TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón, Perú"

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Adriana Nicol Acosta Oliva (0000-0002-4279-2523)

Daniel Jesús Churano Shuan (0000-0003-4925-0185)

Asesor:

Marcos Alejandro Sulca López (0000-0001-9056-0068)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 12 de junio del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Maiquel López Silva
Miembro: Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro: Mg. Marisol Nuñez Martinez

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO PARA LA SALUD AMBIENTAL DE LAS AGUAS PROVENIENTES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN, PERÚ"

Presentada por la/el bachiller:

- **Adriana Nicol Acosta Oliva**
- **Daniel Jesús Churano Shuan**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. Marcos Alejandro Sulca López

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 ( ) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Adriana Nicol Acosta Oliva & Daniel Jesús Churano Shuan			Nota (en letras): 15 (Quince)
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dr. Maiquel López Silva
Presidente

Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro 1

Mg. Marisol Nuñez Martinez
Miembro 2

Dr. Marcos Alejandro Sulca López
Asesor

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 DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 18 de junio del 2024

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo Adriana Nicol Acosta Oliva y Daniel Jesús Churano Shuan, egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Dr. Marcos Alejandro Sulca López, declaramos que este informe final de tesis titulada "CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO PARA LA SALUD AMBIENTAL DE LAS AGUAS PROVENIENTES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN, PERÚ", sustentado para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, 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.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI:





Firma tesista
DNI:

Asesor: Dr. Marcos Alejandro Sulca López
DNI: 41283664

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón, Perú

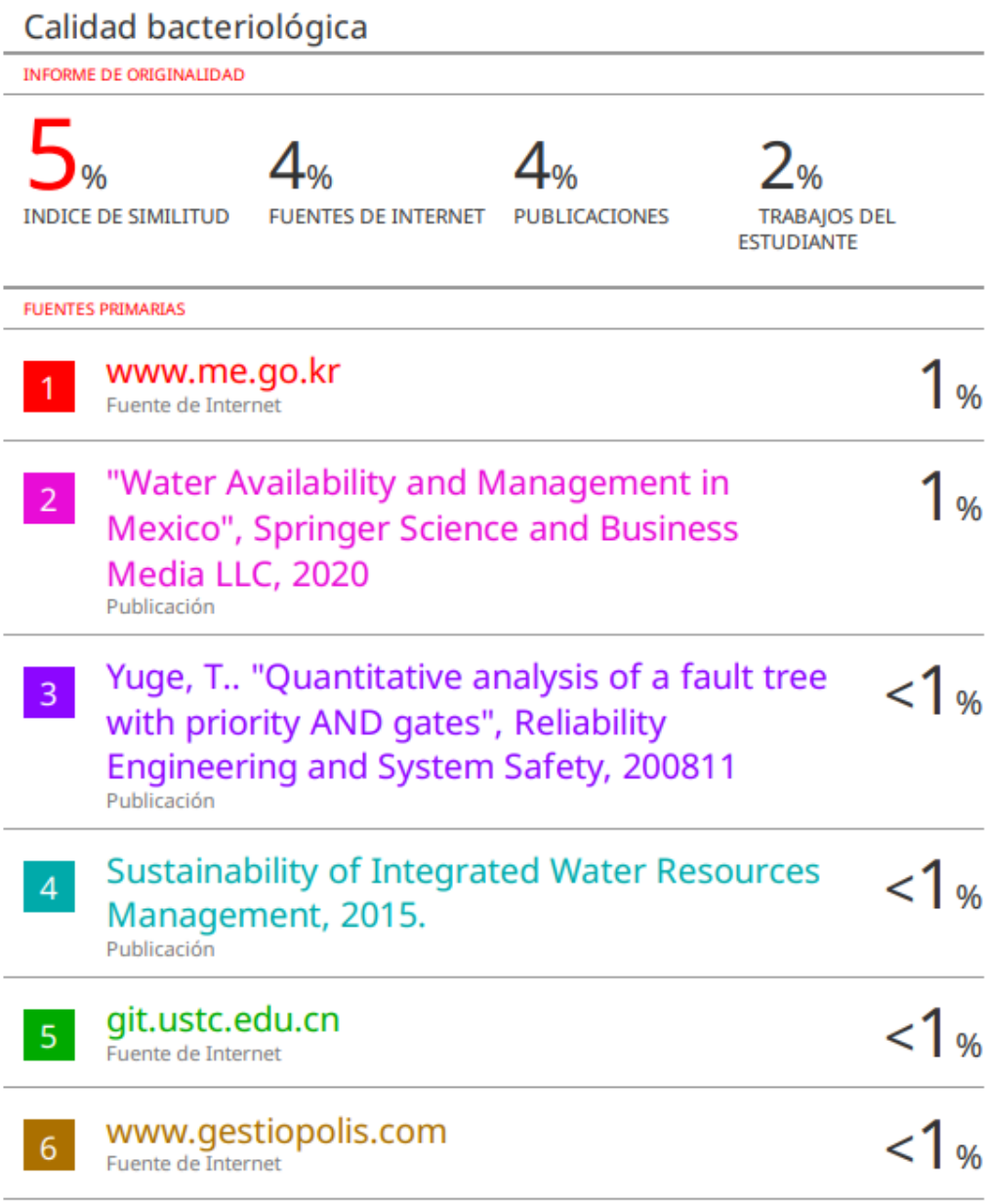
Autores. Adriana Nicol Acosta Oliva; Daniel Jesús Churano Shuan

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2412601160).

Resultado de la evaluación. 5%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

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



Calidad bacteriológica

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	4%	4%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.me.go.kr Fuente de Internet	1%
2	"Water Availability and Management in Mexico", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Publicación	1%
3	Yuge, T.. "Quantitative analysis of a fault tree with priority AND gates", Reliability Engineering and System Safety, 200811 Publicación	<1%
4	Sustainability of Integrated Water Resources Management, 2015. Publicación	<1%
5	git.ustc.edu.cn Fuente de Internet	<1%
6	www.gestiopolis.com Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(A) IDENTIFICACIÓN

Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón, Perú

Bacteriological quality and evaluation of risk factors for the environmental health of waters from the lower basin of the Chillón River, Peru

Adriana Nicol Acosta Oliva
https://orcid.org/0000-0002-4279-2523
180000211@cientifica.edu.pe
Daniel Jesús Churano Shuan
https://orcid.org/0000-0003-4925-0185
180000142@cientifica.edu.pe
Autores afiliados a la Universidad Científica del Sur
Carretera Antigua Panamericana Sur km 19, Villa el Salvador – Lima – Lima.
Código Postal 150142

Marcos Alejandro Sulca López
https://orcid.org/0000-0001-9056-0068
msulcal@unmsm.edu.pe
Autor afiliado a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Av. Universitaria /Calle Germán Amézaga 375, Lima – Lima - Lima.
Código Postal Nacional 15081
***Corresponding author**
Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela de Ingeniería Ambiental.

CONTRIBUCIONES AL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- Ejecución de análisis en laboratorio: Daniel Churano y Adriana Acosta
- Trámites ante laboratorio de la Universidad Científica del Sur y Autoridad Nacional del Agua: Daniel Churano y Adriana Acosta
- Muestreos y levantamiento de información en campo: Daniel Churano Shuan y Adriana Acosta
- Ejecución de entrevistas y recopilación de datos: Daniel Churano Shuan y Adriana Acosta
- Procesamiento estadístico: Daniel Churano
- Levantamiento de información cartográfica y elaboración de mapas: Daniel Churano
- Sustento y verificación metodológica: Marcos Sulca
- Evaluación y verificación de resultados: Marcos Sulca
- Redacción: Adriana Acosta y Daniel Churano
- Revisión de redacción: Marcos Sulca

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del presente trabajo de investigación declaramos no tener conflictos de intereses respecto a toda la ejecución en sí de trabajo.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

El proyecto fue parcialmente financiado mediante los fondos de Investiga para Lima de la Municipalidad de Lima Metropolitana en asociación de la Universidad Científica del Sur, además del aporte de la universidad con la facilitación del uso de laboratorios de microbiología, materiales y equipos. El resto de la financiación económica fue de capital propio de los autores.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Resumen

La contaminación por actividad antrópica y natural, además del déficit sanitario del Río Chillón han generado el incremento de carga bacteriana en el agua y riesgos ambientales. Esta severa alteración a la naturaleza motivó la presente investigación que tiene por objetivo determinar la correlación entre los valores de riesgo ambiental y la carga y presencia bacteriana resultante de la actividades antropogénicas y factores ambientales, dependiendo de la estacionalidad hídrica. Para esto se empleó el protocolo de muestreo del ANA, la guía de riesgos del MINAM y el manual de planes de seguridad hídrica de la OMS, la cuantificación de bacterias se dio mediante la técnica NMP y la presencialidad mediante pruebas bioquímicas; los resultados fueron analizados mediante pruebas de correlación y dependencia. Se hallaron cinco escenarios de riesgo que variaron su valor entre 10 a 34% y llegando alcanzar niveles de 100% en entorno natural por descarga de efluentes. La cuantificación de bacterias de las muestras de agua ha demostrado que existe gran concentración de estas, por encima de las normas nacionales mayores a $2x10^8$ NMP/100 mL, especialmente en estaciones con semejanza rural y pueblos jóvenes. Se determinó bajo a moderado nivel de correlación entre 23 a 35.4%, además *Escherichia coli* tuvo menor correlación en la época húmeda y mayor en secano. La importante presencia de bacterias entéricas aumenta el grado de posibles consecuencias a la salud y el ambiente; al mismo tiempo la expansión urbana aumenta la exposición, estos efectos son contrarrestados mediante adecuados sistemas y procesos de saneamiento.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Abstract

Contamination by anthropogenic and natural activity, in addition to the sanitary deficit of the Chillón River, have generated an increase in bacterial load in the water and environmental risks. This severe alteration to nature motivated the present investigation, which aims to determine the correlation between environmental risk values and the bacterial load and presence resulting from anthropogenic activities and environmental factors, depending on water seasonality. For this, the ANA sampling protocol, the MINAM risk guide and the WHO water safety plans manual were used, the quantification of bacteria was done using the NMP technique and in person using biochemical tests; The results were analyzed using correlation and dependence tests. Five risk scenarios were found that varied in value between 10 to 34% and reaching levels of 100% in the natural environment due to effluent discharge. The quantification of bacteria in water samples has shown that there is a high concentration of bacteria, above national standards greater than 2x108 NMP/100 mL, especially in stations with rural resemblance and young towns. A low to moderate level of correlation was determined between 23 to 35.4%, in addition Escherichia coli had a lower correlation in the wet season and a higher correlation in the dry season. The significant presence of enteric bacteria increases the degree of possible consequences to health and the environment; At the same time, urban expansion increases exposure; these effects are counteracted by adequate sanitation systems and processes.

