

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS DE AGUA PRESENTE EN EL “RÍO CHILLÁN”,
UBICADO EN CHILLÁN, REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE.**

ARACELI FRANCISCA VILCHES SOTO

HABILITACIÓN PROFESIONAL
PRESENTADA A LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

CHILLÁN-CHILE

2025

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS DE AGUA PRESENTE EN EL “RÍO CHILLÁN”,
UBICADO EN CHILLÁN, REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE.**

Aprobado por:

Pedro Aqueveque Muñoz
Profesor de Biología. Dr.
Profesor Asociado.

Profesor Guía

Margarita Ocampo Rodríguez
Ingeniera en Alimentos, Dra.
Profesor Asistente.

Profesor Asesor

Luis Seminario Salas
Ingeniero en Industrias Alimentarias, Mg
Profesor Asistente.

Profesor Asesor

Juan Cañumir Veas
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Asociado.

Director de Departamento

Luis Octavio Lagos Roa
Ingeniero Civil Agrícola, Ph. D.
Profesor Titular.

Decano

DEDICATORIA.

A mi hijo, Tomás,

Por ti, mi niño, y por todo lo que hemos vivido juntos con el propósito de darte una vida mejor. Durante estos cinco años, estuviste siempre a mi lado: estudiando, acompañándome a clases y dándome apoyo para que la mamá sea ingeniera.

Eres mi compañero de vida y mi mayor inspiración.

Todo el esfuerzo que hemos hecho juntos espero que tenga su recompensa.

Gracias por ser un hijo maravilloso. Esto es por mí y para ti. Te amo.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia: a mi hijo, mi mamá, mi hermana y mi papá, por ser mi mayor fuente de ánimo para poder estudiar. A mi mamá, por impulsarme desde pequeña a soñar con la universidad. Y a mi hijo, en especial, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante frente a cualquier adversidad.

Agradezco también a las amigas que conocí gracias a la universidad, quienes desempeñaron un rol fundamental de apoyo y contención. Gracias por los días de risas, juegos, estrés y tantas vivencias compartidas durante esta etapa. Por todos los trabajos, tareas, presentaciones y laboratorios que tuvimos juntas. Siempre las llevaré en mi corazón. Pili y Pati, las quiero mucho.

A profesor Pedro, quiero agradecerle, por su respaldo desde el inicio de la carrera, por las conversaciones y su rol cuando estuvo como jefe de carrera. Agradezco especialmente su guía en esta tesis, así como su preocupación y paciencia en esta etapa final.

ÍNDICE DE MATERIAS.

	Página.
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES GENERALES.....	10
3. HIPÓTESIS.....	11
4. OBJETIVOS.....	11
4.1. Objetivo general.....	11
4.2. Objetivos específicos.....	11
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1. Área de estudio.....	12
5.2. Consideraciones del estudio.....	13
5.3. Obtención de muestras.....	13
5.4. Análisis microbiológico.....	15
5.4.1. Incubación y lectura de ensayo positivos en prueba presuntiva.....	16
5.4.2. Prueba confirmativa para Coliformes totales y Coliformes fecales.....	17

5.4.3.	Prueba confirmativa para <i>E. coli</i> .	17
5.4.4.	Prueba confirmativa para <i>Salmonella</i> .	18
5.5.	Análisis fisicoquímico.	19
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	20
6.1.	Análisis microbiológico.	20
6.2.	Análisis fisicoquímico.	26
7.	CONCLUSIONES.	33
8.	BIBLIOGRAFÍA.	36
9.	ANEXOS.	39

ÍNDICE DE TABLAS.

	Página.
En el escrito.	
Tabla 1. Límites para el crecimiento de E. coli en condiciones óptimas.	5
Tabla 2. Límites para el crecimiento de Salmonella en condiciones óptimas.	6
Tabla 3. Volúmenes de muestra, concentración y serie de tubos inoculados.	16
Tabla 4. Resultados del recuento de coliformes fecales para el análisis microbiológico del río Chillán.....	21
Tabla 5. Resultados de conductividad en el río Chillán.	39
Tabla 6. Resultados de TDS en el río Chillán.....	39
Tabla 7. Resultados de turbidez en el río Chillán.	39
Tabla 8. Resultados de temperatura en el río Chillán.....	40
Tabla 9. Resultado de pH en el río Chillán.	40

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página.
En el escrito.	
Figura 1. Ubicación espacial del río Chillán, se indican los puntos 1, 2, 3 y 4, para recolección de las muestras de agua.	15
Figura 2. Lectura positiva para CT en caldo BVB y para CT en caldo EC....	17
Figura 3. Lectura positiva para E. coli en medio Agar Levine.....	18
Figura 4. Lectura positiva indicada por tinción rojo con puntos negros para Salmonella en medio agar XLD.	19
Figura 5. Recuento de E. coli en los meses de agosto a noviembre de 2024 en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).	22
Figura 6. Recuento de Salmonella en los meses de agosto a noviembre de 2024 en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).	25
Figura 7. Relación entre conductividad y bacterias de E. coli y Salmonella, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).	27
Figura 8. Relación entre TDS y bacterias de E. coli y Salmonella, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N	

5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).....	28
Figura 9. Relación de turbidez sobre las bacterias de E. coli y Salmonella, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).....	29
Figura 10. Relación entre temperatura y crecimiento bacteriano de E. coli y Salmonella, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).....	30
Figura 11. Relación de pH y bacterias de E. coli y Salmonella, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).....	32
Figura 12. Gráfico según cantidad de tubos positivos para recuento de CT y CF.....	41
Figura 13. Parámetros fisicoquímicos analizados en los meses de agosto y septiembre en el río Chillán.	41
Figura 14. Animales que se encuentran dentro de la zona de estudio.	42
Figura 15. Río Chillán.	42
Figura 16. Microbasural ubicado en la zona de estudio.....	42
Figura 17. Punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas servidas.	43

Figura 18. Restos óseas de vaca encontrado en microbasural dentro de la zona de estudio. 43

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS DE AGUA PRESENTE EN EL “RÍO CHILLÁN”,
UBICADO EN CHILLÁN, REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE**

EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL QUALITY AND
PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER PRESENT IN THE
“CHILLÁN RIVER”, LOCATED IN CHILLÁN, ÑUBLE REGION, CHILE

Palabras claves: Coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*,
Salmonella, parámetros fisicoquímicos, río Chillán.

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la calidad del agua del río Chillán mediante la caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, con el fin de evaluar los posibles riesgos asociados a estos parámetros. Se seleccionaron puntos estratégicos para el muestreo y análisis, considerando la influencia de fuentes de contaminación. En el análisis microbiológico, se aplicaron técnicas para la detección de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Los resultados indicaron la presencia de estos microorganismos en todos los puntos de muestreo, que en algunos casos superaron las normas establecidas. Se detectó la presencia de *Salmonella* en dos puntos específicos de recolección, lo que resalta la necesidad de monitoreo continuo en la zona. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se analizaron la conductividad eléctrica, temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), pH y turbidez. Los resultados

reflejaron variaciones entre los meses de estudiados, posiblemente influenciadas por factores estacionales y aportes de contaminantes.

**EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL QUALITY AND
PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER PRESENT IN THE
“CHILLÁN RIVER”, LOCATED IN CHILLÁN, ÑUBLE REGION, CHILE**

Keywords: Total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, physicochemical parameters, Chillán river.

SUMMARY.

The objective of this study is to assess the water quality of the Chillán River by characterizing microbiological and physicochemical parameters, in order to evaluate the potential risks associated with these parameters. Strategic sampling points were selected for analysis, considering the influence of pollution sources. In the microbiological analysis, techniques were applied to detect total coliforms, fecal coliforms, and *Escherichia coli*. The results indicated the presence of these microorganisms at all sampling points, with some exceeding established standards. The presence of *Salmonella* was detected at two specific collection points, highlighting the need for continuous monitoring in the area. Regarding physicochemical parameters, electrical conductivity, temperature, total dissolved solids (TDS), pH, and turbidity were analyzed. The results showed variations between the months studied, possibly influenced by seasonal factors and pollutant inputs.

1. INTRODUCCIÓN.

El agua limpia es fundamental para la salud del medio ambiente y de todos los seres vivos. La calidad del agua en el río Chillán es de especial interés debido a su relevancia ecológica y su utilización en diversas actividades humanas. La contaminación microbiológica del agua se debe principalmente a la presencia de microorganismos como bacterias, virus y protozoos, que pueden tener graves repercusiones tanto en la salud pública como en el ecosistema (Ríos-Tobón, 2017)

Los cambios de entorno e incremento de estos microorganismos se deben, en gran medida a actividades humanas o actividades agropecuarias, como la cría de animales, el cultivo de tierras, el uso de abonos orgánicos mal procesados y la gestión inadecuada de aguas residuales, son las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad microbiológica del agua (Monge & Brenes, 2016).

