A., Hossain, M. T., Moniruzzaman, M., Yeasmine, S., Uddin, M. H., & Jasim Uddin, M. (2022). Clearance of *Escherichia coli* by the freshwater mussel Lamellidens marginalis in laboratory conditions. *Molluscan Research*, *42*(2), 128-134. https://doi.org/10.1080/13235818.2022.2070101

Southwell, R. V., Hilton, S. L., Pearson, J. M., Hand, L. H., & Bending, G. D. (2023). Water flow plays a key role in determining chemical biodegradation in water-sediment systems. *Science of the Total Environment*, *880*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163282

Stabili, L., Giangrande, A., Arduini, D., Borghese, J., Petrocelli, A., Alabiso, G., Ricci, P., Cavallo, R. A., Acquaviva, M. I., Narracci, M., Pierri, C., Trani, R., & Longo, C.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(2023). Environmental quality improvement of a mariculture plant after its conversion into a multi-trophic system. *Science of the Total Environment*, *884*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163846

Steven, J. A. C., Thorn, R. M. S., Robinson, G. M., Turner, D., Lee, J. E., & Reynolds, D. M. (2022). The control of waterborne pathogenic bacteria in fresh water using a biologically active filter. *npj Clean Water*, *5*(1). https://doi.org/10.1038/s41545-022-00169-y

Sutti, B. O., Guimarães, L. L., Borges, R. P., & Braga, E. de S. (2022). River Flows Influence on Nutrients (Si, N and P) and Fecal Coliforms (E. coli) in Two Tributaries of the Estuarine Channel of Bertioga (Santos Estuary, São Paulo, Brazil). *Journal of Geoscience and Environment Protection*, *10*(06), 26-46. https://doi.org/10.4236/gep.2022.106003

Tambi, A., Brighu, U., & Gupta, A. B. (2023). Methods for detection and enumeration of coliforms in drinking water: a review. *Water Supply*, *23*(10), 4047-4058. https://doi.org/10.2166/ws.2023.247

Tang, M. L. Y., & Lau, S. C. K. (2023). Effects of chlorination on the survival of sewage bacteria in seawater microcosms. *Environmental Microbiology Reports*, *16*(1). https://doi.org/10.1111/1758-2229.13216

Vergara-Chen, C., Guevara, B., Zúñiga, M., & González, Y. (2023). Calidad del agua de una playa del Pacífico de Panamá: condiciones fisicoquímicas y bacterias fecales. *I+D Tecnológico*, *19*(2), 94-100. https://doi.org/10.33412/idt.v19.2.3826

Yon, V., & Arenas, J. (2024). Evaluación de la calidad del agua en el canal Surco de la Zona de Reglamentación Especial del Humedal Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability*, e090-e090. https://doi.org/10.21142/ss-0501-2024-e090

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Zheng, Z., Fu, Y., Liu, K., Xiao, R., Wang, X., & Shi, H. (2018). Three-stage vertical distribution of seawater conductivity. *Scientific Reports*, *8*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-018-27931-y

Zurita, F., & Carreón-Álvarez, A. (2015). Performance of three pilot-scale hybrid constructed wetlands for total coliforms and *Escherichia coli* removal from primary effluent - A 2-year study in a subtropical climate. *Journal of Water and Health*, *13*(2), 446-458. https://doi.org/10.2166/wh.2014.135

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

X. ANEXOS

Anexo 1. Resolución Directoral con Exoneración del comité de ética del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 112-2023-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 20 de julio del 2023

VISTO:
El informe de revisión académica independiente del proyecto de tesis titulado: ***"Biorremediación microbiana de agua de mar contaminada con Escherichia coli en el litoral de Lima"*** presentado por:

- **Zdenka Carolina Vlasica Cartulin**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, según la modalidad elegida, es necesario la realización y sustentación de una tesis.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***"Biorremediación microbiana de agua de mar contaminada con Escherichia coli en el litoral de Lima"*** con N° de registro: **PRE-11-2022-00434,** y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Susan Mery Medina Canzio** como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

T // (511) 610 6738
informes@cientificaedu.pe
cientificaedu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 2. Carta de exoneración de evaluación por el comité de ética del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CARTA DE EXONERACIÓN DE EVALUACIÓN POR COMITÉ DE ÉTICA

Lima, 20 de julio del 2023.

Estimado Director Académico de la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca.

Luego de la lectura, como responsable de investigación, indico que el proyecto titulado **"Biorremediación microbiana de agua de mar contaminada con Escherichia coli en el litoral de Lima"** con N° de registro: **PRE-11-2022-00434** de la tesista **Zdenka Carolina Vlasica Cartulin,** no será enviado al Comité de ética por estar exonerado según la Resolución Directoral No. 008-DGIDI-CIENTIFICA-2023 al estar dentro de la categoría descrita en el numeral 2, análisis de bases de datos y por no incluir a seres humanos ni animales en su análisis.

En particular, las bases de datos pueden provenir de organismos gubernamentales o empresas privadas. Pueden ser de acceso público o pueden ser obtenidas mediante una solicitud o por convenios institucionales. El tesista toma esta base de datos, la analiza y realiza conclusiones. El tesista deberá obtener la autorización institucional, cuando corresponda, y adjuntarla en la versión final de la tesis.

Habiendo cumplido con el proceso y los requerimientos se solicita la emisión de la resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis mencionado.

Sin otro particular, atentamente me despido.

Mg. Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Responsable de Investigación
Ingeniería Ambiental
Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación

T// (01) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 3. Constancia de aprobación ética N° 85-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019 del proyecto de investigación con código 030-2019-PRO99

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 85-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro:	**030-2019-PRO99**
Título:	**Remediación de agua y recuperación de aguas contaminadas con *Escherichia coli* en la playa "Los Delfines" - Costa Verde, Miraflores – Lima**
Investigador(a) líder:	**Susan Mery Medina Canzio**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 24 de febrero del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 15 de agosto de 2019

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad
UCSUR

Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 4. Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad Distrital de Miraflores y la Universidad Científica del Sur S.A.C

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MIRAFLORES Y LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR S.A.C.