Palabras clave:

Saneamiento ambiental, riesgo bacteriano, calidad de agua, Recursos Hídricos, Salud Pública.

Keywords:

Environmental sanitation, bacterial risk, water quality, Water Resources, Public Health.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(B) EL CUERPO DEL TRABAJO

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una preocupación global, abordada por investigadores e instituciones, con énfasis en la calidad microbiológica de los recursos hídricos (e.g. Some et al. 2013). Según los informes de Objetivos del Desarrollo Sostenible, el 25.4% de la población mundial carece de acceso a servicios de saneamiento de agua potable y sanitario seguros (e.g. Tumwebaze et al. 2023). Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la contaminación bacteriológica, causando aproximadamente 50,000 muertes anuales y 223 millones de casos de infección solo por *Escherichia coli* enteogénica (Calderón Toledo 2023).

En el Perú, las enfermedades relacionadas directamente a bacterias causaron alrededor del 3.1 % de muertes en el 2018, y representaron la tercera causa de muertes (Guillén & Casas 2022). La Superintendencia Nacional de Saneamiento (Sunass) informó que al 2022 aún hay 15% de falta de cobertura de alcantarillado a nivel nacional (Sunass 2022), el agua residual no tratada termina comúnmente en diversos cuerpos de agua, como el Río Chillón, con múltiples vertimientos y conexiones clandestinas (e.g. Sánchez et al. 2022). Esto genera contaminación que impacta negativamente en la salud humana, socioeconómica y ambiental (Terrones & Herrera 2015), con enfermedades gastrointestinales, respiratorias, cutáneas y oftalmológicas como resultados destacados (e.g. Durán et al., 2018). La calidad microbiológica del agua es crucial para prevenir enfermedades (Goshu, Koelmans & Klein 2021), evidenciado por estudios previos que muestran problemas persistentes desde principios del año2000 en el Río Chillón (Guillen & Quequejana 2003).

En un estudio transversal en Cajamarca, Huancavelica y Huánuco (2012-2013), se analizaron 706 hogares, encontrando una prevalencia significativa de coliformes totales y *E. coli* en el agua potable, indicando mala calidad del agua en términos microbiológicos, especialmente en Cajamarca (75%), Huancavelica (33%) y Huánuco (20%) (Tarqui-Mamani et al., 2016). En una investigación adicional en el río Torococha y las comunidades de San Isidro y San Jacinto, Juliaca, Puno (marzo-agosto de 2015), se determinó que el agua del río tenía mejor calidad en parámetros bacterianos a la del agua de pozo, pero ambas excedían los estándares ambientales (CEPIS, ECA) para aguas superficiales y subterráneas (Tarqui-Mamani et al., 2016).

El estudio destaca la importancia de comprender las condiciones microbiológicas de los cuerpos de agua, especialmente en áreas densamente pobladas con alta exposición a contaminantes. Se enfocó en la relación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

entre la calidad bacteriológica y los riesgos ambientales en la cuenca baja del río Chillón, evaluando los peligros bacteriológicos, proponiendo medidas de mitigación. Esto respalda el objetivo de desarrollo sostenible "Agua limpia y saneamiento" (Quinlivan, Chapman & Sullivan, 2019), siendo crucial para mapear riesgos (Taborda & Venegas, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue la Cuenca Baja del Río Chillón y la laguna Chonta (origen de la cuenca), debido a que ahí predomina la presencia de habitantes de Lima Metropolitana y Callao (Fig. 1) de los distritos de Carabayllo, Puente Piedra, Los Olivos, Callao y Ventanilla. El área fue seleccionada por la intensidad de las actividades antropogénicas desarrolladas como: urbano doméstica, agrícola, industrial y recreativa.

1. Evaluación de riesgos a la salud y al ambiente

Para evaluar los riesgos se usó la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM (2011) (Guía MINAM) y el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la OMS (Manual OMS) (Bartram, 2009). Con la Guía MINAM se determinó cuantitativa y cualitativamente el riesgo como porcentaje y nivel de severidad, para llegar a esa estimación se aplicaron 3 procesos, los cuales son: 1) Identificación y cuantificación de riesgos ambientales, 2) Recopilación de data de enfermedades y 3) Cuantificación y presencialidad de bacterias.

El primer proceso se dividió en 4 tareas puntuales; para comenzar a) La Definición de los Puntos de Estudio, en este apartado se definieron 8 puntos para toma de muestras (tabla 1) previamente considerados como zonas críticas por la ANA (2011) y cuyo entorno presentaba escenarios de riesgo significativos para ser analizados. Seguidamente se realizó b) El Análisis de Riesgo, y se procedió con la caracterización de los riesgos, determinando los escenarios o sustancias generadoras de la amenaza, el origen y las posibles consecuencias en los entornos humano, socioeconómico y natural.

Tabla 1. Estaciones de evaluación de riesgo microbiológica

ESTACIÓN	LUGAR	ESTE	NORTE
E0	Cabecera de cuenca	342786	8743859
E1	Asentamiento Humano Márquez (puente Víctor Raúl)	267562	8679296
E2	Asentamiento Humano Mariano Ignacio Prado	269654	8678482
E3	Urb. San Diego de Alcalá - San Martín de Porres	271941	8678333
E4	Urb. San Diego de Alcalá - etapa 2	272152	8678665
E5	Urb. Pro-Lima - etapa 4 - Los Olivos	273280	8679973
E6	Puente Chillón, Panamericana Norte	274135	8681663
E7	Puente Tambo - Estación Peaje Chillón	274519	8682518
E8	Puente San Martín de la Integración	278723	8687534

Fuente: Extracto de estaciones de muestreo de Evaluación de Calidad Sanitaria de las Aguas del Río Chillón - 2011.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

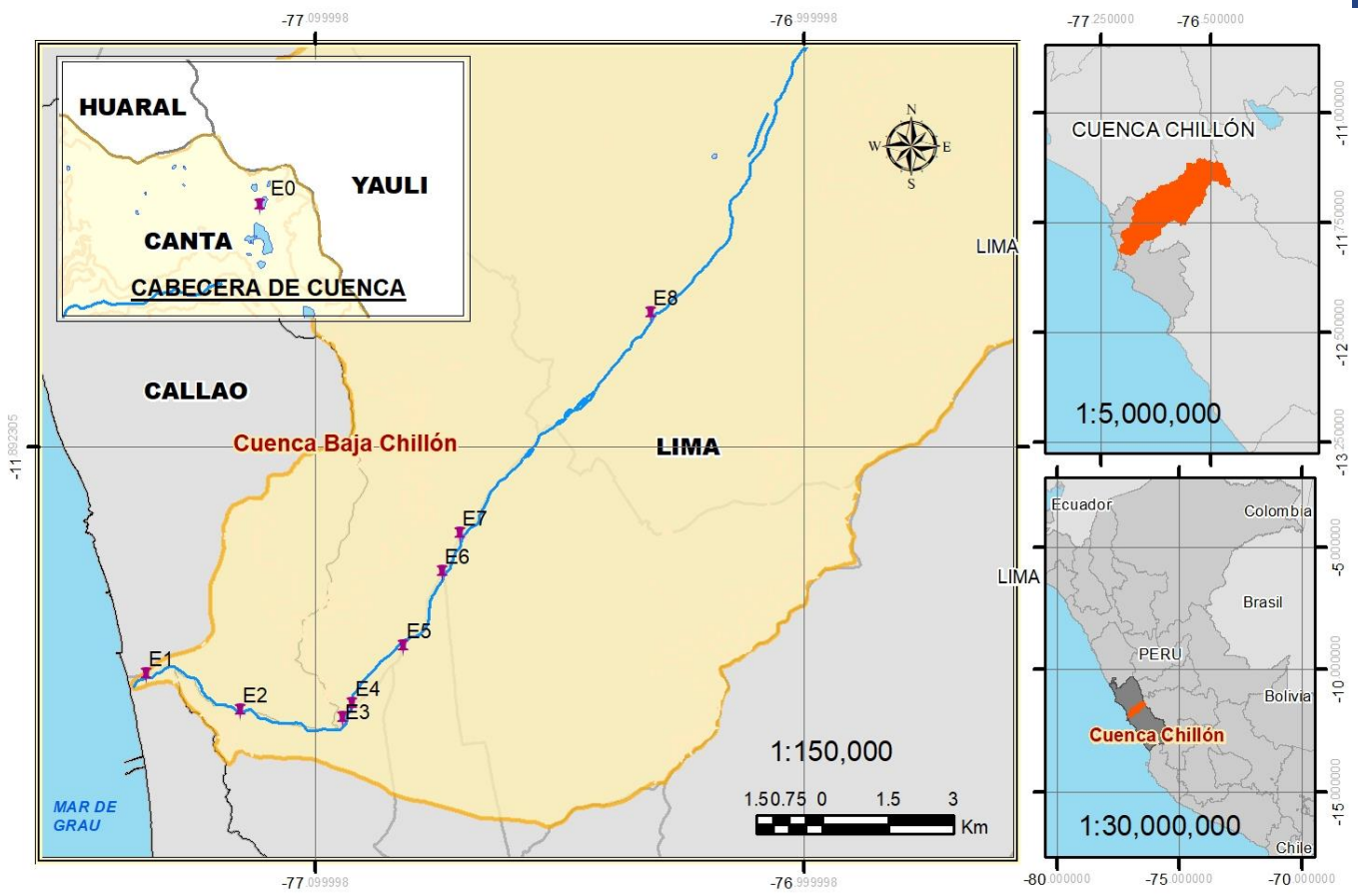


Figura 1. Mapa base de la cuenca del rio Chillón y delimitaciones políticas.

Nota: Coordenadas geográfica UTM WGS84, zona 18 sur.