La microbiología del agua se centra en el estudio de bacterias, que actúan como indicadores de la calidad del agua. Por ejemplo, la presencia de *Escherichia coli* (*E. coli*) indica contaminación fecal y representa un riesgo para la salud (Rock & Rivera, 2014).

E. coli es una bacteria mesófila, es decir, que su temperatura óptima es de 35 a 43°C, es un bacilo gran negativo que no produce esporas, que se encuentran comúnmente en intestinos de animales y seres humanos. El crecimiento de estas bacterias se puede ver a través de colonias en medio

de agar en condiciones especiales. El sitio primario de infección de *E. coli* para un ser humano será el tracto gastrointestinal, causa síntomas como diarrea, vómitos, fiebre y náuseas. Este microorganismo se elimina por materia fecal o las heces, y la ruta principal de transmisión es fecal-oral. Por tanto, el agua y alimentos son las formas más comunes de exposición de *E. coli*. Existen diferentes tipos o cepas de *E. coli* que causan enfermedades. Los tipos más dañinos de *E. coli* son; enterotoxigénico, enteropatógenos, enterohemorrágico y enteroinvasivo (Rock & Rivera, 2014).

E. coli tiene límites para el crecimiento en ciertas condiciones nutricionales simples, donde el pH y la temperatura sugieren amplios valores para el desarrollo óptimo de esta bacteria (Tabla 1) (Ministerio de Agricultura, 2017).

Tabla 1. Límites para el crecimiento de *E. coli* en condiciones óptimas.

Variables	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	7-8	35-40	46
pH	4,4	6-7	10

Salmonella spp. es una bacteria mesófila, donde su temperatura de crecimiento óptimo es de 35 a 37°C, es una bacteria Gram negativas, pertenece a la familia Enterobacteriaceae, cuya especie se divide en dos; *S. enterica* y *S. bongori*, La especie *S. enterica* se divide en seis subespecies; *S. enterica subesp. enterica*, *S. enterica subesp. salamae*, *S. enterica*

subesp. arizonae, *S. enterica subesp. diarizonae*, *S. entérica subesp. houtenae* y *S. entérica subesp. indica*, las cuales se diferencian entre si según su parentesco genómico y bioquímico, la subespecie *entérica* comprende casi todos los serotipos patogénicos del ser humano. *Salmonella* se divide en más de 2600 serotipos, cada uno con diferentes hospedadores y efectos clínicos; *S. enterica subesp. enterica* serotipo *Enteritidis* (*S. Enteritidis*) y *S. enterica subespecie enterica* serotipo *Typhimurium* (*S. Typhimurium*), entre sus hospederos están los mamíferos, aves y seres humanos. *Salmonella* tiene necesidades nutricionales simples, donde el pH y la temperatura sugieren amplios valores para el crecimiento óptimo de esta bacteria (Tabla 1) y puede sobrevivir durante largos periodos de tiempo en alimentos o aguas (Instituto de Salud Pública de Chile, 2019).

Tabla 2. Límites para el crecimiento de *Salmonella* en condiciones óptimas.

Variables	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	7,0	35-37	49,5
pH	3,8	7-7,5	9,5

La incubación de la *Salmonella* no tifoidea es de 12 a 36 horas luego de la ingestión de la bacteria, provocando o no síntomas, como una gastroenteritis. Las personas infectadas eliminan en sus heces grandes cantidades de *Salmonella spp.* El desprendimiento bacteriano ocurre por cuatro semanas

después de la enfermedad. Alrededor del 0,5% de personas contagiadas con salmonelosis no tifoidea se convierten en portadores a largo plazo, eliminando bacterias de forma continua (Instituto de Salud Pública de Chile, 2019).

La transmisión de *Salmonella* spp. ocurre por vía fecal-oral, principalmente a través del consumo de alimentos o agua contaminada, así como por contacto directo con animales infectados o entre personas. En humanos, esta enfermedad suele estar relacionada con deficiencias en el saneamiento. De manera similar, *E. coli* se propaga por las mismas vías, representando un riesgo para la salud pública.

Para el estudio de la calidad del agua se utilizan indicadores físicos, químicos y biológicos, permitiendo elaborar índices de calidad de agua, herramientas claves para el manejo y gestión de los recursos hídricos. En relación con los parámetros fisicoquímicos, la turbidez es un indicador de sólidos provenientes de la erosión y transporte de materia, fibras vegetales, aguas residuales domésticas e industriales. La disminución de la turbidez está estrechamente relacionada con las precipitaciones y puede afectar la biodiversidad. En algunos ecosistemas, ciertas especies están adaptadas a condiciones de alta turbidez, por lo que una reducción repentina puede alterar la disponibilidad de refugios y modificar la dinámica trófica. Además, una menor turbidez aumenta la penetración de la luz en la columna de agua, favoreciendo el crecimiento de algas y macrófitas, lo que puede generar cambios en la composición de las comunidades biológicas. Esto, a su vez,

influye en la disponibilidad de oxígeno disuelto y en la distribución de organismos acuáticos sensibles a estas variaciones (Fernández Cirelli & Volpedo, s.f.).

La conductividad es la capacidad que presenta el agua para conducir la electricidad, es decir, las sales que lleva disueltas. Puede verse influenciado por la geología del terreno o por las aguas residuales, ya que algunas sales provenientes de este tipo de aguas no son eliminadas en los procesos de depuración. Este parámetro puede indicar si el agua es apta para riego o si existe presencia de puntos de inyección de vertidos (Eduardo Durán, 2016).

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, que intervienen en el equilibrio de diferentes sustancias. El intervalo ideal para la vida es muy estrecho, en aguas naturales corresponde entre 6 y 9. Es un parámetro de gran importancia, ya que, si existen sedimentos contaminados en el cuerpo de agua, el pH puede disminuir, favoreciendo el transporte de los contaminantes presentes (Eduardo Durán, 2016).

La temperatura afecta a la mayoría de los procesos fisicoquímicos y biológicos en los ecosistemas acuáticos. Las variaciones de temperaturas se producen por los cambios de temperatura del ambiente, por el cambio estacional o diferencias térmicas de día y noche. Al aumentar la temperatura, puede influenciar a la biodiversidad provocando que disminuya su variabilidad, y el aumento de mortandad de peces (Eduardo Durán, 2016).

Los sólidos totales disueltos (TDS) son partículas de tamaño variable suspendidas en el agua. Es un indicador de la calidad del agua. El aumento

de los TDS en altas concentraciones afecta la disponibilidad de oxígeno para el ecosistema acuático (Eduardo Durán, 2016).

La recopilación y análisis de estos datos ofrecen una visión detallada del estado ambiental del agua, permitiendo identificar fuentes de contaminación y evaluar su impacto.

2. ANTECEDENTES GENERALES.

El río Chillán, ubicado en la Región de Ñuble, es un recurso hídrico vital para la biodiversidad y el equilibrio ambiental de la zona. Este río desempeña un papel esencial en la conservación de la flora y fauna local, al mismo tiempo que ofrece servicios ecosistémicos cruciales, como el suministro de agua para riego, el soporte de actividades recreativas y la regulación del clima local.

El río Chillán, además de su importancia ecológica, tiene un impacto significativo en las actividades humanas de la región, como la pesca, recreación, riego, entre otras. La evaluación de su calidad microbiológica y de parámetros fisicoquímicos es fundamental para asegurar la salud del ecosistema y la seguridad de las comunidades locales, como pescadores y agricultores, que dependen de este recurso hídrico para su sustento y bienestar. Esta investigación contribuirá al desarrollo de estrategias de conservación y gestión ambiental que promuevan la sostenibilidad y preservación a largo plazo de este valioso recurso hídrico.

Esta investigación no sólo enriquecerá el conocimiento científico sobre el río Chillán en la Región de Ñuble, sino que también proporcionará información vital para desarrollar estrategias de conservación y gestión ambiental, promoviendo la protección a largo plazo de este importante recurso hídrico.

3. HIPÓTESIS.

La calidad del agua del río Chillán está significativamente influenciada por la actividad humana o ganadera en las zonas urbanas adyacentes.

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

Estudiar la calidad del agua del río Chillán a través de la caracterización de sus parámetros microbiológicos y fisicoquímicos durante los meses de agosto a noviembre de 2024.