Conste por el presente documento, la celebración del Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional que celebran, de una parte, la **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MIRAFLORES**, con RUC N° 20131377224, con domicilio legal en la Av. José Larco N° 400, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima, debidamente representada por su Alcalde, señor **LUIS ALFONSO MOLINA ARLES**, identificado con DNI N° 09167980, reconocido como tal para el gobierno municipal 2019-2022, según credencial otorgada el 09 de noviembre de 2018 por el Jurado Electoral Especial de Lima Oeste 2, a quien en adelante se le denominará **LA MUNICIPALIDAD**; y de la otra parte, la **UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR S.A.C.**, con R.U.C. N° 20421239275, con domicilio legal en la Carretera Antigua Panamericana Sur Km. 19, distrito de Villa El Salvador, provincia y departamento de Lima, debidamente representada por su Gerente General, señor **LUIS JAVIER CARDÓ SORIA**, identificado con DNI N° 07201804, con poder inscrito en la Partida N° 11582738 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima, a quien en lo sucesivo se denominará **LA UNIVERSIDAD**.

Toda referencia a **LA MUNICIPALIDAD** y **LA UNIVERSIDAD**, en forma conjunta, se entenderá como **LAS PARTES**, las mismas que acuerdan celebrar el presente convenio específico, en los términos y condiciones siguientes:

CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES

1.1. LA MUNICIPALIDAD es el órgano de gobierno local con personería jurídica de derecho público con autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia, que al amparo de lo dispuesto por el artículo IV del Título Preliminar de la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, tiene como finalidad representar al vecindario, promover la adecuada prestación de los servicios públicos locales, y el desarrollo integral, sostenible y armónico de su circunscripción, viabilizando el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental, logrando así una mejor calidad de vida en una ciudad saludable, segura y ordenada.

1.2. LA UNIVERSIDAD es una institución de derecho privado, comprometida en lograr el más alto nivel y adecuado equilibrio entre la excelencia académica, el compromiso social y el fortalecimiento institucional, realiza diversas actividades orientadas al fortalecimiento de la docencia, servicio, investigación y difusión de la cultura y el conocimiento de los campos de su competencia, salud, educación, ciencia y tecnología. La Facultad de Ciencias de la Salud, a través de las carreras de pregrado se centra en el cuidado y mejoramiento de la vida humana, desde la parte biológica y psicológica. La carrera de salud por excelencia es Medicina; sin embargo, dentro de sus otras opciones se encuentran las de Odontología, Obstetricia, Enfermería y Nutrición, que tienen como objetivo formar profesionales preparados para diagnosticar, prevenir, gestionar y mitigar los problemas de la salud pública por las actividades humanas, así como diseñar planes y programas para la salud en el campo de la salud humana, las ciencias de la salud con un enfoque de sostenibilidad a favor de la salud y vida humana.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Es así como, sobre la base de lo indicado anteriormente, **LAS PARTES** se encuentran facultadas a celebrar convenios interinstitucionales para la mejora de la calidad de la salud humana.

1.3. Con fecha 11 de junio de 2018, **LA MUNICIPALIDAD** y **LA UNIVERSIDAD** suscribieron un Convenio Marco Interinstitucional, que tiene por objeto la colaboración conjunta entre **LAS PARTES** para el desarrollo de actividades, eventos, campañas, proyectos, cursos, talleres y programas con la finalidad de fomentar la educación, cultura y ciudadanía ambiental para la comunidad del distrito y los alumnos de la universidad.

En virtud al citado Convenio Marco, se extiende este convenio específico para llevar a cabo la ejecución de las actividades establecidas en el presente instrumento legal.

CLÁUSULA SEGUNDA: BASE LEGAL

2.1. Constitución Política del Perú.
2.2. Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
2.3. Ley N° 28044, Ley General de Educación.
2.4. Decreto Supremo N° 011-2012-ED, aprueban el Reglamento de la Ley N° 28044.
2.5. Ley N° 30220, Ley Universitaria.
2.6. Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, cuyo Texto Único Ordenado fuera aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2019-JUS.
2.7. Otros dispositivos legales aplicables.

CLÁUSULA TERCERA: FINALIDAD

LAS PARTES reconocen que el derecho a la salud es indiscutiblemente uno de los derechos fundamentales y básicos. Sin él, es difícil o imposible acceder a otros derechos más complejos como es el social y el político.

Es por ello que, no sólo en las Declaraciones Universales, el derecho a la salud aparece entre los primeros derechos fundamentales, sino también en las Constituciones o Cartas Magnas que organizan las distintas normativas nacionales y que finalmente acaban asumiendo las distintas estructuras de gobiernos regionales y/o locales, más cercanas al usuario de todo servicio en las ciencias de la salud pública.

En consecuencia, la finalidad del presente convenio específico es contribuir a la mejora de la calidad de la salud humana mediante la realización de diagnósticos, evaluaciones, análisis, seguimiento y vigilancia de la situación de la salud pública; así como también la promoción, investigación, control de riesgos y daños en las ciencias de la salud pública.

CLÁUSULA CUARTA: OBJETIVO

El presente convenio, entre **LA MUNICIPALIDAD** y **LA UNIVERSIDAD**, tiene como objeto desarrollar actividades conjuntas de colaboración en el rubro de las ciencias de la salud pública, por medio de la cooperación y el intercambio de información en aquellas áreas de trabajo antes mencionadas en que cada entidad tiene experiencia, que permitan desarrollar de manera conjunta actividades a favor de la salud pública, en línea, tales como talleres, cursos, capacitaciones, voluntariado, orientadas hacia el rubro de la ciencias de la salud, entre otros, a los docentes, estudiantes de las instituciones públicas y privadas, y vecinos del distrito de Miraflores, complementando

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

así sus esfuerzos institucionales para la generación de programas y proyectos que contribuyan al fortalecimiento de la vinculación con la colectividad, enfocada al desarrollo económico y social del distrito.