Inmediatamente, se procedió con c) la Evaluación de riesgos; en esta sección se necesitó a la información obtenida en los otros 2 procesos (encuesta y laboratorio), la encuesta enfocada a determinar la severidad de consecuencias en los entorno humano y socioeconómico, y el análisis de laboratorio principalmente al entorno natural; así mismo, la encuesta ayudó a determinar la probabilidad de ocurrencia. Para este punto, se aplicaron fórmulas adjuntas en anexos de la Guía MINAM, basadas en la cantidad del contaminante, extensión, peligrosidad, cantidad de personas expuestas y pérdida de valor económico del agua. Para finalizar esta parte se multiplicaron los valores asignados para probabilidad y consecuencia según la tabla 4; esto se realizó de forma independiente para cada escenario de riesgo en cada entorno.

Tabla 2. *Estimador de riesgo ambiental*

PxC		Consecuencia				
	0	1	2	3	4	5
	1	1	2	3	4	5
Probabilidad	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Fuente: MINAM (2010).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Por último, se promediaron los riesgos individuales de cada escenario para cada entorno, obteniendo el porcentaje y nivel de riesgo por entorno humano, socioeconómico o natural; luego estos se promediaron para obtener el riesgo general de cada punto de estudio.

2. **Recopilación de data de incidencia de enfermedades por consumo de agua**

Se realizó una encuesta cerrada, transversal y tomada de forma personal basada en los requisitos de información de la Guía MINAM, para esto se consideró a la población a un radio de 300 m desde cada punto de monitoreo (solo desde E1 a E8), este radio y cantidad de población se obtuvo mediante el Geo portal del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), el cual fue de N=27,678 personas, con NC 95% y error 7%, entonces la muestra de n=196, por efectos prácticos se consideró 200. La distribución del total de la muestra se realizó en función a la población de cada estación. La encuesta se aplicó a fines de la época húmeda (febrero – marzo) y secano (junio-julio) de 2022.

3. **Toma de muestra**

Se usó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales – Protocolo ANA (ANA, 2016). Por ello, cada punto se georreferenció en UTM WGS84 y codificó conforme a la normativa; también se registraron los escenarios, condiciones normales y atípicas. Para la toma de muestras se aplicaron medidas de bioseguridad y uso de equipos de protección personal; las muestras de agua se extrajeron usando frascos de boca ancha estéril de 1 L a 25 cm de profundidad con llenado al 75%, inmediatamente se midió pH y temperatura, luego se almacenaron a 4 °C por un máximo de 24 horas; por último, se analizaron las muestras en los laboratorios microbiología de la Universidad Científica del Sur.

4. **Análisis de las muestras de agua**

a. Prueba Presuntiva y recuento de Enterococos

Se hizo el análisis microbiológico para cuantificar los parámetros de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *E. coli* y *Enterococcus* mediante la técnica del Número Más Probable (NMP), también conocida como técnica de los ceros de Poisson (Woommer 1994). Se esterilizó el material y los medios de cultivo en autoclave a 121 °C y 100 kPa durante 15 a 20 minutos. Se efectuó el pre-enriquecimiento con Agua Peptonada (AP), utilizando una proporción de 1:10 de muestra con el AP, seguido de diluciones sucesivas hasta alcanzar una proporción de 1:1,000,000. Todas las manipulaciones se llevaron a cabo bajo condiciones estériles. Se prepararon tubos de ensayo por triplicado, con caldo Lauril Sulfato, muestra diluida y campana de Durham interna invertida para detectar la formación de gases. Tras incubación a 37 °C durante 18 a 24 horas, se observaron indicios de presencia de bacterias coliformes, por la producción de gas, presencia de sedimento y turbidez.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se usó el Caldo Azida Dextrosa por ser un medio enriquecido y selectivo para enterococos. El método, periodo de incubación y diluciones fueron idénticas a la prueba con caldo Lauril Sulfato; en este caso los indicadores positivos fueron turbidez y formación de sedimento (Díaz et al. 2010), los resultados se registraron para obtener el NMP / 100 mL.

b. Recuento de Coliformes totales y termotolerantes

Se preparó una batería con caldo Bilis Verde Brillante y distribución similar a las pruebas anteriores. Se inocularon muestras de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Paralelamente, se realizaron las pruebas de termotolerancia con caldo EC, incubando a 45 °C por 24 horas. La formación de gas, presencia de turbidez y sedimento indicaron positividad en ambos medios. Se registraron los resultados para la cuantificación posterior del NMP.

c. Recuento de Escherichia coli

Se prepararon placas de Petri con agar Eosina y Azul de Metileno (EMB), segmentadas en 3 zonas para inocular las muestras con el uso del asa de siembra. Tras incubación a 37 °C por 18-24 horas, se evaluaron las características culturales de las colonias para confirmar la presencia de *E. coli*, observando coloración verde metálica y colonias circulares. Se realizaron pruebas bioquímicas (citrato, urea, LIA, TSI, SIM) para confirmación. Las colonias positivas se registraron y cuantificaron según la Environmental Protection Agency (EPA) para obtener el NMP/100 mL, replicando el procedimiento para coliformes totales, termotolerantes y enterococos.

***d. Determinación de la presencia de Vibrio cholerae y Salmonella* spp.**

Para el aislamiento de *Vibrio cholerae* las muestras fueron cultivadas en agua peptonada alcalina (APA) y se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Luego, se sembraron en Agar TCBS y se incubaron a 37 °C por 18 a 24 horas. Se verificó las características morfológicas de las colonias, teniendo especialmente en cuenta las colonias amarillas sin producción de ácido sulfhídrico. La prueba confirmatoria se realizó reincubando las colonias seleccionadas en los caldos APA y peptona alcalinizada a pH 8.6, incubando a 37 °C por 24 horas. Se consideraron positivas las muestras que presentaron sedimento y turbidez en ambos caldos después del periodo de incubación.

El análisis de *Salmonella* spp. comprendió cuatro etapas: pre-enriquecimiento, enriquecimiento, desarrollo de colonias y pruebas bioquímicas. En la etapa inicial, las muestras de agua fueron sembradas en 5 mL de caldo AP, e incubados a 37 °C durante 6 horas. Luego, las muestras positivas a crecimiento microbiano fueron sembradas en caldo Rappapot Vassiliadis e incubadas a 45 °C por 24 horas. Posteriormente, las muestas positivas fueron sembrados en agar XLD, observando cambio de color del medio de cultivo y la formación de colonias negras. Se seleccionaron colonias que

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

cumplían los criterios para *Salmonella* que posteriormente fueron confirmadas mediante pruebas bioquímicas, similar al proceso para *E. coli*. En este último, los resultados variaron según la especie de *Salmonella* spp.

5. **Planteamiento de las estrategias para minimizar el riesgo**

Las propuestas de prevención y reducción de los riesgos ambientales y perjuicios asociados al consumo o exposición al agua del río Chillón provienen de la Guía MINAM y del "Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua" (OMS 2018). Estos se darán en función a los resultados de los análisis de laboratorio y el reconocimiento del entorno de cada punto de estudio, dando énfasis a reducir el riesgo de los puntos que sean de riesgo significativo.

6. **Técnicas estadísticas para el procesamiento de datos**

Laos datos resultantes de esta investigación se procesaron mediante el uso del paquete estadístico IBM SPSS 24 Statistics, mediante este programa se determinó la normalidad de las variables en su aspecto cuantitativo con la prueba Shapiro Willk (la concentración de bacterias por cada 100 mL y el valor porcentual del riesgo promedio obtenido por cada escenario identificado y por cada estación de monitoreo). Respecto al apartado cualitativo, se determinó la dependencia de nivel de riesgo (leve, moderado o significativo) y presencialidad de bacterias (presencia o ausencia de *Salmonella* spp. y *V. cholerae).*

7. **Aspectos éticos**

La recolección de datos requirió de la participación voluntaria de los pobladores. Se informó a la Autoridad Nacional del Agua y se siguieron sus protocolos. Se manejaron materiales contaminados según el manual de desinfección del MINSA (Oficio N° 2193-DGSP-08-02, 2002) y protocolos de bioseguridad de la Universidad Científica del Sur.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS

La Tabla 3 muestra los escenarios de riesgo bacteriano asociados al agua, con impacto en cada entorno. Se describen los escenarios por evento generador.

Tabla 3. Tipificación de Riesgos para Estaciones de Monitoreo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ORIGEN	SUSTANCIA O EVENTO	ESCENARIO DE RIESGO	CAUSA	CONSECUENCIAS	ESTACIÓN
Natural	Fauna	Asentamiento de aves costeras migratorias y perenne (gaviotas, garzas, gallinazos)	Ciclo natural migratorio	Afectación de la calidad del agua (bacteriológica). Aumento de la carga bacteriana.	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 y E8.
Antrópico	Residuos sólidos domésticos	Disposición de residuos con carga bacteriana y de nutrientes	Ineficiente sistema de recolección y disposición temporal de residuos sólidos en la zona	Afectación de la calidad del agua (bacteriológica). Aumento de la carga bacteriana. Disminución del potencial económico del recurso hídrico. Afectación a ecosistemas acuático - terrestres.	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 y E8
Antrópico	Aguas residuales urbanas	Vertimiento de aguas residuales urbanas	Insuficiente sistema de saneamiento urbano. Deficiente fiscalización ambiental	Afectación de la calidad del agua (bacteriológica). Aumento de la carga bacteriana. Disminución del potencial económico del recurso hídrico. Afectación a ecosistemas acuáticos.	E2, E4, E6, E7 y E8.
Antrópico	Efluentes Agricultura	Agricultura (cultivos cíclicos)	Inadecuado sistema de riego. Alto uso de fertilizantes artificiales.	Afectación de la calidad del agua (bacteriológica). Incremento de la carga de nutrientes en el medio acuático (eutrofización). Aumento de la carga bacteriana. Disminución del potencial económico del recurso hídrico. Afectación de ecosistemas acuáticos.	E2, E7 y E8.
Antrópico	Uso recreativo y de contacto	Población realizando actividades recreacionales y de contacto	Ineficientes métodos de prevención y sanidad.	Incremento de enfermedades entéricas. Afectación de la calidad del agua (bacteriológica).	E2, E6, E7 y E8.

La Tabla 3 presenta los valores durante épocas húmedas y secas, tras aplicar la fórmula de valoración para estimar la severidad de consecuencias. Durante la época de secano, el nivel de severidad de efectos probables fue mayor, especialmente por las descargas de aguas residuales urbanas y efluentes agrícolas. Este patrón persistió en menor medida durante la época húmeda, con aumento del caudal del río. La estación 2 y 7 mostraron los mayores niveles de afectación, relacionados con descargas de efluentes urbanos y características microbiológicas.