4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal en el río Chillán.
- Determinar parámetros fisicoquímicos del agua del río Chillán.
- Comparar las cinéticas microbiológicas y fisicoquímicas del agua del río Chillán.

5. METODOLOGÍA.

5.1. Área de estudio.

El río Chillán, ubicado en la Región de Ñuble, Chile, nace en la Cordillera de Los Andes y desemboca en el río Ñuble tras atravesar la ciudad de Chillán (coordenadas aproximadas 36°36'S 72°06'O). Como principal dren de las cuencas cordilleranas del norte de la región, recibe las aguas de sus tributarios; río Cato y río Changaral, en una cuenca de 4.774 km². Su régimen es pluvial, con un caudal medio de 11,2 m³/s que varía según las estaciones, influenciado por una precipitación anual promedio de 1119,8 mm. La cuenca, de origen pluvial y carácter exorreico (drenaje hacia el océano), es monitoreada por 6 estaciones fluviométricas y 4 pluviométricas. (Dirección General de Aguas, 2024).

La cuenca del río Chillán, rica en biodiversidad, alberga bosques esclerófilos, matorrales, pastizales y una variada fauna que incluye peces, aves y mamíferos (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). Reconociendo el impacto de actividades humanas como la agricultura, ganadería y el desarrollo urbano, se construyó en 2013 la planta de tratamiento de aguas servidas, con un caudal medio de descarga de 19.1 L/s. Esta planta, que promete una remoción del 99,99% de coliformes fecales según su Declaración de Impacto Ambiental, también cuenta con dos pozos profundos para asegurar el suministro de agua potable a Chillán y Chillán Viejo en caso de desastres naturales. Y la presencia de diez pozos inscritos para aprovechamiento de aguas en las zonas aledañas (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

E-Seia, 2025), por lo cual se subraya la necesidad de un monitoreo y conservación continua de los recursos del río para mitigar los efectos de la contaminación y la alteración de hábitats.

5.2. Consideraciones del estudio.

El estudio se enfocó en el río Chillán, caracterizado por su flujo constante y la presencia de una diversidad de vegetación ribereña adaptada a las condiciones acuáticas. Este ecosistema fluvial desempeña un papel crucial en la regulación hídrica y la purificación natural del agua. Dado que el río Chillán atraviesa zonas urbanas, es susceptible a diversas amenazas. Entre ellas se incluyen la alteración del hábitat debido a la urbanización, la contaminación por desechos industriales y domésticos, plantas de tratamientos de aguas servidas, y los desafíos de gestión relacionados con el mantenimiento de su calidad ecológica. La evaluación de la calidad del agua y del suelo es fundamental para entender y mitigar estos impactos.

5.3. Obtención de muestras.

Para la recolección de muestras de agua en el río Chillán, se llevó a cabo una preparación del equipo, que incluyó un enfriador con frascos de muestras estériles, guantes desechables para minimizar el riesgo de contaminación, etiquetas resistentes al agua para la correcta identificación de las muestras, bolsas estériles y gel packs refrigerantes para garantizar la estabilidad térmica durante el transporte.

Durante el procedimiento de muestreo, los frascos fueron sumergidos de

forma controlada y sin generar turbulencia para evitar la alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua, siguiendo la norma NCh 1620/1. Se recolectaron aproximadamente 400 mL en cada uno de los cuatro puntos del río:

- Punto 1: Norte 5941318, Este 763975 (UTM H-18S).
- Punto 2: Norte 5941286, Este 763719 (UTM H-18S).
- Punto 3: Norte 5941178, Este 763484 (UTM H-18S).
- Punto 4: Norte 5941063, Este 763441 (UTM H-18S).

El muestreo se realizó en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. La distancia entre los puntos de muestreo es de 257 metros entre los puntos 1 y 2, 259 metros entre los puntos 2 y 3, y 122 metros entre los puntos 3 y 4.

Una vez recolectadas las muestras de agua, fueron manejadas con cuidado para evitar la contaminación cruzada y se mantuvieron refrigeradas. Este procedimiento asegura la trazabilidad y la integridad de las muestras durante todo el proceso de análisis en el laboratorio. Las muestras fueron recopiladas en cuatro puntos seleccionados en el río como se ilustra en la figura 1 (NCh 1620/1).

Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, Campus Chillán.

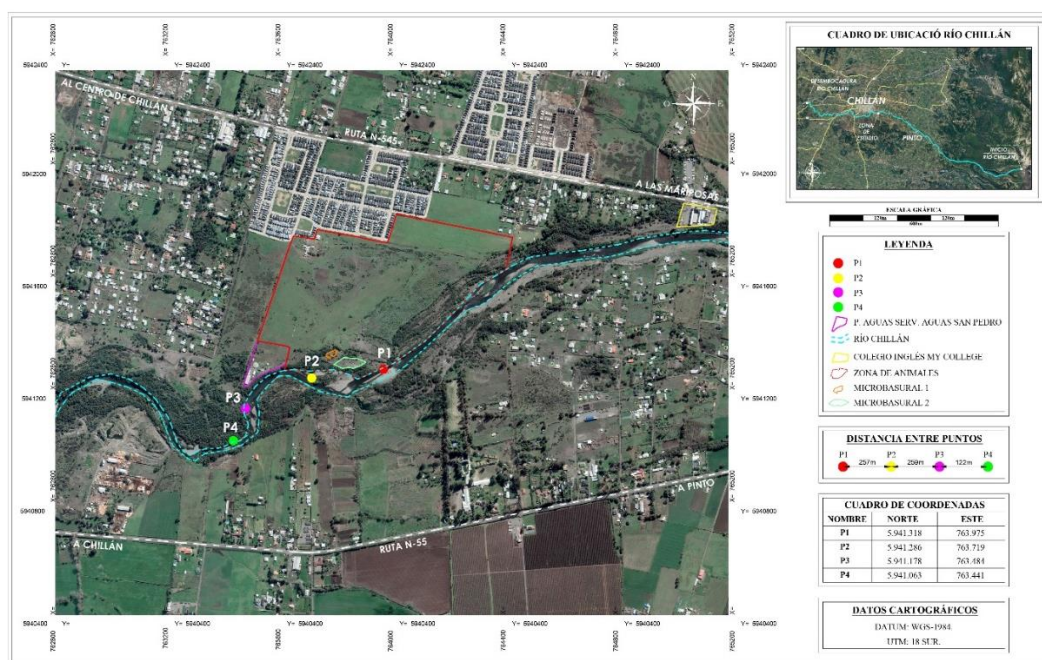


Figura 1. Ubicación espacial del río Chillán, se indican los puntos 1, 2, 3 y 4, para recolección de las muestras de agua.

5.4. Análisis microbiológico.

Para determinar la presencia de *E. coli*, coliformes totales y coliformes fecales en el agua, se empleó la metodología del Número Más Probable (NMP) la cual entrega una estimación de la cantidad microbiana presente en la zona de estudio, descrita en la Norma Chilena 1620/1. Las muestras de los cuatro puntos se trabajaron con inoculación en cinco tubos de LST según los volúmenes especificados en la Tabla 3.

Tabla 3. Volúmenes de muestra, concentración y serie de tubos inoculados.

Volumen de Muestra	Concentración LST	Nº de Tubos inoculados
10 mL	Doble	5
1 mL	Simple	5
0,1 mL	Simple	5

Esta técnica consiste en introducir muestras diluidas en tubos con medios de cultivo específicos:

- Lauril Sulfato Triptosa (LST): Se utilizó en un análisis inicial para detectar la posible presencia de coliformes en el agua, manifestado por la formación de sedimentos y liberación de gases debido a la fermentación de la lactosa.
- Bilis Verde Brillante (BVB): Se usó para detectar coliformes totales, inhibiendo el crecimiento de bacterias Gram positivas y muchas Gram negativas, resultando en turbidez y liberación de gases por fermentación.
- Medio EC: Es selectivo para coliformes fecales, confirmando la presencia de *E. coli* mediante la fermentación de la lactosa, que se muestra como turbidez y liberación de gases.
- Agar Levine: Se empleó para el aislamiento selectivo de *E. coli*, donde las colonias positivas se destacan por su color verde brillante y metálico.

5.4.1. Incubación y lectura de ensayo positivos en prueba presuntiva.

Para la técnica del NMP, se realizó la incubación en un horno a 35° Celsius

durante 48 horas. Finalizado este periodo, la presencia de gas en los tubos Durham y turbidez de los medios de cultivo de LST simple y doble indicó resultados positivos para la prueba presuntiva de Coliformes.