CLAÚSULA QUINTA: DE LA COLABORACIÓN RECÍPROCA

LAS PARTES tiene el deber de trabajar coordinadamente para el desarrollo de actividades en el rubro de las ciencias de la salud pública que fomenten la concientización y ejecución de prácticas sostenibles. La colaboración recíproca involucra el seguimiento y necesidades de otra índole que se requiera para la ejecución de las actividades programadas en el marco del desarrollo de una ciudad sostenible, de acuerdo con la disponibilidad presupuestal y financiera de cada una de las partes.

CLÁUSULA SEXTA: DE LOS COMPROMISOS DE LAS PARTES

Para el cumplimiento del objeto del presente convenio, **LA MUNICIPALIDAD** y **LA UNIVERSIDAD** asumen los siguientes compromisos:

LAS PARTES asumen sus costos de acuerdo a sus funciones y actividades.

6.1. LA MUNICIPALIDAD se compromete a:

6.1.1. Coordinar previamente con **LA UNIVERSIDAD** las actividades a realizar, de acuerdo con el objetivo del presente convenio.

6.1.2. Desarrollar de forma conjunta, una vez al año, durante el tiempo de duración de este convenio, una reunión para evaluar los compromisos y proyectos desarrollados en este documento.

6.1.3. Realizar la difusión masiva de proyectos, cursos, talleres, capacitaciones y programas realizados en el marco del presente convenio a través de los canales digitales de comunicación, redes sociales y la web institucional, según la disponibilidad de dichas herramientas y la aprobación por parte de la Gerencia de Comunicaciones e Imagen Institucional, quien también será quien autorice toda pieza gráfica diseñada materia del presente convenio; previa a la impresión y/o utilización en cualquier canal de comunicación existente.

6.1.4. En la medida de sus posibilidades y en tanto se encuentre vigente este convenio, brindar ambientes para el desarrollo de actividades educativas en salud pública motivadas en el presente convenio.

6.2. LA UNIVERSIDAD se compromete a:

6.2.1. Realizar actividades académicas de mutuo interés, en línea, tales como cursos, capacitaciones, talleres, programas de voluntariado, en el rubro de las ciencias de la salud pública, para docentes, estudiantes de las instituciones educativas públicas y privadas, vecinos del distrito y trabajadores de la Municipalidad de Miraflores a desarrollarse en coordinación con **LA MUNICIPALIDAD**, entre otras que se puedan ir implementando.

6.2.2. Respaldar y apoyar de manera expresa, el contenido y la ejecución del presente convenio.

6.2.3. Promocionar y publicar por sus canales internos y medios de comunicación el objeto del presente convenio.

6.3. LAS PARTES se comprometen a:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

6.3.1. Difundir las actividades realizadas en conjunto, a través de los diversos medios internos y externos de ambas instituciones.
6.3.2. Desarrollar proyectos en el rubro de las ciencias de la salud que beneficien a ambas partes o en su defecto a la comunidad miraflorina.
6.3.3. Utilizar y promocionar las marcas de ambas partes en las actividades organizadas en conjunto como proyectos, eventos, charlas y conferencias.

CLÁUSULA SÉTIMA: DE LA DESIGNACIÓN DE LOS COORDINADORES INSTITUCIONALES

LAS PARTES designan a sus representantes institucionales, quienes tendrán la responsabilidad de realizar las coordinaciones necesarias a través de sus funcionarios encargados para garantizar el cumplimiento del presente convenio y de los planes de trabajos respectivos:

7.1. Por **LA MUNICIPALIDAD:** El (la) Gerente (a) de Desarrollo Humano o a quien delegue dicha representación.
7.2. Por **LA UNIVERSIDAD**: El (la) Director (a) de la Facultad de las Ciencias de la Salud o quien se designe.

Todo cambio en la designación de los coordinadores deberá ser comunicado a la otra parte por escrito en el domicilio indicado en la introducción del presente convenio específico dentro del plazo de diez (10) días hábiles, contados desde el día siguiente en que cualquiera de **LAS PARTES** disponga el mencionado cambio.

CLÁUSULA OCTAVA: VIGENCIA DEL CONVENIO:

El presente convenio tendrá vigencia de un (1) año, computado a partir de la fecha de su suscripción.

LAS PARTES aceptan que el presente convenio podrá ser renovado mediante adendas, por acuerdo mutuo y con la aprobación previa del Concejo Municipal de Miraflores, por lo que la solicitud de renovación debe ser comunicada por escrito a la otra parte, formalmente y por escrito, con una anticipación no menor de treinta (30) días calendario anteriores a la fecha de vencimiento del presente convenio.

CLÁUSULA NOVENA: DEL FINANCIAMIENTO

LAS PARTES declaran que el presente convenio específico no genera compromisos ni obligaciones financieras entre ambas. Los recursos que se requieran para la ejecución de las actividades establecidas en el marco del objetivo del presente convenio, al que se comprometen **LAS PARTES,** serán asumidos por cada entidad de manera independiente, de acuerdo a su disponibilidad presupuestal.