Durante ambas épocas, el entorno socioeconómico se vio afectado de manera similar, independientemente de la variación del caudal. Se observó el aumento de turbidez y presencia de *Salmonella* en la época húmeda, mientras que en la seca se registró un incremento notable en la concentración bacteriana. detalla estos hallazgos, destacando la contribución principal de efluentes urbanos y agrícolas. Las estaciones E2 y E7 muestran consecuencias graves en la época húmeda, y E4 y E6, leves, debido a la presencia de aguas residuales. En la seca, excepto E2 (crítico), las estaciones presentan consecuencias leves. La variación bacteriana afecta el entorno y la descarga de efluentes agrícolas y urbanos intensifica la población bacteriana. La estación "0" se considera de bajo riesgo, con solo un evento asociado al turismo en Laguna Siete Colores, en Canta, Lima.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

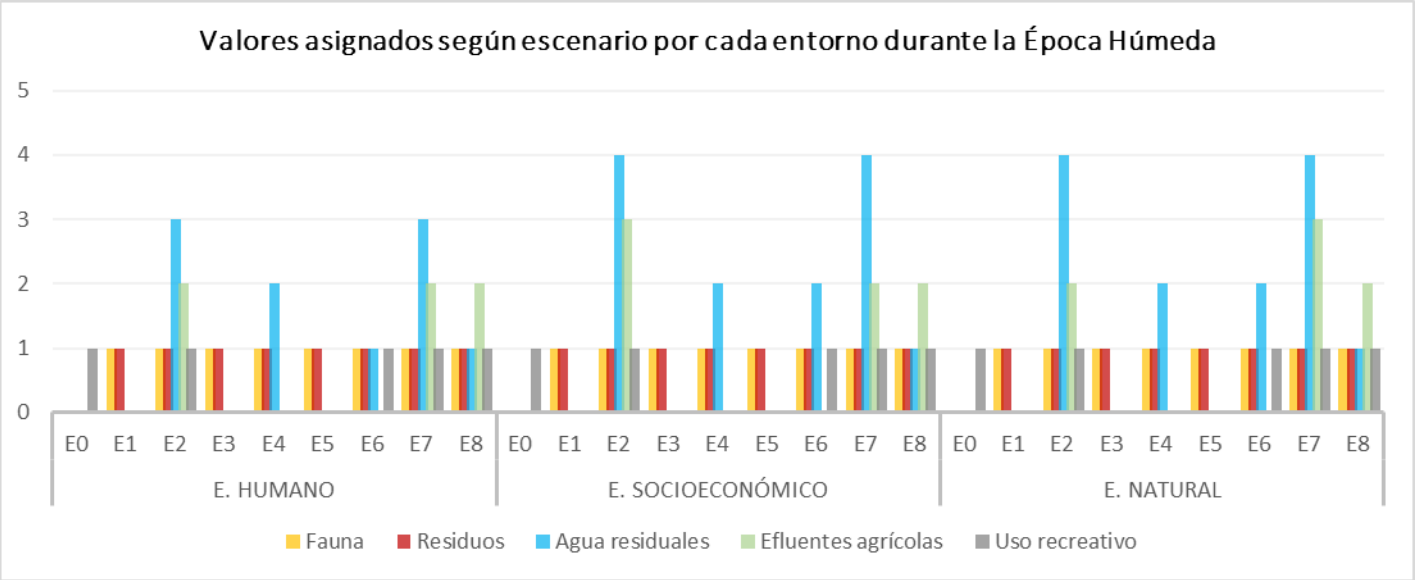


Figura 2: *Valoración de cada escenario de riesgo de los entornos en época húmeda*

Nota: 1 es "No relevante", 2 es "Leve", 3 es "Moderado", 4 es "Grave" y 5 es "Crítico"

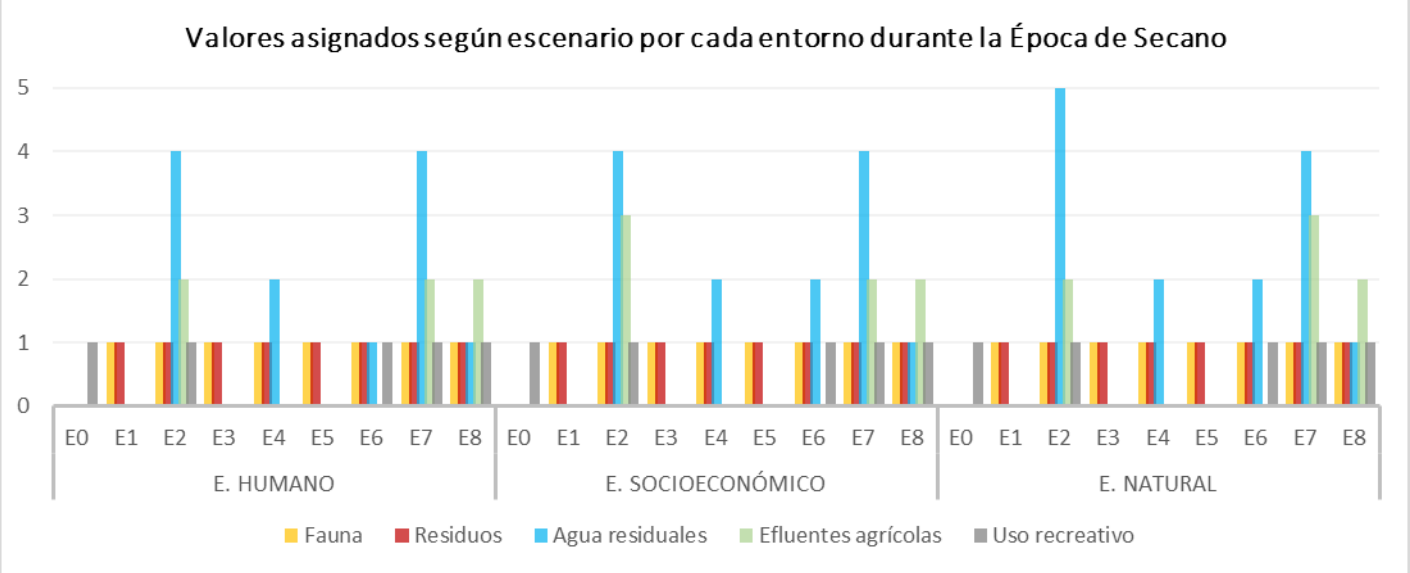


Figura 3: *Valoración de cada escenario de riesgo de los entornos en época húmeda*

DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE RIESGOS

Mediante encuestas y supervisión en campo, se determinó la probabilidad de ocurrencia de eventos generadores de riesgo microbiológico. En la figura 4 se presentan los resultados. Se observa una variación significativa en la presencia de la fauna entre las épocas húmeda y seca, atribuible a la migración de aves durante las precipitaciones, con una probabilidad de ocurrencia mayor a una vez por semana. Durante la sequía, la presencia de aves es mínima, calificada como "Poco probable". Durante esta época, el aumento de la probabilidad se debe a la acumulación de residuos, facilitando la proliferación bacteriana.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

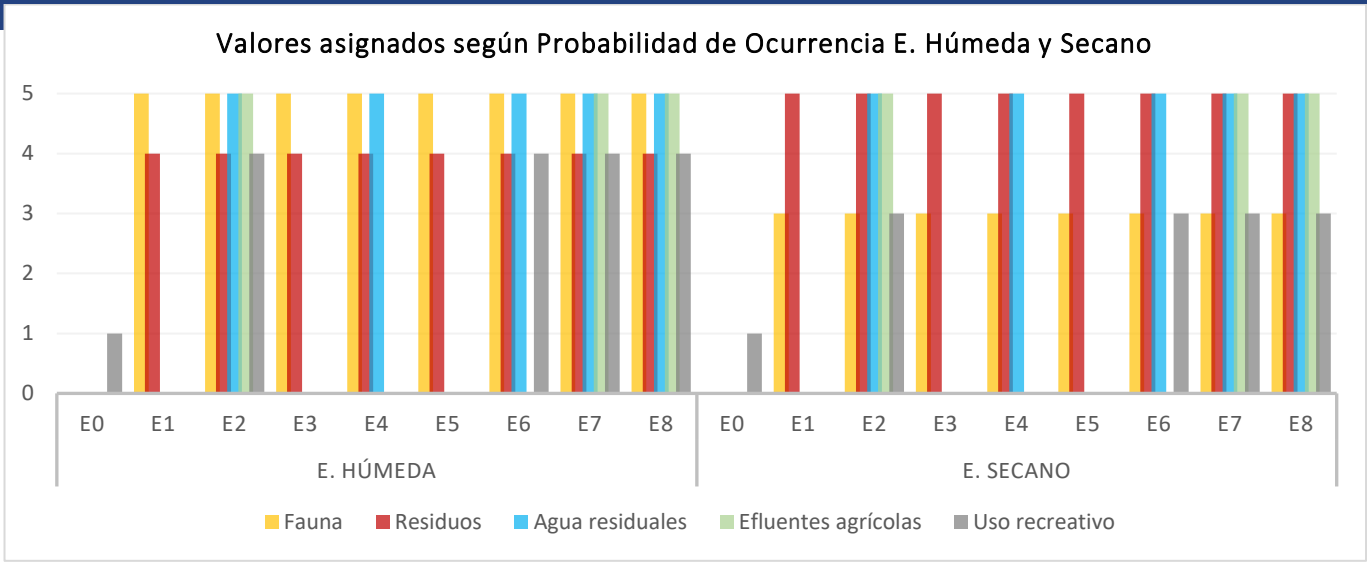


Figura 4. *Probabilidad de ocurrencia de escenarios de riesgo.*

Nota: 1 es "Poco probable", 2 es "Posible", 3 es "Probable", 4 es "Altamente probable" y 5 es "Muy probable".

Se detectó la producción constante de Efluentes Urbanos y Agrícolas, superando las cantidades recomendadas en la guía metodológica. La ubicación de los puntos de vertido se muestra en el mapa en la **Fig. 8**. Durante la época húmeda, el uso recreativo es relevante debido a la presencia de veraneantes y actividades de contacto.

ESTIMACIÓN DE RIESGOS

Se calculó el riesgo multiplicando las consecuencias y la probabilidad. Los resultados se presentan en las **Fig. 5 y 6**, mostrando los niveles de riesgo alto, medio y leve para épocas húmedas y secas mediante distintas tonalidades.