5.4.2. Prueba confirmativa para Coliformes totales y Coliformes fecales.

Para los tubos con resultados positivos obtenidos en la prueba presuntiva, se transfirieron con un asa a caldo BVB para confirmar Coliformes Totales, y otra asada del mismo caldo la prueba presuntiva a caldo EC para confirmar coliformes fecales. La incubación del caldo BVB se realizó a 35°C durante 48 horas en el horno, y los tubos de caldo EC se incubaron en baño termostático a 44,5°C durante 24 horas (NCh 1620/1). La presencia de turbidez y gas en los tubos de Durham indican resultados positivos para la presencia de Coliformes totales y Coliformes fecales como se ve en la figura 2.

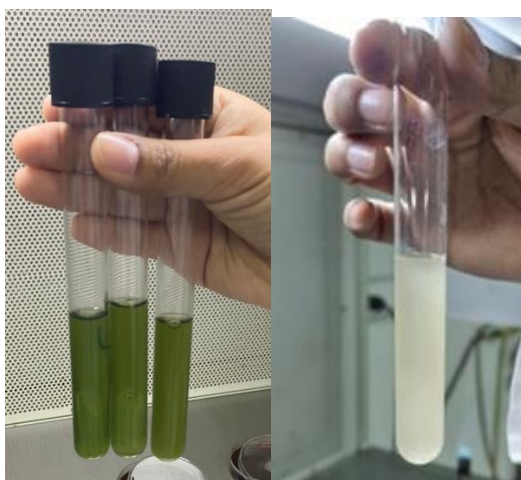


Figura 2. Lectura positiva para CT en caldo BVB y para CT en caldo EC.

5.4.3. Prueba confirmativa para *E. coli*.

A partir de los resultados positivos de las muestras de caldo EC, se tomó un

inóculo con un asa para cada una de las muestras, y traspasó a agar Levine para confirmar presencia de *E. coli*, obteniéndose colonias aisladas. Se incubaron, a 37°C por 18 a 24 horas. Finalizado el periodo de incubación, las colonias con una tinción verde oscura metalizada indican positividad a *E. coli* (Instituto Nacional de Normalización, 1984) tal como se ve en la figura 3.

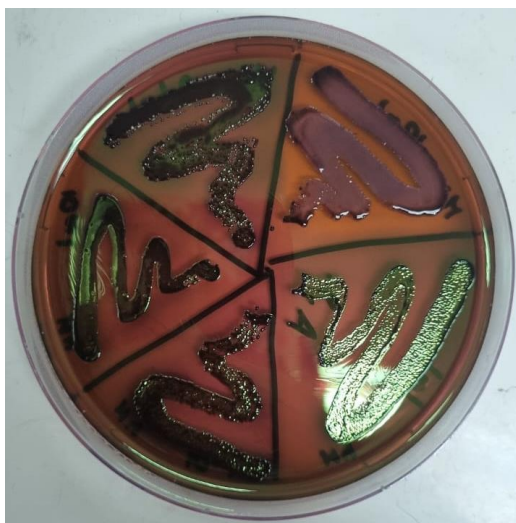


Figura 3. Lectura positiva para *E. coli* en medio Agar Levine.

5.4.4. Prueba confirmativa para *Salmonella*.

El análisis microbiológico de *Salmonella* se inicia utilizando medios selectivos, como el medio de BVB, que permite la inhibición de microorganismos competidores y la selección de colonias de *Salmonella*. Las muestras positivas de BVB que fueron positivas se transfirieron a un medio de cultivo XLD (Xilosa-Lisina-Deoxicolato), el cual favorece el crecimiento de *Salmonella* y permite la identificación a través de la observación de colonias de color rojo, que indican la fermentación de xilosa y la producción de ácido sulfhídrico, tal como se muestra en la figura 4.

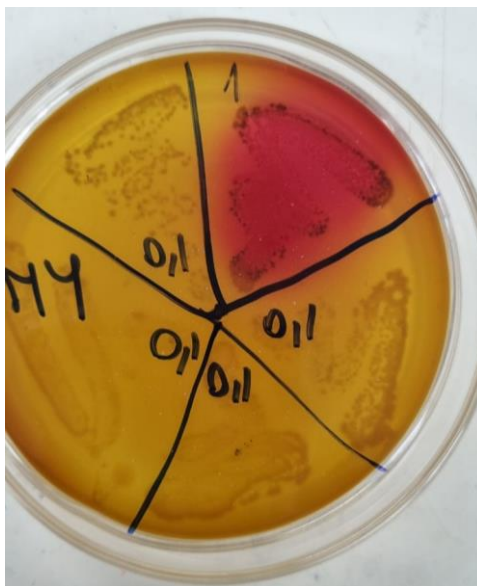


Figura 4. Lectura positiva indicada por tinción rojo con puntos negros para *Salmonella* en medio agar XLD.

5.5. Análisis fisicoquímico.

Para el estudio de los parámetros fisicoquímicos del agua, se realizaron mediciones *in situ* y análisis en laboratorio de Biotecnología Hidroambiental de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción Campus Chillán para garantizar la representatividad de los datos.

- Temperatura: se midió directamente en el sitio de muestreo para evitar variaciones debidas al traslado hasta el laboratorio.
- Conductividad y sólidos totales disueltos: se calculó con un conductímetro calibrado.
- Turbidez: se midió utilizando un turbidímetro.
- pH: se evaluó con un medidor de pH calibrado.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1. Análisis microbiológico.

Los resultados del análisis microbiológico de coliformes totales en el río Chillán evidencian la presencia de contaminación microbiológica en todos los puntos de muestreo durante los meses evaluados (agosto, septiembre, octubre y noviembre). Sin embargo, se observan cierta variabilidad entre los puntos y los periodos de muestreo, lo que sugiere la influencia de factores ambientales y estacionales en la concentración de microorganismos.

En los meses de agosto y noviembre, se registraron valores que excedieron los límites establecidos por la NCh 1620/1 en al menos un punto de muestreo. En agosto, el punto 1 (Norte 5941318, Este 763975 UTM H-18S) presentó una concentración superior a 1600 NMP, lo que indica una fuerte contaminación microbiológica en esa zona. De manera similar, en noviembre, el punto 1 (N 5941318, E 763975) y punto 4 (N 5941063, E 763441) alcanzaron valores mayores a 1600 NMP, lo que refleja un posible incremento en la carga microbiológica en estos sitios, como descargas significativas de aguas residuales o fuentes de contaminación cercanas.

Por otro lado, en los meses de septiembre y octubre, las concentraciones de coliformes fecales fueron menores en la mayoría de los puntos, manteniéndose por debajo de los límites normativos. Esto podría explicarse por la disminución de precipitaciones y escorrentías en estos meses, lo que reduciría el arrastre de contaminantes. No obstante, se identificó una nueva

alza en los coliformes fecales, lo que podría estar asociado a descargas intermitentes o actividades antropogénicas en la zona, y, por lo tanto, un aumento en la contaminación microbiológica (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del recuento de coliformes fecales para el análisis microbiológico del río Chillán.

NMP	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Punto 1 (N 5941318, E 763975)	>1600	23	17	>1600
Punto 2 (N 5941286, E 763719)	32	4	28	40
Punto 3 (N 5941178, E763484)	35	14	25	47
Punto 4 (N 5941063, E 763441)	19	6.8	14	>1600

La variabilidad de los datos sugiere que la contaminación microbiológica en el río Chillán no es uniforme y puede estar influenciada por factores como la estacionalidad, el régimen hidrológico del río y posibles fuentes de contaminación cercanas a los puntos de muestreo. Los valores elevados en agosto pueden estar relacionados con un incremento en el caudal del río debido a las lluvias, lo que favorece la movilización de microorganismos desde suelos contaminados o descargas de aguas residuales.

En términos de riesgo sanitario, los valores elevados de coliformes totales representan una potencial amenaza para la salud pública, especialmente en

los puntos donde los niveles sobrepasan los límites normativos. La presencia de estos microorganismos indica la posibilidad de contaminación fecal, lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

El análisis microbiológico realizado para la detección de *E. coli* en el río Chillán mostró variaciones en la concentración de este microorganismo a lo largo de los meses de muestreo y en los diferentes puntos evaluados. La presencia de *E. coli* es un indicador clave de contaminación fecal, lo que implica riesgos para la calidad del agua y salud pública.