CLÁUSULA DÉCIMA: RELACIÓN LABORAL

Las partes convienen que de darse el caso, el personal seleccionado para la ejecución del presente convenio dependerá exclusivamente de aquella entidad que lo contrató, designó o empleó, siendo dicha entidad quien asuma la responsabilidad por este concepto, no pudiéndosele considerar empleadores o contratante solidarios o sustitutos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CLÁUSULA DÉCIMO PRIMERA: LIBRE ADHESIÓN Y SEPARACIÓN

LAS PARTES declaran expresamente que el presente convenio es de libre adhesión y separación para **LAS PARTES**, en cumplimiento del numeral 88.3 del artículo 88° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por el Decreto Supremo N° 004-2019-JUS. En consecuencia, cualquiera de las partes podrá separarse libremente y dar por concluido el presente convenio sin expresión de causa, debiendo comunicar por escrito tal decisión a la otra parte con una anticipación no menor de treinta (30) días calendario, surtiendo efectos vencido dicho plazo. En este caso, la conclusión del convenio no perjudicará la continuación de las actividades iniciadas que se encuentren pendientes de concluir.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA: DE LA RESOLUCIÓN DEL CONVENIO:

El presente convenio podrá concluirse mediante aviso previo y por escrito cursado a la otra parte con una anticipación no menor de treinta (30) días calendario, por las siguientes causales:

12.1. Por mutuo acuerdo.
12.2. Por incumplimiento de cualquiera de **LAS PARTES** de las obligaciones asumidas mediante el presente convenio.
12.3. Por caso fortuito o fuerza mayor debidamente comprobadas y de conformidad con las disposiciones previstas en el Código Civil.

Asimismo, la resolución del convenio no interrumpirá la culminación de las actividades en curso, no eximiendo a **LAS PARTES** de las responsabilidades contractuales o convencionales que correspondan a los compromisos asumidos con terceros, en función o seguimiento del presente convenio específico.

CLÁUSULA DÉCIMO TERCERA: DE LAS MODIFICACIONES DEL CONVENIO

13.1. De considerarse necesaria la modificación, precisión, variación o ampliación de los términos del presente convenio específico, éstas se realizarán mediante adendas, las cuales deberán ser previamente comunicadas por escrito a la otra parte, con una anticipación de quince (15) días calendario, coordinadas y suscritas por ambas partes, para lo cual será necesario, también previamente, contar con el respectivo sustento técnico legal y con la aprobación del Concejo Municipal.

13.2. Las adendas surtirán eficacia desde la fecha de su suscripción y formarán parte integrante del presente convenio.

CLÁUSULA DÉCIMO CUARTA: SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Cualquier aspecto no previsto en el presente convenio y/o cualquier controversia relacionada a su aplicación o interpretación, serán solucionados en forma armoniosa, mediante el entendimiento directo, según las reglas de la buena fe y común intención de las partes, procurando para tal efecto la máxima colaboración para su solución.

Sin perjuicio de lo anterior, las controversias que no pudieran solucionarse por el mecanismo señalado, serán resueltas en la vía de la conciliación; de no llegar a un acuerdo o frente a un acuerdo parcial, los puntos controvertidos serán sometidos a Arbitraje de Derecho a cargo de un Tribunal Arbitral Institucional, en la ciudad de Lima,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

el mismo que oportunamente será designado por **LAS PARTES**.

CLÁUSULA DÉCIMO QUINTA: DOMICILIOS

LAS PARTES señalan como sus domicilios los que se indican en la introducción del presente documento y en ellos surtirán efectos todas las comunicaciones o notificaciones que se cursen con ocasión del presente convenio.

Cualquier variación de domicilio surtirá sus efectos desde el día siguiente de su notificación por escrito a la otra parte.

En señal de conformidad con el contenido del presente convenio, **LAS PARTES** lo suscriben en dos (2) ejemplares de igual valor a los 08 días del mes de ENERO del año 2021.

MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES - OSCAR LOZAN LUYO - Gerente - V°B° - Gerencia Municipal

MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES - LUIS ALBERTO LLANOS ONCE - Gerente - V°B° - Gerencia de Desarrollo Humano

MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES - ANDRES AUGUSTO PALOMINO MARQUEZ - Gerente - V°B° - Gerencia de Asesoría Jurídica

MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES - LUIS CARLOS ESPINO CUMPA - Subgerente - V°B° - Subgerencia de Salud y Riesgos Sociales

LUIS ALFONSO MOLINA ARLES
Alcalde
MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES

LUIS JAVIER CARDO SORIA
Gerente General
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR S.A.C.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 5. Recorrido del río Surco en color amarillo y recorrido del canal Lince 01 en color naranja

Fuente: Supervisor de la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Surco – Huatica

(CUSH)



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 6. Informes de ensayo de laboratorio R-LAB S.A.C

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 103

INFORME DE ENSAYO N° 2204039A

Código de Laboratorio		2204039A-01	2204039A-02	2204039A-03	2204039A-04
Identificación de la Muestra		S10.09	S2A.09	S3A.09	S4A.09
(1)Descripción del Punto de Muestreo		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(1)Fecha y hora de muestreo		9/04/2022 10:02	9/04/2022 10:51	9/04/2022 10:56	9/04/2022 11:00
(1)Ubicación Geográfica (WGS-84)		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados	
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	49×10^{3}	$>1939\times10^{2}$	$>1939\times10^{2}$	$>1600\times10^{2}$
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(1) Datos proporcionados por el cliente.

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 G - 1, 23rd Ed.	Multiple –Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. Escherichia coli Test (Indole Production)	2017

Fin del documento

Paola del Pilar Illescas Visurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 365 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro Nº LE - 103

INFORME DE ENSAYO
N° 2204108A

Cliente	:	**ZDENKA CAROLINA VLASICA CARTULIN**		
Dirección del Cliente	:	NO INDICA		
(1) Usuario	:	NO APLICA		
Lugar de Muestreo	:	LABORATORIO UCSUR		
N° de Orden de Trabajo	:	2204015		
Tipo de Matriz y/o Producto	:	AGUA SALINA - AGUA DE MAR		
Muestreo Realizado por	:	ZDENKA CAROLINA VLASICA CARTULIN		
Procedimiento de Muestreo	:	NO APLICA		
Instructivo de Muestreo	:	NO APLICA		
Referencia al Plan de Muestreo	:	NO APLICA		
Número de Muestras	:	16		
Fecha de Recepción	:		16/04/2022	
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	:	16/04/2022	al	19/04/2022