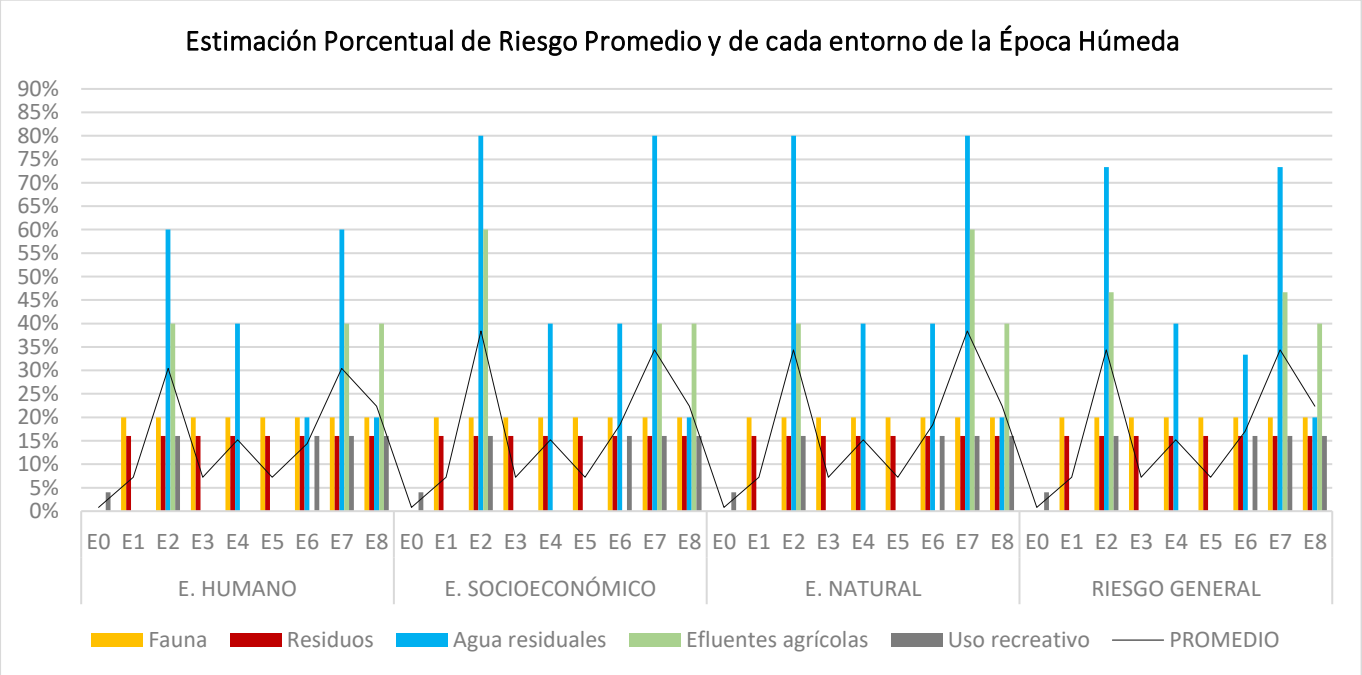


Figura 5 *Estimación de Riesgos para cada escenario en las estaciones de monitoreo.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Nota: El código 1E1NH indica a "1" como la sustancia o evento generadora del escenario de riesgo; "E1" como la estación de monitoreo; "N" indica al entorno natural, "S" al socioeconómico y "H" al humano; así mismo, "H" representa a la época húmeda y "S" a época de secano.

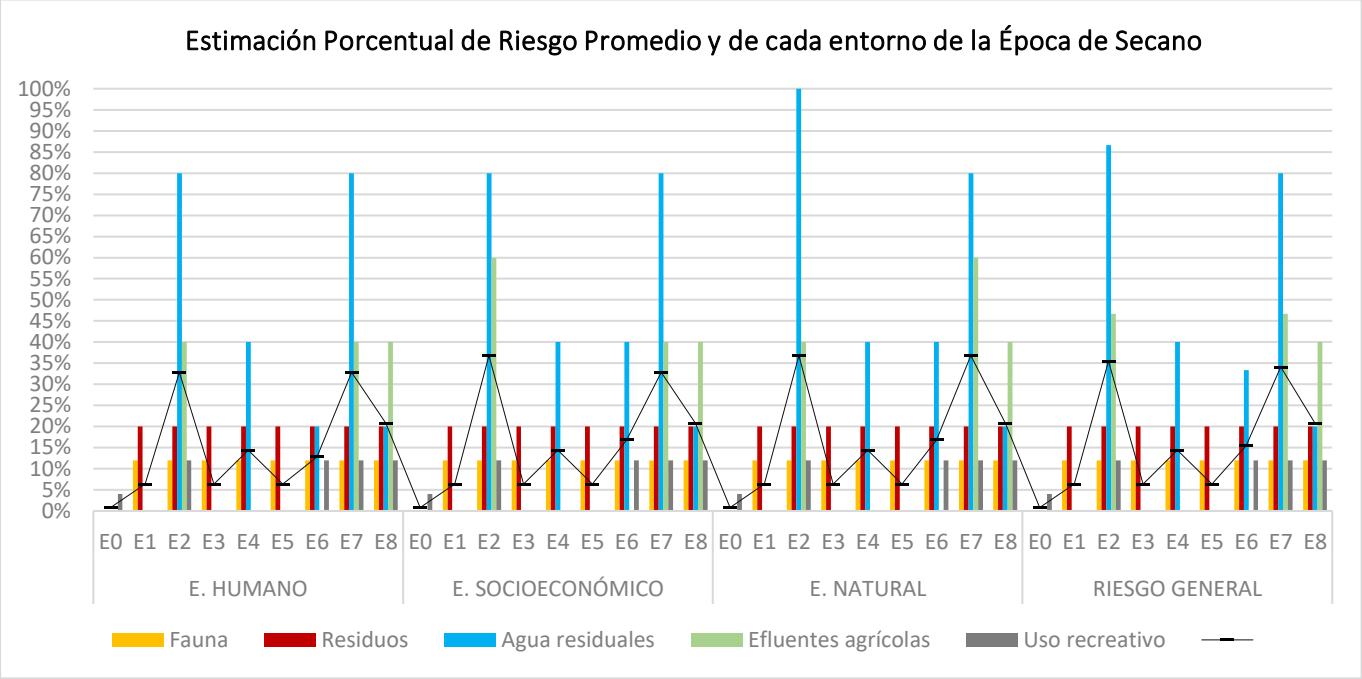
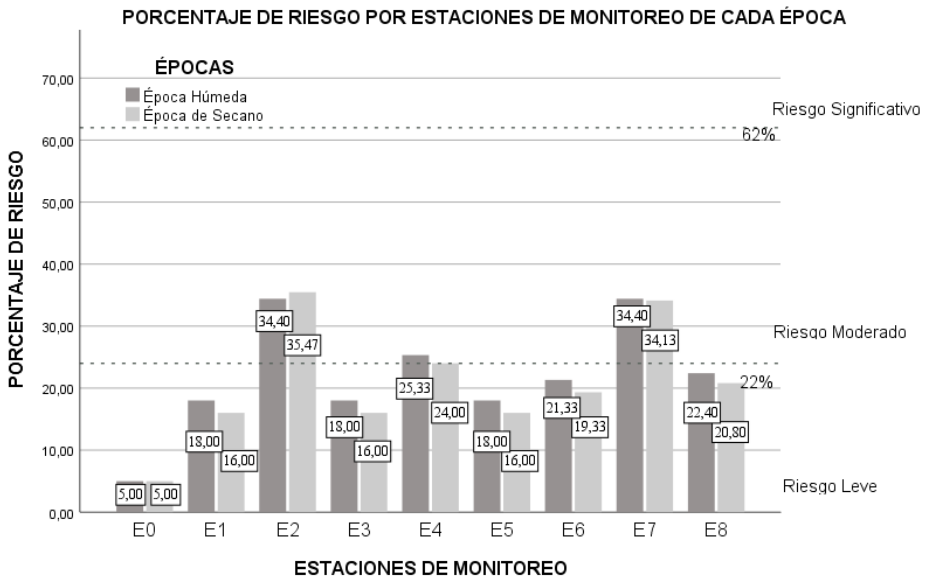


Figura 6. *Estimación de Riesgos para cada escenario en las estaciones de monitoreo.*

La Figura 7 presenta los resultados porcentuales y por niveles de riesgo de las estaciones. Estos porcentajes se obtuvieron mediante el promedio simple de los riesgos de cada entorno (humano, socioeconómico y natural). Esto se debió a la falta de ponderación en la normativa nacional para escenarios con mayor peligro ambiental.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 1. *Porcentaje de riesgo por estaciones de monitoreo de cada época*

Los resultados porcentuales de riesgo de cada estación para épocas húmedas y secas se analizaron para verificar la normalidad y se aplicó la prueba t de Student, obteniendo un p-valor de 0.800 (periodo 2021-2022), lo que indica que no hay diferencia significativa entre las medias de ambas épocas. Los resultados se mapearon en la Figura 8, mostrando mayor riesgo y escenarios aguas arriba de las estaciones de monitoreo.