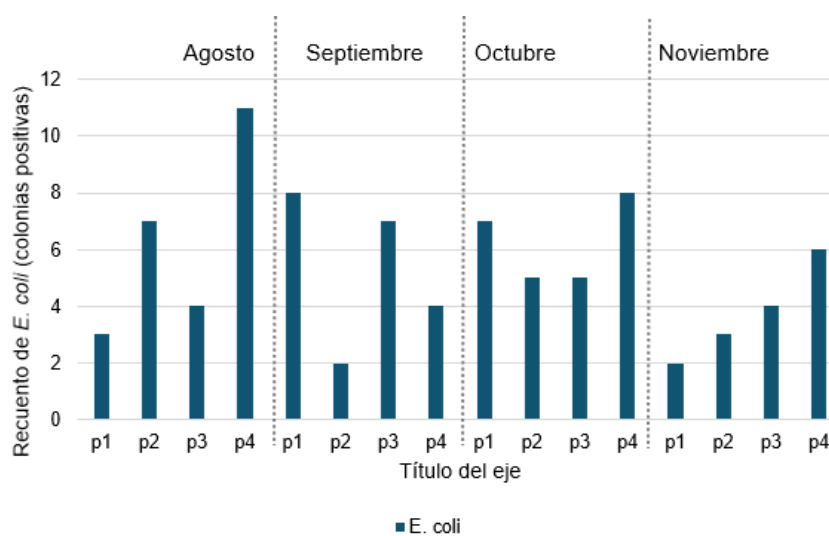


Figura 5. Recuento de *E. coli* en los meses de agosto a noviembre de 2024 en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

La detección de *E. coli*, basado en el conteo de colonias positivas en placas con agar Levin, mostró diferencias entre los puntos de muestreo y los meses evaluados. En agosto, se registraron concentraciones moderadas de *E. coli*, con el mayor número de colonias en el punto 2 (Norte 5941286, Este

763719); 8 colonias, seguido del punto 3 (Norte 5941178, Este 763484); 7 colonias. Estos valores sugieren una posible influencia de escorrentías y puntos de descargas de aguas residuales que podrían contribuir a la contaminación microbiológica del sector. Durante septiembre, se observó un aumento en el punto 1 (N 5941318, E 763975); 7 colonias, lo que podría indicar la presencia de una fuente puntual de contaminación en este sitio. En contraste, el punto 2 (N 5941286, E 763719) presentó una disminución significativa (2 colonias), lo que podría estar relacionado con cambios en el caudal del río o una menor carga contaminante en este periodo. En octubre se detectaron valores relativamente bajos y más homogéneos en todos los puntos de muestreo, con un rango de 0 a 3 colonias, lo que sugiere una reducción temporal en la carga microbiológica del agua. Por último, durante noviembre se evidenció un incremento importante en el punto 1 (N 5941318, E763975); 10 colonias y en el punto 4 (N 5941063, E 763441); 7 colonias, lo que podría estar asociado a descargas irregulares o una mayor concentración de contaminantes debido a factores ambientales como la disminución del caudal del río (Figura 5).

Estos resultados indican la presencia constante de *E. coli*, aunque con variaciones entre meses y puntos, la detección continua de este microorganismo confirmar la presencia de contaminación fecal en el río Chillán, lo que puede representar un riesgo para el uso humano, recreativo o el consumo de agua sin tratamiento adecuado.

La variabilidad en el conteo puede deberse a factores estaciones y fuentes

puntuales, ya que, la mayor concentración en ciertos meses podría estar influenciada por la temporada de lluvias, que transporta contaminantes desde diversas fuentes. Sin embargo, el aumento en sitios específicos, como el punto 1 (N 5941318, E 763975) en septiembre y noviembre, sugiere posibles descargas directas o fuentes de contaminación cercanas por sitios aledaños al río.

El análisis microbiológico de *Salmonella* en los cuatros meses evaluados muestra una distribución heterogénea entre los puntos de muestreo. En la Figura 6 se observó que la bacteria solo estuvo presente en los puntos 1 (N 5941318, E 763975) y 4 (N 5941063, E 763441), mientras que en los puntos 2 (N 5941286, E 763719) y 3 (N 5941178, N 763484) no se detectó en ninguno de los meses analizados.

En cuanto a la variación temporal, en agosto se detectó *Salmonella* únicamente en el punto 4 (N 5941063, E 763441), con un recuento de 1 positivo. En septiembre y noviembre, no se encontró la bacteria en ninguno de los puntos, lo que podría indicar una reducción en la contaminación durante este mes. Sin embargo, en octubre se registró el mayor valor en el punto 1 (N 5941318, E 763975), con un recuento de 3 positivos, lo que sugiere un posible evento de contaminación en esa área.

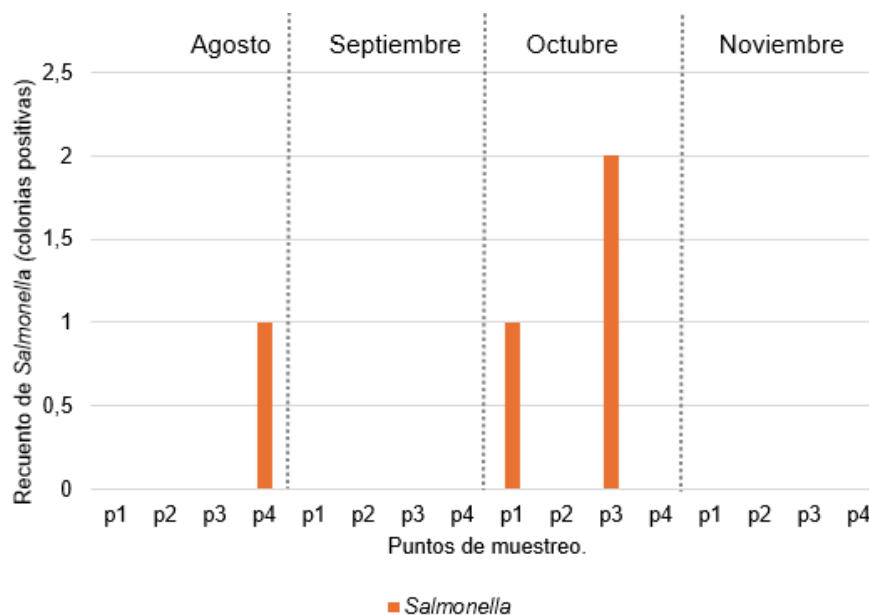


Figura 6. Recuento de *Salmonella* en los meses de agosto a noviembre de 2024 en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

La ausencia de *Salmonella* en los puntos 2 (N 5941286, E 763719) y 3 (N 5941178, E 763484) durante todo el periodo analizado podría indicar que estas áreas están menos expuestas a fuentes de contaminación, factores ambientales o antropogénicos que puedan estar contribuyendo a la presencia de *Salmonella* en estos lugares (Figura 6).

Además, es fundamental implementar un monitoreo constante y establecer medidas para mitigar el impacto de los efluentes en el cuerpo de agua receptor, para garantizar que la calidad del agua cumpla con los estándares establecidos y proteger la salud de las comunidades cercanas, ya que como se mencionó anteriormente, esta bacteria es capaz de sobrevivir en el tiempo y tiene necesidades vitales simples y es altamente contagiosa.

6.2. Análisis fisicoquímico.

En relación con los parámetros fisicoquímicos, como conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), pH y turbidez, presentan variaciones entre los puntos y meses analizados. Estos parámetros son indicadores clave de la calidad del agua y pueden estar relacionados con la calidad microbiológica.

Los valores de conductividad variaron a lo largo de los meses y puntos de muestreo, con tendencias diferenciadas en cada periodo (Tabla 5). En agosto, específicamente en el punto 1 (N 5941318, E 763975), se identificó el punto de menor valor de conductividad en todo el periodo de análisis, 42,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en el mismo mes, en el punto 4 (N 5941063, E 763484), se identificó el valor más alto de conductividad, 105,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que puede estar relacionado que, a lo largo de los puntos de muestreo, existen puntos de inyección de contaminantes o materia orgánica. En general, la conductividad mostró valores altos en los meses de agosto, septiembre y octubre, lo que sugiere una mayor presencia de iones disueltos en el agua. Sin embargo, no se observa una relación clara y directa entre el aumento o disminución de la conductividad con la presencia de *E. coli* y *Salmonella*, en algunos puntos, como el 2 (N 5941286, E 763719) y el 4 (N 5941063, E 763441), la presencia de bacterias disminuye a medida que la conductividad se mantiene alta.