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(1): Dato proporcionado por el cliente

Fecha de emisión : 22/04/2022

Paola del Pilar Illescas Visurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2204108A

Código de Laboratorio			2204108A-01	2204108A-02	2204108A-05	2204108A-04
Identificación de la Muestra			01A.16	01B.16	01C.16-1	01C.16-2
(1)Descripción del Punto de Muestreo			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(1)Fecha y hora de muestreo			15/04/2022 09:58	15/04/2022 09:00	15/04/2022 09:03	15/04/2022 09:05
(1)Ubicación Geográfica (WGS-84)			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto			AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados		
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio			2204108A-05	2204108A-06	2204108A-07	2204108A-08
Identificación de la Muestra			02A.16	02B.16	02C.16-1	02C.16-2
(1)Descripción del Punto de Muestreo			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(1)Fecha y hora de muestreo			15/04/2022 09:08	15/04/2022 09:12	15/04/2022 09:15	15/04/2022 09:18
(1)Ubicación Geográfica (WGS-84)			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto			AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados		
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s): Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(1) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illescas Tourrengo
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8960

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 8533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítanos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 103

INFORME DE ENSAYO N° 2204108A

Código de Laboratorio			2204108A-09	2204108A-10	2204108A-11	2204108A-12
Identificación de la Muestra			S3A-16	S3B-16	S3C-16-1	S3C-16-2
(*)Descripción del Punto de Muestreo			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(*)Fecha y hora de muestreo			16/04/2022 09:20	16/04/2022 09:22	16/04/2022 09:25	16/04/2022 09:27
(*)Ubicación Geográfica (WGS-84)			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto			AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio			2204108A-13	2204108A-14	2204108A-15	2204108A-16
Identificación de la Muestra			S4A-16	S4B-16	S4C-16-1	S4C-16-2
(*)Descripción del Punto de Muestreo			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(*)Fecha y hora de muestreo			16/04/2022 09:31	16/04/2022 09:33	16/04/2022 09:36	16/04/2022 09:38
(*)Ubicación Geográfica (WGS-84)			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto			AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(*) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illacon Ysurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 296
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE -103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2204108A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	SMEWW-A/P/H- AWWA-WEF Part 9221 G -2, 23rd Ed.	Multiple –Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. Escherichia coli Test (Indole Production)	2017

Fin del documento

Paola del Pilar Illescas Vizarreaga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8850

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 8533 / Moviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro Nº LE - 103

INFORME DE ENSAYO N° 2204167A

Cliente	:	**ZDENKA CAROLINA VLASICA CARTULIN**		
Dirección del Cliente	:	NO INDICA		
(1) Usuario	:	NO APLICA		
Lugar de Muestreo	:	LABORATORIO UCSUR		
N° de Orden de Trabajo	:	2204015		
Tipo de Matriz y/o Producto	:	AGUA SALINA - AGUA DE MAR		
Muestreo Realizado por	:	ZDENKA CAROLINA VLASICA CARTULIN		
Procedimiento de Muestreo	:	NO APLICA		
Instructivo de Muestreo	:	NO APLICA		
Referencia al Plan de Muestreo	:	NO APLICA		
Número de Muestras	:	16		
Fecha de Recepción	:	23/04/2022		
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	:	23/04/2022	al	26/04/2022

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(1): Dato proporcionado por el cliente

Fecha de emisión : 29/04/2022

Paola del Pilar Illescas Navarrete
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 386 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2204167A

Código de Laboratorio				2204167A-01	2204167A-02	2204167A-03	2204167A-04
Identificación de la Muestra				S1A.23	S1D.23	S1C.23-1	S1C.23-2
[1]Descripción del Punto de Muestreo				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
[1]Fecha y hora de muestreo				23/04/2022 09:23	23/04/2022 09:25	23/04/2022 09:28	23/04/2022 09:29
[1]Ubicación Geográfica (WGS-84)				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio				2204167A-05	2204167A-06	2204167A-07	2204167A-08
Identificación de la Muestra				S2A.23	S2B.23	S2C.23-1	S2C.23-2
[1]Descripción del Punto de Muestreo				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
[1]Fecha y hora de muestreo				23/04/2022 09:30	23/04/2022 09:32	23/04/2022 09:34	23/04/2022 09:35
[1]Ubicación Geográfica (WGS-84)				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método
N/A: No Aplica; por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(1) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illescas Visarruga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INACAL D.A. - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2204167A

Código de Laboratorio				2204167A-09	2204167A-10	2204167A-11	2204167A-12
Identificación de la Muestra				83A 23	83B 23	83C 23-1	83C 23-2
(*)Descripción del Punto de Muestreo				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(*)Fecha y hora de muestreo				23/04/2022 09:37	23/04/2022 09:38	23/04/2022 09:40	23/04/2022 09:42
(*)Ubicación Geográfica (WGS-84)				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio				2204167A-13	2204167A-14	2204167A-15	2204167A-16
Identificación de la Muestra				84A 23	84B 23	84C 23-1	84C 23-2
(*)Descripción del Punto de Muestreo				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
(*)Fecha y hora de muestreo				23/04/2022 09:45	23/04/2022 09:46	23/04/2022 09:48	23/04/2022 09:50
(*)Ubicación Geográfica (WGS-84)				NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA SALINA - AGUA DE MAR			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.
N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(*) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illescas Fitzmaya
JEFE DE LABORATORIO DE MM
CBP 5350

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-103

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2204167A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de versión o Edición
Escherichia coli por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 B -2, 23rd Ed.	Multiple –Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. Escherichia coli Test (Mobile Production)	2017

Fin del documento

Paola del Pilar Arescua Villarroya
JEFE DE LABORATORIO DE MIH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Moviles: 972 733 385 / 913 012 296
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 7. Ficha técnica del consorcio bacteriano BioEcol ProQbac

FICHA TÉCNICA

Código: BS - 09	Version: 00
Fecha de aprobación:	03/08/2022

Phartec

BioEcol ProQbac

[Consorcio bacteriano para la degradación de materia orgánica]

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Consorcio bacteriano líquido muy activo diseñado específicamente para acelerar la degradación de la materia orgánica en procesos de compostaje, ensilado, biodigestores, tratamiento de efluentes, aguas residuales, pozos sépticos y de mortalidad, reducción del nivel de amoniaco en galpones de aves (broilers, ponedoras, reproductoras), cerdos y vacunos.