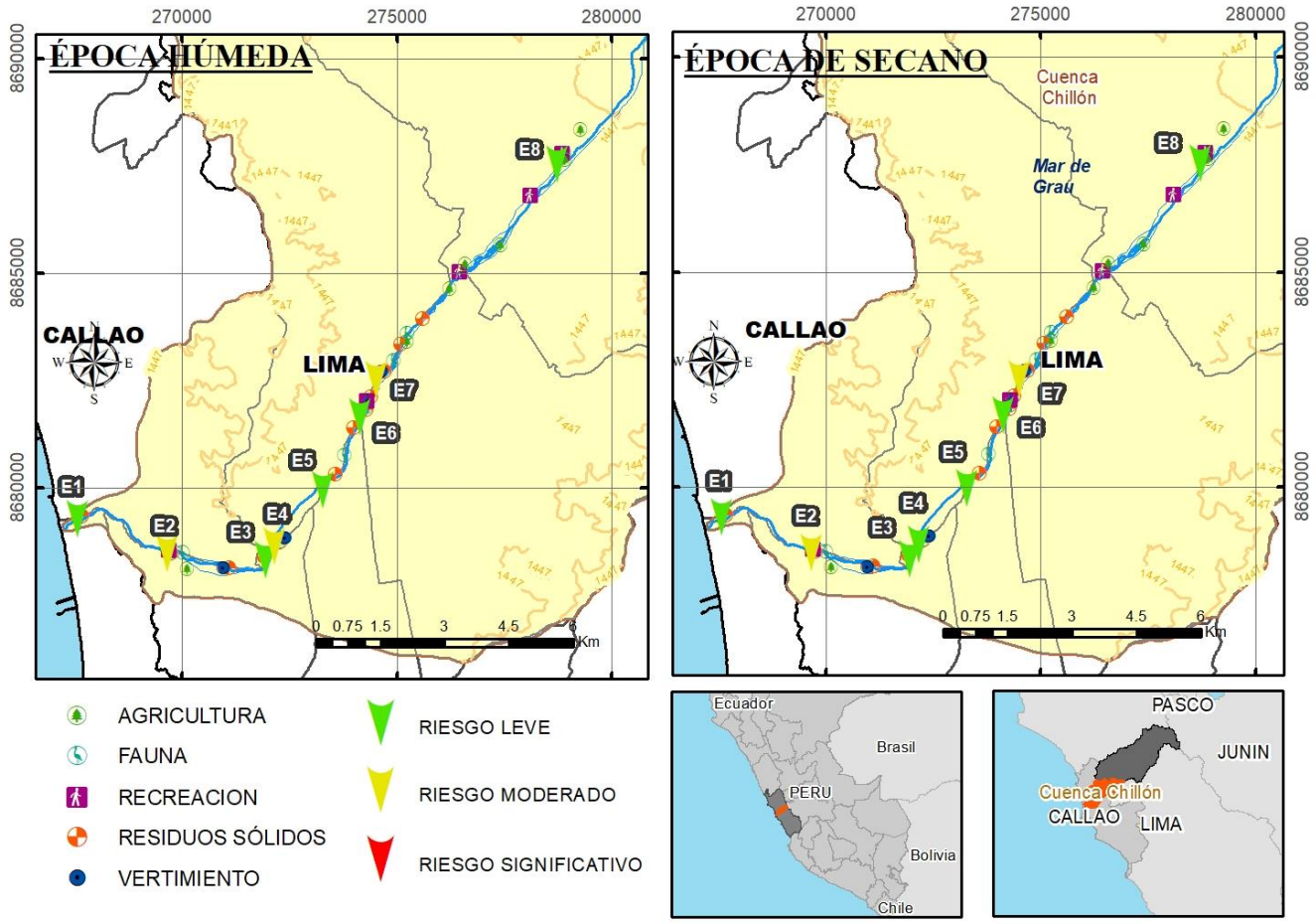


Figura 8. *Mapa resumen de nivel de riesgo promedio de cada época y estación.*

Nota: Se muestran niveles de riesgo para escenarios encontrados en cada estación, excepto E0. Sus datos están en la Figura 9.

Un análisis de riesgos en Huacabamba, estado de Huánuco, mostró que la alta presencia de residuos sólidos y aguas residuales causó el 40% del impacto, con otro 20% vinculado a actividades agrícolas y ganaderas (Paucar, 2019). Los resultados de los escenarios de riesgo E2 y E7 confirman estudios previos e indican similitudes.

Se ha detectado la presencia de enterobacterias resistentes a los antibióticos en muestras de agua de uso agricola cercana al río Guano en Ecuador, lo que representa un riesgo para la salud pública,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

especialmente para quienes consumen directamente alimentos del lugar (Cazares, 2019). Esta situación refleja los peligros persistentes en el río y su impacto en las comunidades circundantes. Hallazgos de estudios anteriores en el Río Chillón corroboran la contaminación microbiológica y fisicoquímica, afectando la salud y el bienestar de las comunidades (Terrones & Herrera, 2015; Durán et al., 2018). La calidad bacteriológica del agua emerge como un indicador crucial de enfermedades prevalentes en un área específica (Goshu, Koelmans & Klein 2021; e.g. Some 2021)

ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRAS DE AGUA

PRESENCIA DE ENTEROBACTERIAS

En la Figura 9 se muestran las medias del recuento bacteriano en las dos épocas del año por estación. Los coliformes termotolerantes difieren significativamente entre las épocas (p-value bilateral 0.001), siendo mayores en la seca debido al bajo caudal y tiempo de concentración prolongado. Se destacan diferencias en las estaciones E1, E2, E6 y E8, probablemente asociadas a escenarios de riesgo, especialmente efluentes urbanos, salvo E1 cerca de la desembocadura del río, donde la alta concentración se atribuye al estuario que retarda la mezcla con el agua de mar (Liang et al., 2019), a pesar de carecer de escenarios de riesgo significativos.

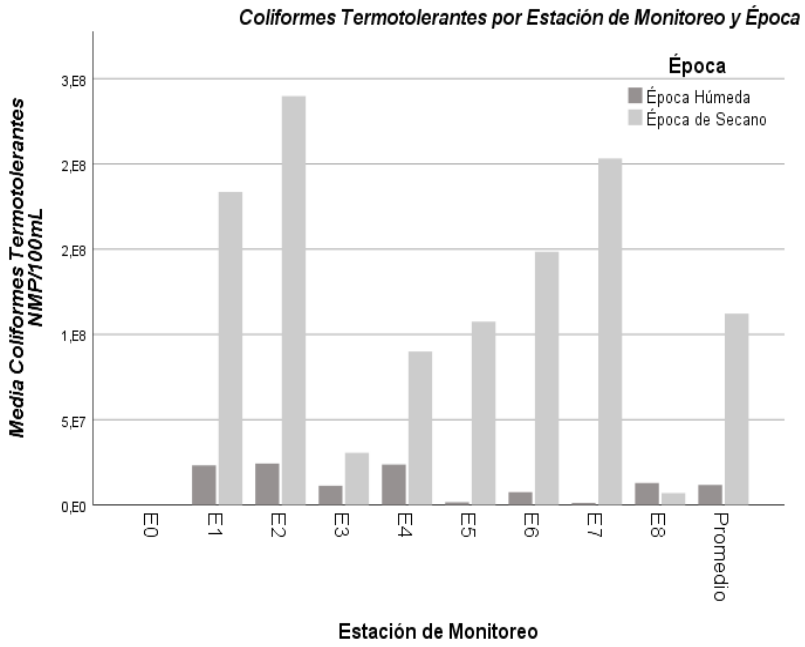


Figura 9. *Gráfica de nivel de concentración de Coliformes Termotolerantes por estación de muestreo y época.*

La Figura 10 muestra el promedio de los recuentos de coliformes totales, mayor en la época seca (p-value bilateral 0.004). Las estaciones E1, E2, E3 y E4 alcanzaron el límite de tubos de ensayo positivos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

para las seis diluciones realizadas. Se observan aumentos en estaciones con efluentes urbanos, y concentraciones elevadas en E1 y E3, atribuidas al efecto de mezcla en estuarios y acumulación de residuos sólidos, respectivamente.

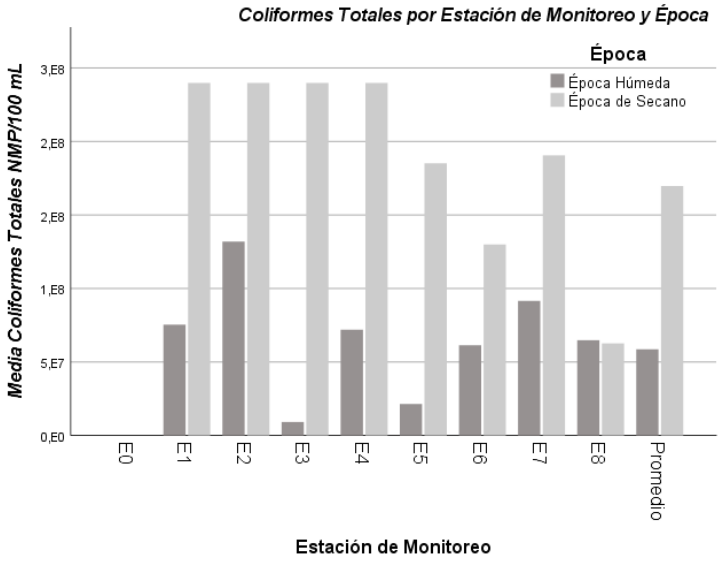


Figura 10. *Gráfica de nivel de concentración de coliformes totales por estación de muestreo y época.*

En la Figura 11, se muestran las medias del recuento bacteriano por estación en dos épocas. Los recuentos de enterococos difieren significativamente entre las épocas (p-value bilateral 0.025), siendo mayores en la seca, especialmente en E1 y E2, debido a descargas de Sedapal y efluentes agrícolas y ganaderos.

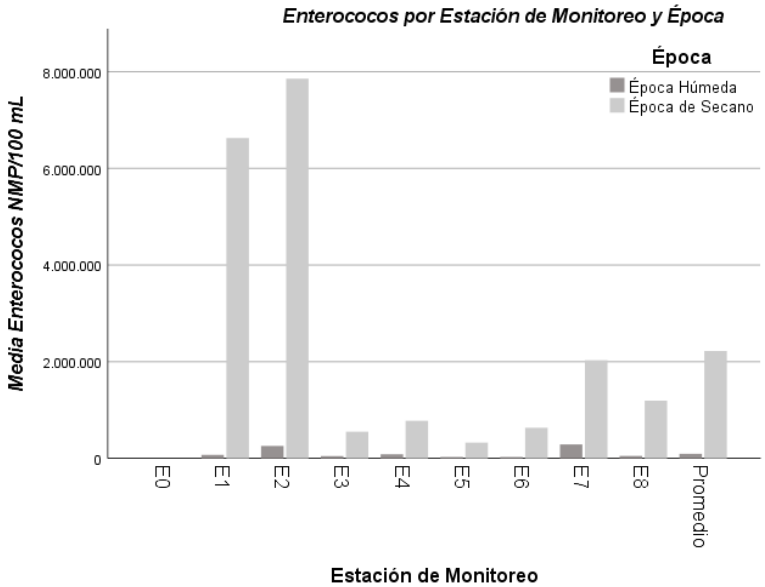


Figura 11. *Gráfica de nivel de concentración de enterococos por estación de muestreo y época.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

La Figura 12 muestra el promedio de concentración de cada estación por época, con diferencias significativas entre las medias (p-value bilateral 0.001). Se registra mayor concentración de *E. coli* en estaciones con vertimientos de aguas residuales, excepto E1.