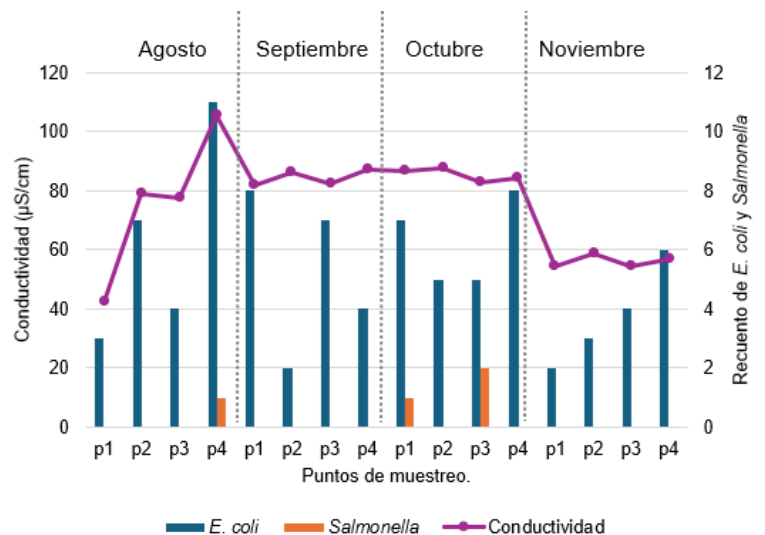


Figura 7. Relación entre conductividad y bacterias de *E. coli* y *Salmonella*, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

En relación con los Sólidos Totales Disueltos (TDS), los valores presentaron variaciones moderadas entre los puntos de muestreo y los meses, con una tendencia similar a la conductividad, lo que es esperable debido a su relación directa (Tabla 6). En este caso, no se observa una relación lineal entre el aumento de los TDS y la presencia de bacterias (Figura 8). En algunos meses y puntos de muestreo, un incremento de TDS coincidió con una reducción de *E. coli* y *Salmonella*, lo que podría deberse a la composición de los sólidos presentes en el agua, que pueden no ser favorables para la proliferación bacteriana.

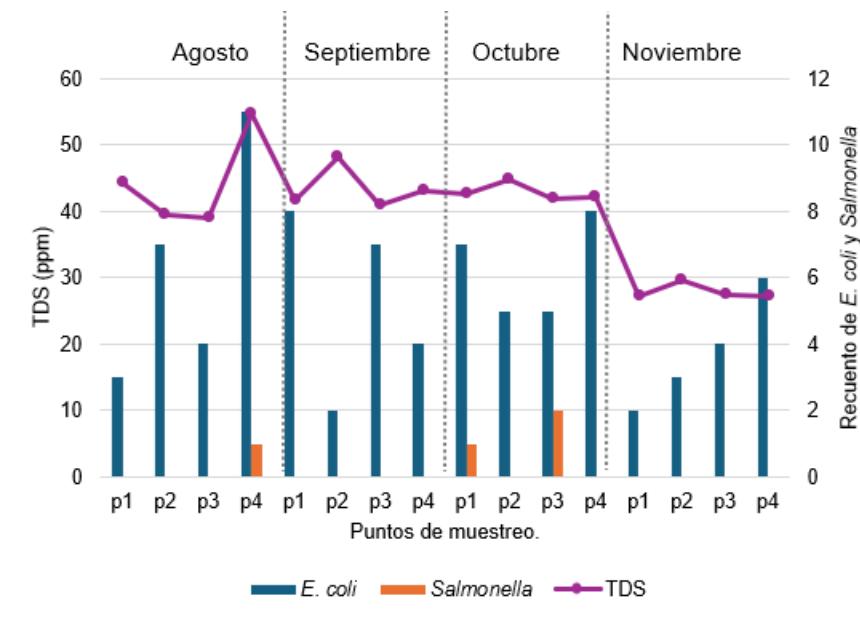


Figura 8. Relación entre TDS y bacterias de *E. coli* y *Salmonella*, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

Los valores de turbidez mostraron una variabilidad importante entre los puntos y los meses de muestreo (Tabla 7). Se observó en la Figura 9, que en agosto se encontraron los valores más elevados de turbidez. En algunos casos, una mayor turbidez coincide con un incremento en la presencia de *E. coli* y *Salmonella*, lo que sugiere que la materia en suspensión podría estar proporcionando condiciones favorables para la supervivencia de estas bacterias o estar asociado con contaminación de origen fecal. Esto es especialmente evidente en los puntos donde la turbidez se mantiene elevada y la presencia bacteriana es más constante, como es en el caso de agosto y noviembre, lo que refuerza la relación entre la materia particulada en suspensión y la contaminación microbiológica.

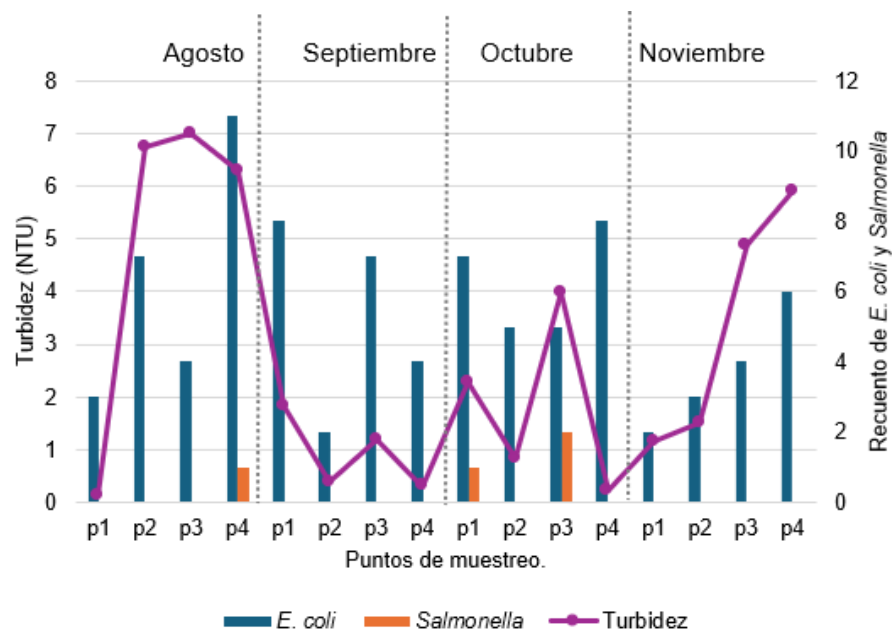


Figura 9. Relación de turbidez sobre las bacterias de *E. coli* y *Salmonella*, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

Para la temperatura, a lo largo de los cuatro meses de análisis se muestra un incremento progresivo en todos los puntos de muestreo, lo que es consistente con la transición estacional del invierno a la primavera (Tabla 8). Se observa que en el punto 2 (N 5941286, E 763719) presenta los valores más altos de temperatura en comparación a los demás, mientras que en el punto 1 (N 5941318, E 763975) tiende a registrar temperaturas más bajas. En noviembre, los valores son los más elevados en todos los puntos, alcanzando o superando los 20°C en algunos casos.

En cuanto al crecimiento bacteriano, la presencia de *E. coli* y *Salmonella* varía en los diferentes puntos de muestreo y meses. Se evidencia una tendencia general de mayor presencia de *E. coli* en los meses más cálidos,

lo que sugiere una posible relación entre el aumento de la temperatura y el crecimiento bacteriano. Sin embargo, en algunos puntos, los valores muestran fluctuaciones que podrían deberse a otros factores, como la influencia de fuentes de contaminaciones cercanas o cambios en las condiciones del agua. En general, estos resultados indican que la temperatura podría estar favoreciendo el crecimiento bacteriano.