Es un producto 100% natural, desarrollado y fabricado en USA por Ecological Laboratories; está compuesto por bacterias vivas no patógenas facultativas, aerobias, anaerobias suspendidas en un medio líquido a pH neutro.

2. COMPOSICIÓN

Composición bacterial

Bacterias	Función
Rhodopseudomonas palustris	Sintetizadora de aminoácidos, azúcares y ácidos nucleicos, fijadora de nitrógen. Degradadora de compuestos orgánicos e inorgánicos.
Bacillus subtilis	De fácil adaptabilidad a medios extremos. Degradadora de compuestos orgánicos. Potenciadoras de suelo, biofungicida de amplio espectro.
Bacillus amyloliquifaciens	Degrador de compuestos orgánicos complejos, como los almidones. Productora de subtilisinas.
Bacillus licheniformes	De fácil adaptabilidad a medios extremos. Degradador de celulosa. Biofungicida.
Bacillus pumilus	Degradadora de carbohidratos, controladora de plagas, fijadora de nitrógeno, controlador de plagas.
Streptomyces higroscopycus	Mejorador de suelo para la retención del agua, controlador biológico de plagas.
Pseudomonas citronellolis	Degradadora de compuestos orgánicos simples y complejos; y derivados del petróleo, terpenos, organoclorados u organofosforados.
Pseudomonas sutzeri	Degradadora de compuestos orgánicos simples y complejos.
Nitrobacter sp	Degrada compuestos orgánicos simples y complejos, así como Nitritos a Nitratos.
Nitropseudomonas sp	Degrada compuestos orgánicos simples y complejos, así como Nitritos a Nitratos.

3. MODO DE ACCIÓN

BioEcol® ProQbac® es una combinación de bacterias vivas suspendidas en un medio líquido, concentradas por métodos científicos, para usos industriales, agropecuarios y domésticos. Es un degradador biológico no patógeno de amplio espectro debido a su gran contenido de

Calle Doña Ana N° 393 - Urb. Los Rosales - Surco - Lima - Perú
Teléfono: (051) 271-7616 - **Email:** lima@phartecperu.com

PHARTEC S.A.C.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

bacterias facultativas en edad adulta, lo que le da la habilidad de adaptarse con facilidad a diferentes ambientes.

Funciona como oxidante de sulfuros, y degradador de amoníaco, lo que ayuda a controlar los malos olores, así mismo ayuda a reducir la DBO y DQO mediante la eficiente degradación de compuestos orgánicos, lo que lo hace un elemento fundamental para el tratamiento de aguas, y manejo de residuos orgánicos (mortalidad avícola, estiércol, etc.)
Es sencillo de usar, ya que no requiere de activación ni preparación, solo se agita y se dosifica. No necesita refrigeración.

4. APLICACIÓN Y DOSIS

Compostación de residuos orgánicos (mortalidad)

- 1 litro de **BioEcol® ProQbac®** en 20 litros de agua para 1 TM de material aplicado con una mochila aspersora.
- Según avance el proceso de degradación, repetir la aplicación del **BioEcol® ProQbac®** las veces necesarias hasta su culminación.

Silos de mortalidad

- Aplicar 1 galón de **BioEcol® ProQbac®** diluido en 1 cilindro de agua como carga inicial.
- Realizar recargas mensuales de ½ galón, diluido en 100 litros de agua.

Pozas de oxidación (purines)

- Aplicar 1 galón por cada 30 a 40 m^3 de volumen como carga inicial, fraccionado semanalmente para el primer mes.
- Aplicar dosis de mantenimiento quincenales o mensuales proporcionales al volumen de ingreso.

Control de amoniaco en galpones

- Aplicar 10 ml/litro de agua (200 ml/mochila aspersora de 20 litros) a razón de 100 ml de solución por m^2.
- Repetir la aplicación a los 4 días si el nivel de amoniaco se mantiene elevado.
- Revisar el programa de ventilación (manejo de cortinas, extractores), nivel de humedad, etc.

Control de amoniaco en cama profunda y corrales

- Aplicar 20 ml/litro de agua (400 ml/mochila aspersora de 20 litros) a razón de 100 ml de solución por m^2.

5. CONTRAINDICACIONES

No aplica.

6. PERIODO DE RETIRO

No tiene periodo de retiro

7. PRESENTACIÓN

Galón americano (3.785 litros).

8. ALMACENAMIENTO

Almacenar **BioEcol® ProQbac®** bajo techo, sobre paletas en lugar ventilado y alejado de la luz solar. No necesita refrigeración.

9. REQUISITOS LEGALES

Registro de Senasa no requiere.