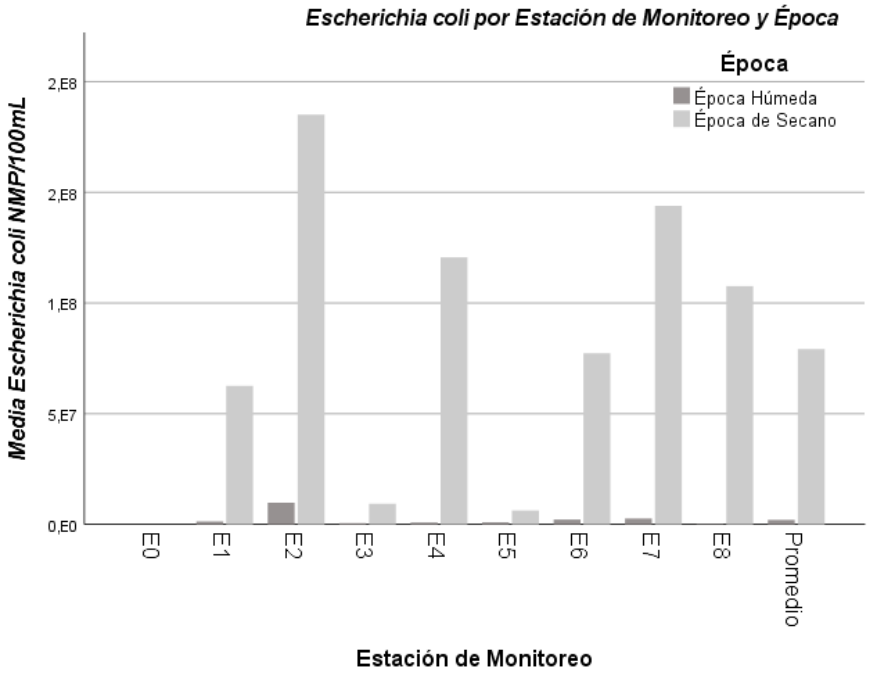


Figura 12. *Gráfica de nivel de concentración de Escherichia coli por estación de muestreo y época.*

En todos los casos de cuantificación de bacterias se obtuvieron valores superiores a los niveles permitidos por la normativa nacional.

PRESENCIA *Salmonella* spp. y *Vibrio cholerae*

En la Figura 13, se observa la presencia de *Salmonella* spp. en las estaciones E2, E3, E4, E5, E6 y E7 durante la época húmeda, coincidiendo con la migración de aves. La presencia de *Salmonella* no fue observada en la E1, donde se concentra la mayoría de las aves migratorias. En la época de secano, no se registró presencia de *Salmonella* spp., posiblemente debido a la menor población de aves permanentes y migratorias.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

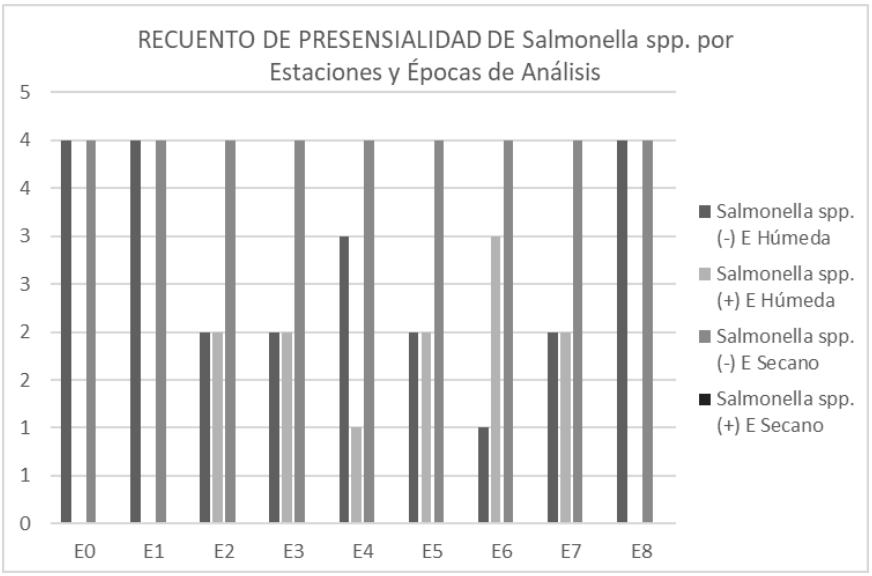


Figura 13. *Resultados de presencialidad de Salmonella* spp. *por estaciones y época*

En la Figura 14, se nota variabilidad en los resultados de cada estación; E0 y E8, alejadas de los centros urbanos, mostraron negatividad a la presencia de …….. En contraste, E2 y E7, con mayor cantidad de efluentes y riesgos, exhibieron resultados inconsistentes. Otras estaciones mostraron variabilidad sin causas evidentes.

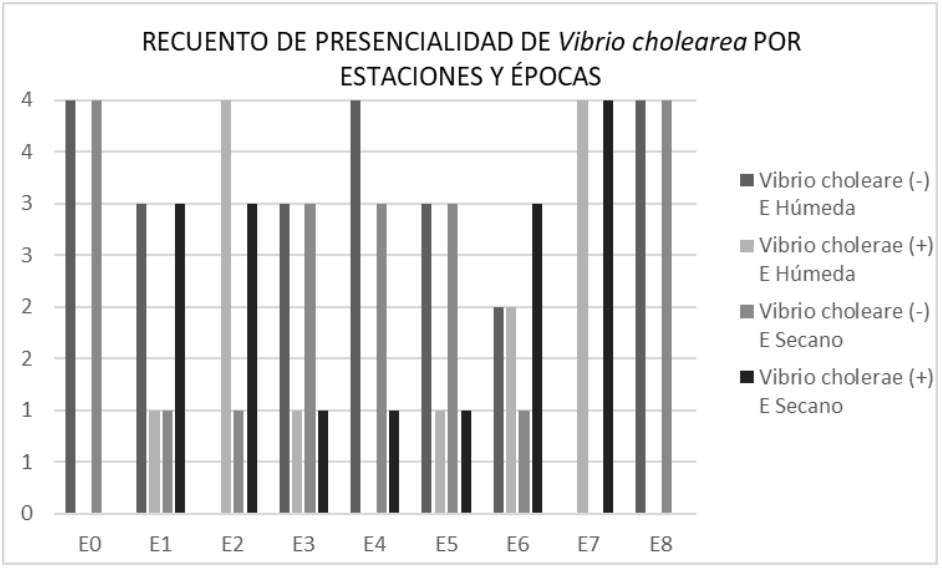


Figura 14. *Resultados de presencialidad de Vibrio cholerae por estaciones y época*

El análisis microbiológico del agua del Río Chillón indica una contaminación moderada a grave por aguas residuales y otros contaminantes. Se detecta una alta presencia de enterobacterias en todas las estaciones, especialmente en épocas secas, posiblemente influenciada por afluentes contaminados.

La concentración de enterococos es alta en las estaciones 1 y 2, indicando una pobre calidad del agua

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

debido a las cargas de contaminantes de los efluentes retenidos en E1, limitando la mezcla de agua dulce y salada (Liang et al., 2019). Los detergentes en aguas residuales afecta negativamente a la población de bacterias Gram positivas (Bush & Nazquez-Pertejo, 2021), explicando valores más bajos en comparación con otros parámetros.

En cuanto a los valores de coliformes termotolerantes y totales, estos muestran cantidades muy por encima de los niveles permitidos por la normativa nacional, y de igual manera una marcada disminución en los valores correspondientes a la época de secano

Durante la temporada húmeda, se detectó la presencia significativa de *Salmonella* spp. en las estaciones desde la E2 hasta la E7, relacionada con la ocupación de las aves migratorias en los puntos de muestreo. La ausencia de *Salmonella* en la estación E1 podría explicarse por la influencia estuarina, que afecta la supervivencia de enterobacterias según Liang et al. (2019). Las aves migratorias son reconocidas como fuentes de contaminación para *Salmonella* (Cordeiro Moura 2022). La presencia reducida durante la temporada seca podría vincularse con la migración de aves hacia hábitats más favorables (e.g. Fernandes et al. 2020).

El estudio reveló la variabilidad de la presencia de *V. cholerae* en diversas estaciones, destacando su ausencia en las estaciones E0 y E8, mientras que la estación E7 mostró presencia constante. Se confirma su hábitat natural en medios acuáticos, especialmente en áreas fluviales y estuarios. La investigación indica una relación entre la presencia de la bacteria y áreas con deficiencias sanitarias. Los resultados sugieren una influencia directa de los efluentes humanos en la proliferación de *V. cholerae* (e.g. Paulino et al. 2020).

Se sugiere una estrategia proactiva para mitigar la contaminación bacteriológica en el río Chillón, priorizando la potabilización del agua y la implementación de controles *in situ* en las estaciones propuestas. Esta medida se fundamenta en los estándares de calidad ambiental del 2017 y en la experiencia de Reitter (2021), quienes destacaron la necesidad de potabilización del agua para prevenir la contaminación en el río Algodonal, Colombia.

ANÁLISIS CORRELACIONAL

Por último, se aplicó prueba de normalidad de los datos y no se confirmó con la prueba de Shapiro-Wilk, entonces se aplicó la correlación de Spearman; resultados son mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Correlación riesgo y concentración bacteriana

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ENTORNOS ANALIZADOS	ÉPOCA HÚMEDA				ÉPOCA DE SECANO			
	C. Termotolerantes	C. Totales	Enterococos	*E. coli*	C. Termotolerantes	C. Totales	Enterococos	*E. coli*
Riesgo E. Humano	0,280	0,367	0,303	0,070	0,192	0,434	0,393	0,455
Riesgo E. Socio económico	0,203	0,271	0,340	0,153	0,373	0,372	0,254	0,458
Riesgo E. Ecológico	0,119	0,237	0,272	0,068	0,349	0,351	0,204	0,426
Riesgo Promedio	0,230	0,272	0,265	0,043	0,271	0,354	0,322	0,424

Nota: Nivel de confianza 95% (nivel de significancia 0.05).

Los resultados muestran correlación directa entre el nivel de riesgo y la concentración bacteriana. Se observa menor correlación en la época húmeda, pero mayor durante la seca. La concentración de *E coli* tiene correlación nula durante la época húmeda (0.043) y media en la seca (0.424). Esto sugiere que, aunque el caudal influye en la concentración bacteriana, otros factores mantienen el nivel de riesgo, como la exposición en la época húmeda.