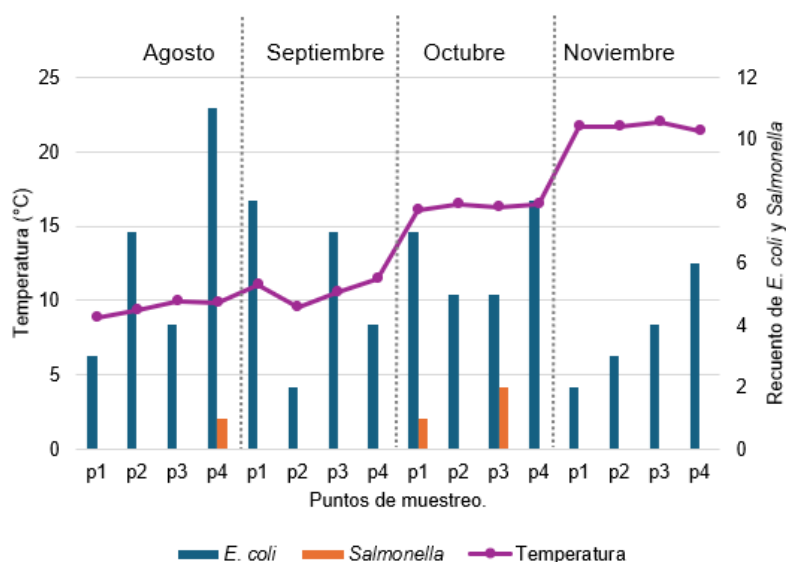


Figura 10. Relación entre temperatura y crecimiento bacteriano de *E. coli* y *Salmonella*, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

Adicionalmente, el análisis del pH al largo de los cuatro meses muestra valores relativamente estables en los diferentes puntos de muestreo, con ligeras variaciones entre los meses (Tabla 9). En general, los valores de pH se encuentran dentro de un rango cercano a la neutralidad, con algunos puntos alcanzando valores ligeramente alcalinos, especialmente en

septiembre y noviembre. Se observa que el pH en el punto 1 (N 5941318, E 763975) es más variable, mientras que en los puntos 2 (N 5941286, E 763719), 3 (N 5941178, E 763484) y 4 (N 5941063, E 763441) se mantiene más constante. En relación con el crecimiento bacteriano, la presencia de *E. coli* y *Salmonella* no parece seguir una relación directa con el pH, ya que su presencia fluctúa sin un patrón claro respecto a las variaciones de este parámetro. Sin embargo, en algunos puntos, se observa un aumento en la presencia de *E. coli* en los meses donde el pH es más neutro o ligeramente alcalino, lo que podría indicar condiciones más favorables para su proliferación. En general, aunque el pH es un factor importante en la calidad del agua, su relación con el crecimiento bacteriano en este caso no parece ser el factor determinante, por lo que podrían influir otras variables ambientales.

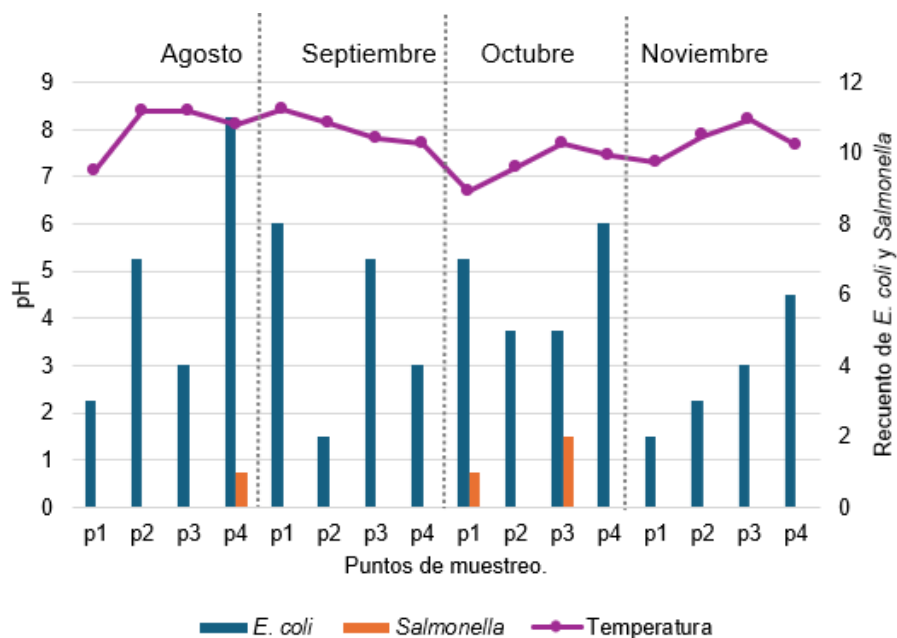


Figura 11. Relación de pH y bacterias de *E. coli* y *Salmonella*, durante agosto a noviembre de 2024, en los puntos de muestreo; punto 1 (N 5941318, E 763975), punto 2 (N 5941286, E 763719), punto 3 (N 5941178, E 763484) y punto 4 (N 5941063, E 763441).

Los resultados obtenidos entre estos parámetros proponen que la calidad del agua podría estar afectada por fuentes puntuales de contaminación, como la descarga de la planta de tratamiento de aguas servidas, y que las interacciones entre parámetros pueden afectar tanto la composición química como la actividad microbiana en el río Chillán.

7. CONCLUSIONES.

El presente estudio permitió evaluar la calidad del agua del río Chillán a través del análisis de parámetros fisicoquímicos (conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, pH, temperatura) y microbiológicos (*E. coli* y *Salmonella* spp.), proporcionando una visión puntual sobre el estado del recurso hídrico y su relación con posibles fuentes de contaminación.

Se detectó la presencia de *E. coli* en los cuatro puntos de muestreo, con variaciones en sus concentraciones a lo largo del tiempo. Y *Salmonella* spp. en dos puntos de muestreo, con presencia solo en dos meses. Los valores más elevados se registraron en el punto 1 (primer punto de muestreo, ubicado aguas arriba del punto de descarga de aguas servidas) y 4 (ubicado aguas abajo del punto de descargas de aguas servidas), lo que indica una posible acumulación de contaminación fecal debido a descargas cercanas. La presencia persistente de estos microorganismos destaca la necesidad de monitoreo continuo para evaluar la calidad microbiológica del agua y su posible impacto en la salud pública y el ecosistema.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados presentaron variaciones en función de la ubicación y tiempo de muestreo. Se observó que la conductividad y los TDS fueron mayores en puntos con mayor presencia de bacterias fecales, lo que sugiere la presencia de estos compuestos disueltos asociados contaminación fecal. Según la norma NCh 1333, la conductividad debe ser menor o igual a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo tanto, según los resultados obtenidos, estos estarían dentro de los límites establecidos. En cuanto a los TDS, la

misma NCh 1333, indica que el agua debe estar igual o menor a 500 ppm, y según los resultados, estarían dentro de los límites establecidos por la norma.

La turbidez mostró un incremento en zonas de mayor actividad antropogénica, indicando una mayor cantidad de partículas en suspensión, con relación a las bacterias, podría estar relacionado ya que en algunos puntos coinciden con el incremento de *E. coli* y *Salmonella*, por lo cual, las partículas en suspensión podrían favorecer la supervivencia de estas bacterias. Según el decreto DS90, el agua para consumo humano no debe pasar los 5 NTU y para riego no debe ser mayor a 50 NTU, y según los resultados obtenidos durante el muestreo, en cuatro puntos superaría el límite para consumo humano, pero se mantiene dentro del límite para riego.

La temperatura se mantuvo dentro de un rango esperable, puesto que hubo variaciones estacionales, lo que podría influir en la actividad microbiológica del río. Según la NCh 1333, la temperatura máxima del agua para contacto directo es máximo 30°C, según los resultados la temperatura máxima registrada en los cuatro meses fue en noviembre de 22°C, por lo tanto, está dentro de los límites establecidos por la norma.

El pH se mantuvo relativamente estable, sin variaciones significativas que indicaran acidificación o alcalinización del agua. Según la norma NCh 1333, el pH para riego debe estar dentro de 5,5 y 9, para recreación entre 6,5 y 8,3 y vida acuática entre 6 y 9, y según los resultados, solo en tres puntos superaría la norma para agua utilizada para recreación.

Desde una perspectiva ambiental y sanitaria, la detección de *E. coli* y *Salmonella* en diversas concentraciones a lo largo del río señalan una contaminación de origen fecal, lo que representa un riesgo para la salud pública y los ecosistemas acuáticos. La proximidad de descargas de aguas residuales y la actividad humana en la cuenca podrían estar contribuyendo a esta contaminación, afectando la calidad del agua y comprometiendo su uso para consumo humano, recreación y actividades agrícolas.

En conclusión, el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos es fundamental para evaluar la calidad del agua y detectar posibles fuentes de contaminación en cuerpos hídricos como el río Chillán.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Congreso, del. (2025). Biblioteca del Congreso Nacional | Ley Chile.

[Www.bcn.cl/Leychile.](http://www.bcn.cl/Leychile)

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=182637>

Dirección General de Aguas. (2024). Mop.gob.cl. <https://dga.mop.gob.cl/>

Eduardo, L., & Durán, G. (n.d.). “Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos” estudiante.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD%20EGA%202016%200006%20%20Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Eugenia, N., Escobar, C., & Escobar, J. C. (2025). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería E Investigación*, 27(3), 172–181.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext)

[56092007000300019&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext)

Escherichia coli productora de toxina Shiga (STEC). (n.d.).