Phartec

Calle Doña Ana N° 393 - Urb. Los Rosales - Surco - Lima - Perú
Teléfono: (051) 271-7616 - **Email:** lima@phartecperu.com

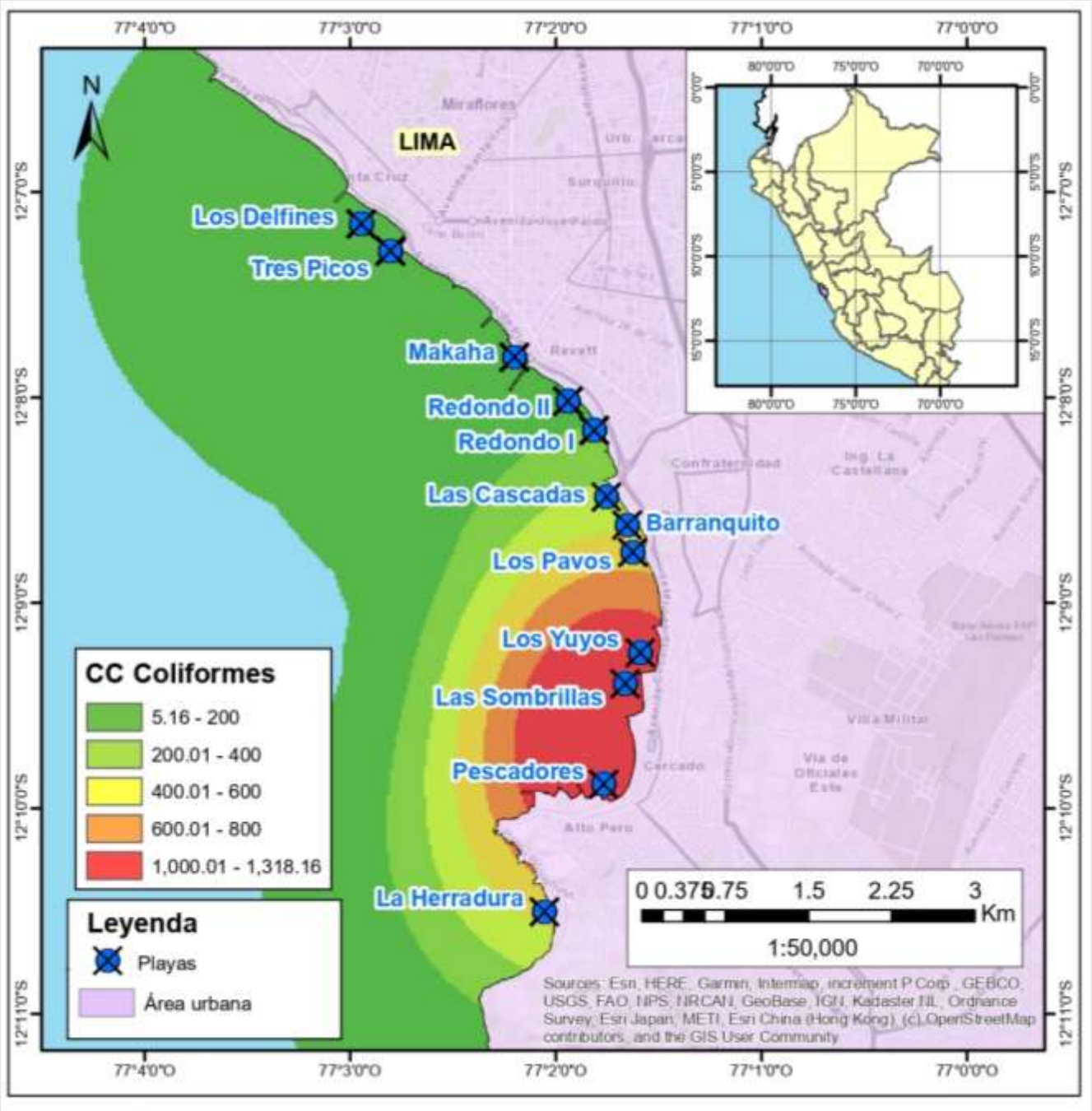
PHARTEC S.A.C.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 8. Mapa de presencia de Coliformes (*E. coli*) en las playas de la Costa Verde en el año 2022

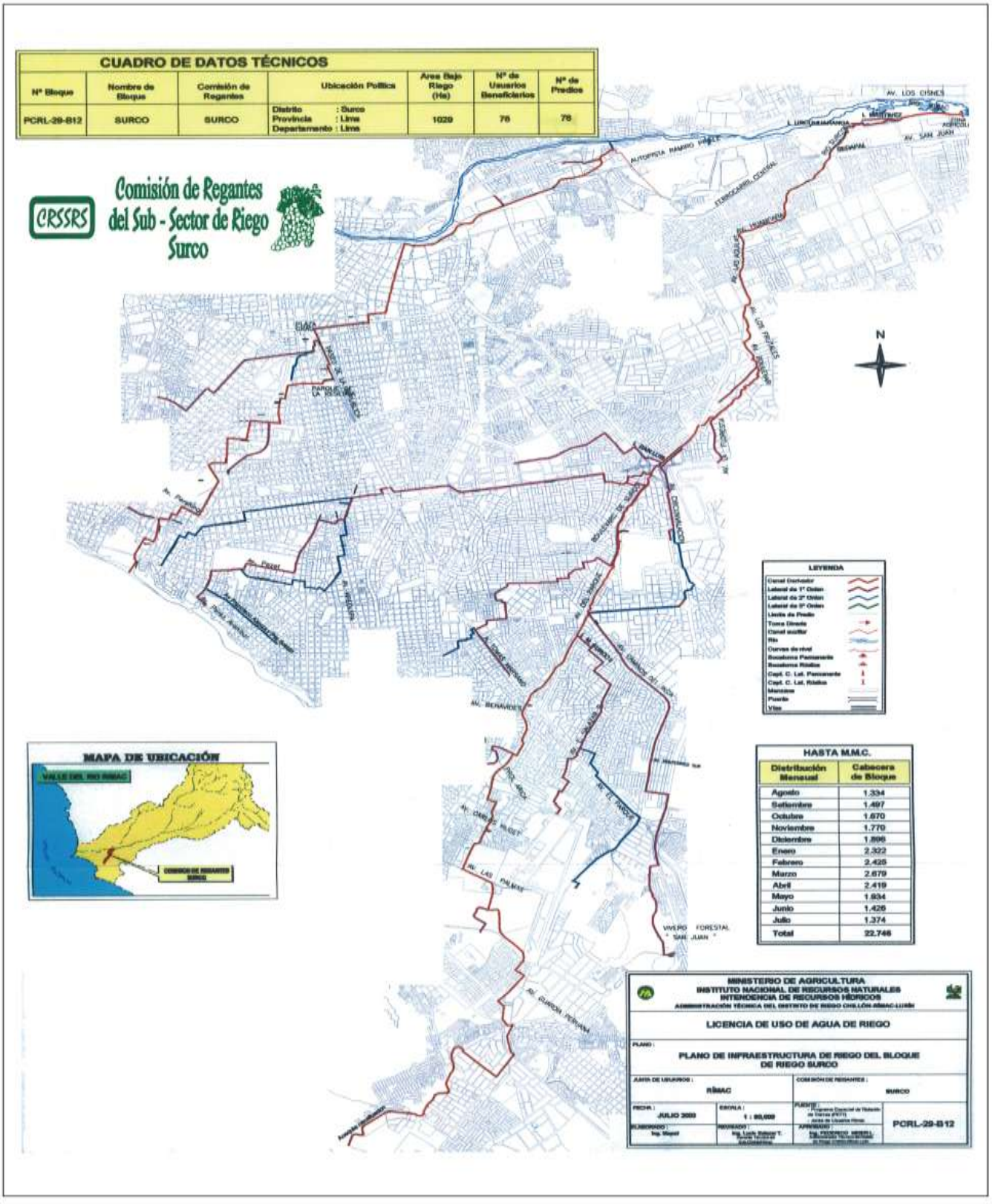
Fuente: Elaborado con los datos obtenidos en la página web "Verano Saludable" de la DIGESA por el MINSA