La tabla 5 muestra la independencia de los niveles de riesgo respecto a la presencia de *Salmonella* spp. tanto en época húmeda como seca. Sin embargo, se observa dependencia con *V. cholerae* en ambas épocas. La ausencia de dependencia con *Salmonella* puede asociarse al aumento de aves migratorias durante febrero y marzo, explicando su ausencia en la época seca.

Tabla 5. *Prueba chi-cuadrado de nivel de riesgo vs presencia bacteria.*

ENTORNOS ANALIZADOS	ÉPOCA HÚMEDA		ÉPOCA DE SECANO	
	Salmonella spp.	*V. cholerae*	*Salmonella* spp.	*V. cholerae*
Riesgo E. Humano	0.453	0.007	a	0.005
Riesgo E. Socio económico	0.453	0.007	a	0.005
Riesgo E. Ecológico	0.453	0.007	a	0.005
Riesgo Promedio	0.453	0.007	a	0.005

Nota: “a” indica una constante en los resultados.

Considerando la respuesta al objetivo general que se ha planteado en esta investigación el que refiere analizar la relación de la calidad bacteriológica con los riesgos ambientales generados en la cuenca del rio Chillón, se obtuvo que, en efecto, existe una relación directa entre las variables referidas, pues el nivel de riesgo ambiental que se ha detectado es de leve, moderado a significativo y la calidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

bacteriológica, que predominantemente tiene niveles críticos.

CONCLUSIONES

La cuenca baja del Río Chillón presenta amenazas de nivel bajo a moderado para la población aledaña, a causa de los altos niveles de contaminación generado por los cinco escenarios de riesgo hallados. Se evidenció que la concentración de bacterias coliformes excede en varias veces los límites permisibles de los estándares nacionales.

La presencia de aves migratorias está relacionada con la aparición de *Salmonella* spp. y las zonas de liberación de efluentes presentaron *Vibrio cholerae* solo durante la época de secano con menor caudal, pero logrando extenderse hasta la siguiente estación aguas abajo.

Por último, se encontró niveles de correlación variable, de entre bajo a moderado, en las bacterias cuantificadas, esta se vio afectada principalmente por la variación estacional y no hubo mucha influencia de la intensidad con que se presentaban los riesgos. Así mismo, solo *Vibrio cholerae* dejó demostrada su dependencia de su presencia con el nivel de riesgo hallado.

(C) LITERATURA CITADA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridad Nacional del Agua [ANA] 2003 Hidrología superficial del Rio Chillón-2019. Recuperado de: http://www.ana.gob.pe/media/296600/estudio_hidrologico_chillon.pdf

Autoridad Nacional del Agua [ANA] 2016. Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Chillón – 2015. Recuperado de: http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2191

Aguilar E. (2017). Calidad bacteriológica del río torococha y su influencia en las aguas de pozo de los barrios san isidro y san jacinto de la ciudad de juliaca [TÍTULO PROFESIONA]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANODE PUNO.

Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A. & Stevens M. 2009. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.

Calderon Toledo C., von Mentzer A., Agramont J., Thorell K., Zhou Y., Szabó M., Colque P., Kuhn I., Gutiérrez Cortez S., & Joffré E. 2023. Circulation of enterotoxigenic Escherichia coli (ETEC) isolates expressing CS23 from the environment to clinical settings. *MSystems, 8(5).*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

https://doi.org/10.1128/msystems.00141-23

Cordeiro Moura J. R., Kraychete G. B., Longo L. G. de A., Corrêa L. L., da Silva N. M. V., Campana E. H., Oliveira C. J. B., & Picão R. C. 2022. Description and comparative genomic analysis of a mcr-1-carrying Escherichia coli ST683/CC155 recovered from touristic coastal water in Northeastern Brazil. Infection, Genetics and Evolution, 97. https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.105196

Díaz Pérez M. Rodríguez Martínez C. & Zhurbenko R. 2010. Aspectos fundamentales sobre el género Enterococcus como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, *48*(2), 147-161. Recuperado en 05 de diciembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032010000200006&lng=es&tlng=es.

Durán T., De la Cruz J., González M., Pérez C., Hernández R., Cuenca C. & Cruz M. 2018. Calidad Microbiológica Del Agua En La Cuenca Media Del Río Usumacinta, Tabasco, México. *European Scientific Journal, ESJ*, *14*(9), 46. https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p46

Edokpayi J. N., Odiyo J. O., Popoola E. O., & Msagati T. A. M. 2018. Evaluación de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de fuentes alternativas de agua potable: un estudio de caso del río Nzhelele, Sudáfrica. The Open Microbiology Journal, 12, 18–27. https://doi.org/10.2174 / 1874285801812010018

Fernandes, M. R., Sellera, F. P., Moura, Q., Esposito, F., Sabino, C. P., & Lincopan, N. (2020). Identification and genomic features of halotolerant extended-spectrum-β-lactamase (CTX-M)-producing Escherichia coli in urban-impacted coastal waters, Southeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, *150*. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110689

Guillén O. & Casas J. 2022. Mortalidad en el Perú. Cambios entre los años 2010 y 2018. Revista Médica Herediana, 33(3):221-224. http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v33i3.4344

Goshu G., Koelmans A. & de Klein J. 2021. Performance of faecal indicator bacteria, microbial source tracking, and pollution risk mapping in tropical water. Environmental Pollution. 279: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116693

Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA] 2003. Estudio integral de los recursos hídricos de la cuenca del Rio Chillón. abril 12, 2019, de ANA Sitio web: http://www.ana.gob.pe/media/296600/estudio_hidrologico_chillon.pdf

Miranda-Sanguino, R., Ramírez-Martínez, R. D., & Angarita-Castilla, W. (2016). Análisis microbiológico de la calidad del agua del río Algodonal en el tramo comprendido entre los

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

municipios de Ábrego y Ocaña, Norte de Santander. Revista Ingenio, 11(1), 189–200. https://doi.org/10.22463/2011642x.2115

Ministerio del Ambiente [MINAM] 2009. Guía de evaluación de riesgos ambientales. Dirección General de Calidad Ambiental. 13-33

Ministerio del Ambiente [MINAM] 2008. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Y Establece Disipaciones Complementarias. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

Ministerio del Ambiente [MINAM] 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Y Establece Disipaciones Complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Ministerio de Energía y Minas [MINEM] 1969. Ley general de aguas: Decreto Ley N° 17752-1969-MINEM

Ministerio de Salud [MINSA] 2002. Manual de desinfección y esterilización hospitalaria. Oficio N° 2193-DGSP-08-02. Dirección General de Salud. Recuperado de: http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1444.pdf

Ministerio de Salud [MINSA] 2011. Evaluación de la calidad sanitaria de las aguas del río Chillón - 2011. Dirección General de Salud Ambiental

Oblitas L. 2010. Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes del éxito. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3819/1/lcw355.pdf

Onyango A. E., Okoth M. W., Kunyanga C. N. & Aliwa, B. O. 2018. Microbiological Quality and Contamination Level of Water Sources in Isiolo County in Kenya. Journal of Environmental and Public Health, 2018.

Paulino G. V. B., Félix C. R., Silvan C. G., Andersen G. L. & Landell M. F. 2020. Bacterial community and environmental factors associated to rivers runoff and their possible impacts on coral reef conservation. Marine Pollution Bulletin, 156. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111233

Quilivan L., Chapman D. & Sullivan T. 2019. Validar el monitoreo de la ciencia ciudadana de la calidad del agua ambiental para los objetivos del desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. Science of The Total Environment, 134255. doi: 10.1016 / j. scitotenv.2019.134255

Reitter, C., Petzoldt, H., Korth, A., Schwab, F., Stange, C., Hambsch, B., Tiehm, A., Lagkouvardos, I., Gescher, J., & Hügler, M. (2021). Seasonal dynamics in the number and composition of

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

coliform bacteria in drinking water reservoirs. *Science of the Total Environment*, *787*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147539

Sánchez J., Dávila R., Zuta N., Vásquez F., Vargas A,. Villavicencio P. & Espinoza F. 2022. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica del agua del Río Chillón. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 62(4) 846-855. https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.624.027

Some S, Mondal R, Mitra D, Jain D, Verma D & Das S. 2021. Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. Energy Nexus, 1 https://doi:10.1016/j.nexus.2021.100008.

Sunass 2022. Boletín informativo (20 de diciembre de 2022). Recuperado de: https://www.sunass.gob.pe/lima/regulacion-de-los-servicios-de-saneamiento-redujo-brecha-de-cobertura-de-agua-potable-y-alcantarillado-en-15/

Tarqui-Mamani, C., Álvarez-Dongo, D., Gómez-Guizado, G., Valenzuela-Vargas, R., Fernández-Tinco, I., & Espinoza-Oriundo, P. 2016. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. Revista de salud pública, 18(6), 904. https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008

Taborda D. & Venegas W. 2016. Elaboración del mapa de riesgos de calidad del agua para consumo humano de la quebrada la hoya en el municipio de Zipaquirá Cundinamarca (Universidad Santo Tomás Facultad). Retrieved from https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2897/Tabordadiego2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Terrones A. & Herrera V. 2015. Calidad del agua en la cuenca baja del rio Chillón en época de estiaje y riesgo por el uso directo en riego agrícola (p. 140). p. 140. Lima.

Tumwebaze I. K., Sseviiri H., Bateganya F. H., Twesige J., Scott R., Kayaga S., Kulabako R. & Howard G. 2023. Access to and factors influencing drinking water and sanitation service levels in informal settlements: Evidence from Kampala, Uganda. Habitat International, 136. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102829

Woomer P.L. 1994 en Most Probable Number Counts. SSSA Book Series, 5: 59-79.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 069-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2020

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:	**438-2019-PRE11**
Título:	**Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón**
Investigador(a):	**Adriana Nicol Acosta Oliva** **Daniel Jesus Churano Shuan**

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. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

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 09 de diciembre 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, 09 de junio de 2020



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

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°091-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 15 de junio de 2020

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón**, presentado por:

- **Adriana Nicol Acosta Oliva / Daniel Jesus Churano Shuan**

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 Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

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: **Calidad bacteriológica y evaluación de los factores de riesgo para la salud ambiental de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón** con N° de registro: **438-2019-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Marcos Alejandro Sulca Lopez** como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Documento firmado digitalmente
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

Anexo 7. Envió a Revista indexada a Scopus