<https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-07-STEC-v01.pdf>

Fernández Cirelli, A., & Volpedo, A. V. (s.f.). Indicadores físico-químicos:

¿Qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua?

Instituto de Salud Pública de Chile. (2019). *Salmonella spp.* 2014-2018

(Boletín de Vigilancia de Laboratorio, Vol. 9, No. 13). Gobierno de

Chile.

Instituto Nacional de Normalización. 1984. Agua potable – Determinación de bacterias coliformes totales – Parte 1: Método de los tubos múltiples (NMP). NCh 1620/1: of. 84. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente, 2019. Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 220 pp

Monge, S. A., & Brenes, B. M. (2016). Contaminación del agua. *Biocenosis*, 20(1-2).

<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1311>

Norma Chilena Oficial NCh 1333.Of.78 modificada en 1987: requisitos de calidad del agua para diferentes usos /. (1998, June 4). Retrieved from https://www.bcn.cl/catalogo/detalle_libro?bib=100363

Retrieved January 22, 2025, from https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/142626/CONICET_Digital_Nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1_A.pdf?sequence=2

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017).

Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

Rock, C., & Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. coli y su salud (AZ1624S). The University of Arizona, Cooperative Extension.

Salmonella enterica no serovar Typhi. (n.d.). <https://www.achipia.gob.cl/wp->

content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-05-Salmonella-no-typhi-v01.pdf

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental e-seia. (2025). Sea.gob.cl.

https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=6878580

Source Attribution of Nontyphoid Salmonellosis in New Zealand Using

Outbreak Surveillance Data. (2019). Esr.cri.nz.

<https://www.esr.cri.nz/digital-library/source-attribution-of-nontyphoid-salmonellosis-in-new-zealand-using-outbreak-surveillance-data/>

TERCERA EDICIÓN -TOMO I. (n.d.). [https://mma.gob.cl/wp-](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/Tomo-I-libro-Biodiversidad-Chile-MMA-web.pdf)

[content/uploads/2019/04/Tomo-I-libro-Biodiversidad-Chile-MMA-web.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/Tomo-I-libro-Biodiversidad-Chile-MMA-web.pdf)

9. ANEXOS.

Tabla 5. Resultados de conductividad en el río Chillán.

Conductividad				
($\mu\text{S/cm}$)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Agosto	42,5	79,2	77,6	105,5
Septiembre	82	86,3	82,2	87,2
Octubre	86,5	87,8	82,7	84,1
Noviembre	54,6	58,8	54,4	56,6

Tabla 6. Resultados de TDS en el río Chillán.

TDS (ppm)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Agosto	44,4	39,6	39	54,8
Septiembre	41,6	42,8	40,9	43
octubre	42,7	44,7	42	42,2
Noviembre	27,3	29,7	27,5	27,3

Tabla 7. Resultados de turbidez en el río Chillán.

Turbidez (NTU)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Agosto	0,11	6,73	7	6,3
Septiembre	1,82	0,39	1,19	0,3
Octubre	2,29	0,83	3,98	0,21

Noviembre	1,16	1,52	4,88	5,92
-----------	------	------	------	------

Tabla 8. Resultados de temperatura en el río Chillán.

Temperatura (°C)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Agosto	8,8	9,3	9,9	9,8
Septiembre	11	9,5	10,5	11,4
Octubre	16,1	16,5	16,3	16,5
Noviembre	21,7	21,7	22	21,4

Tabla 9. Resultado de pH en el río Chillán.

pH	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Agosto	7,13	8,39	8,4	8,1
Septiembre	8,43	8,14	7,8	7,7
Octubre	6,7	7,2	7,68	7,46
Noviembre	7,31	7,86	8,2	7,67

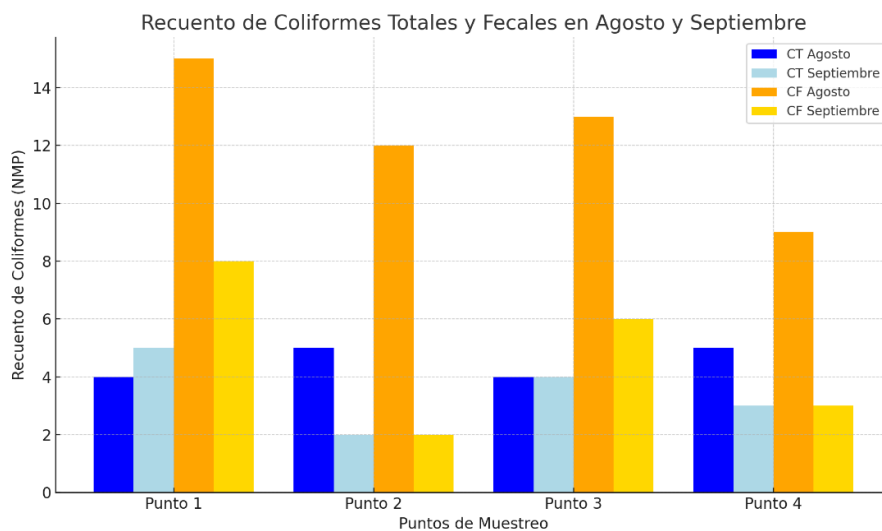


Figura 12. Gráfico según cantidad de tubos positivos para recuento de CT y CF.

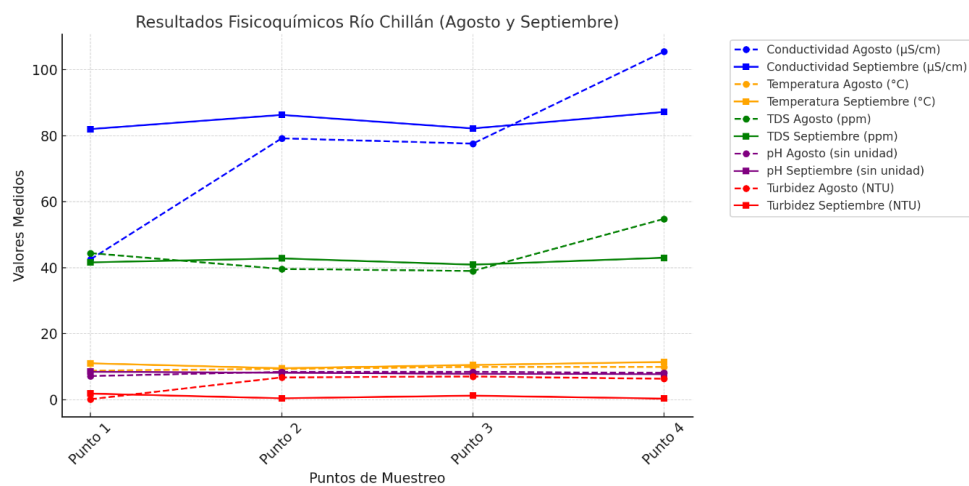


Figura 13. Parámetros físicoquímicos analizados en los meses de agosto y septiembre en el río Chillán.



Figura 14. Animales que se encuentran dentro de la zona de estudio.



Figura 15. Río Chillán.



Figura 16. Microbasural ubicado en la zona de estudio.

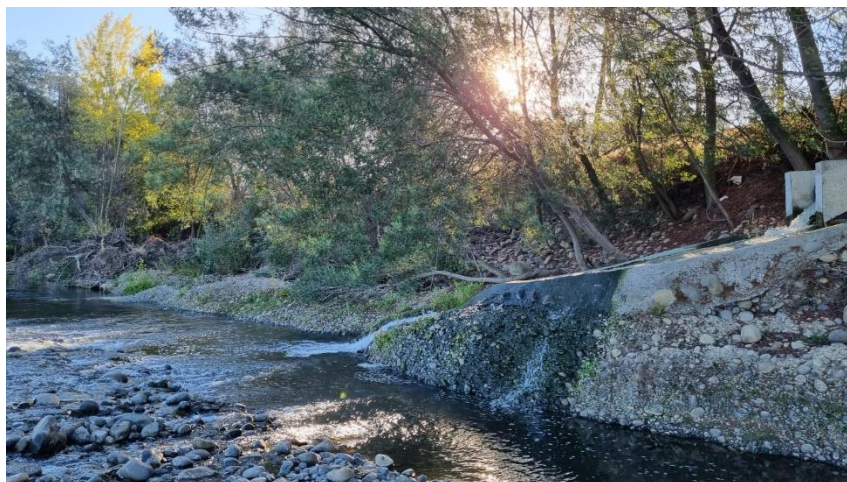


Figura 17. Punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas servidas.



Figura 18. Restos óseas de vaca encontrado en microbasural dentro de la zona de estudio.