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

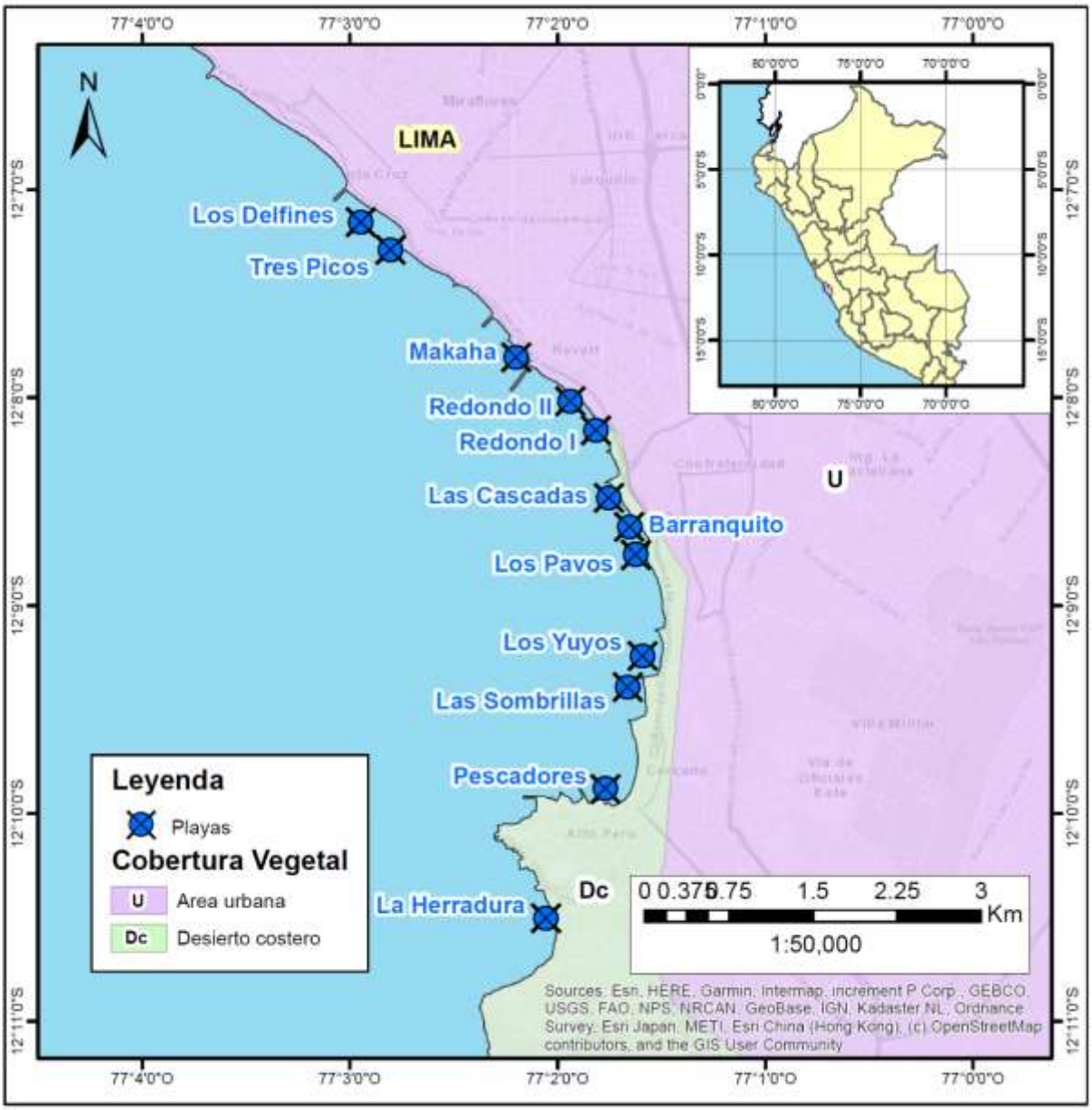
Anexo 9. Mapa de los canales del río Surco



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 10. Mapa de cobertura vegetal de la Costa Verde en el 2021



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 11. Fotografía de la infraestructura hidráulica previa a la descarga en la playa Los Delfines, 20 de abril de 2025



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis