



Coliformes totales, fecales y *E. coli* en aguas de regadío de la Región de O'Higgins, Chile

Total and fecal coliforms and *E. coli* in irrigation water in the O'Higgins Region, Chile

Valdebenito-Rojas, Fernanda ^{1*}

¹Escuela de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales, Universidad de O'Higgins, San Fernando, Chile

Recibido: 19 May. 2026 | **Aceptado:** 18 Jul. 2026 | **Publicado:** 20 Jul. 2026

Autor de correspondencia*: fernanda.rojas.valdebenito@gmail.com

Cómo citar este artículo: Valdebenito-Rojas, F. (2026). Coliformes totales, fecales y *E. coli* en aguas de regadío de la Región de O'Higgins, Chile. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 6(2), e1732 <https://doi.org/10.51252/revza.v6i2.1732>

RESUMEN

El agua de riego constituyó un vehículo de contaminación microbiológica en la Región de O'Higgins, Chile. El objetivo del estudio fue analizar la presencia y concentración de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y *Escherichia coli* en aguas de regadío de canal y de pozo, mediante filtración por membrana. Se analizaron 25 muestras (13 de canal y 12 de pozo), recolectadas entre marzo y junio de 2025 en ocho comunas de Cachapoal y Colchagua, procesadas en el Laboratorio de Inocuidad Alimentaria de la Universidad de O'Higgins mediante filtración por membrana de celulosa, con agar Chromocult y agar m-FC. La presencia se comparó entre fuentes mediante Chi-cuadrado y la concentración mediante análisis de varianza de un factor. Se detectaron CT en el 88,0% de las muestras, CF en el 56,0% y *E. coli* en el 16,0%. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre canal y pozo únicamente para *E. coli* ($p = 0,036$); CT y CF no mostraron diferencias significativas entre fuentes. Se concluyó que la filtración por membrana permitió cuantificar una contaminación microbiológica relevante en ambos tipos de fuente, y que el origen del agua no explicó por sí solo la contaminación general por coliformes.

Palabras clave: calidad microbiológica; contaminación microbiana; filtración por membrana; fuentes hídricas; indicadores de contaminación

ABSTRACT

Irrigation water constituted a relevant vehicle of microbiological contamination in the O'Higgins Region, Chile. The objective of this study was to analyze the presence and concentration of total coliforms (TC), fecal coliforms (FC) and *Escherichia coli* in canal and well irrigation water using membrane filtration. Twenty-five water samples (13 from canals and 12 from wells) were collected between March and June 2025 in eight municipalities of the Cachapoal and Colchagua provinces, and processed at the Food Safety Laboratory of the Universidad de O'Higgins by cellulose membrane filtration, using Chromocult and m-FC agar. Presence was compared between sources using the Chi-square test, and concentration using one-way ANOVA. TC were detected in 88.0% of samples, FC in 56.0%, and *E. coli* in 16.0%. Statistically significant differences between canal and well water were found only for *E. coli* ($p = 0.036$); TC and FC showed no significant differences between sources. Membrane filtration allowed quantification of relevant microbiological contamination in both source types, and water origin alone did not explain overall coliform contamination.

Keywords: contamination indicators; membrane filtration; microbial contamination; microbiological quality; water sources



1. INTRODUCCIÓN

El acceso a fuentes de agua seguras constituye una condición indispensable para la salud de las personas, de los animales y del medioambiente [1]. En la producción primaria de alimentos, la calidad microbiológica del agua de riego adquiere especial relevancia, dado que constituye un factor determinante en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, particularmente en cultivos hortícolas que se consumen crudos [2]. Entre los peligros biológicos asociados al agua de regadío destaca *Escherichia coli*, cuya presencia puede constituir un riesgo directo para la salud pública y para la inocuidad de la cadena agroalimentaria [3].

La calidad microbiológica del agua se evalúa habitualmente mediante microorganismos indicadores, ya que la detección directa de patógenos específicos resulta compleja, lenta y costosa para su aplicación rutinaria [4]. Entre estos indicadores se encuentran los coliformes totales, que reflejan contaminación ambiental de origen diverso, y los coliformes fecales, subgrupo que permite inferir contaminación de origen fecal reciente. Dentro de este último grupo, *E. coli* se considera el indicador más específico de contaminación fecal de origen humano o animal [5]. Diversas revisiones recientes destacan además que estos indicadores no siempre predicen con precisión la concentración de patógenos específicos, lo que refuerza la necesidad de métodos de cuantificación estandarizados y reproducibles [6].

En la Región de O'Higgins, principal zona hortícola del país, el regadío se realiza principalmente mediante dos tipos de fuentes: aguas superficiales, provenientes de canales derivados de las cuencas del Rapel y del Maipo, y aguas subterráneas, extraídas de pozos [7]. Ambas fuentes presentan distintos grados de exposición a procesos de contaminación: las aguas superficiales están más expuestas a escorrentía agrícola, actividades antrópicas y presencia de animales, mientras que las aguas subterráneas, aunque generalmente consideradas de mejor calidad, pueden contaminarse cuando existen deficiencias en su protección sanitaria [8].

Diversos estudios latinoamericanos han documentado una problemática similar en sistemas de riego agrícola. En Ecuador, un análisis de agua de canal reportó presencia de coliformes fecales asociada a actividades antrópicas cercanas al punto de captación [9], mientras que en el sur de Chile se determinó que tanto esteros como pozos superaban los estándares nacionales de calidad microbiológica del agua en predios agrícola-ganaderos [10]. A nivel metodológico, revisiones recientes sobre técnicas de detección de coliformes han evidenciado que la filtración por membrana continúa siendo un método robusto y ampliamente utilizado frente a alternativas moleculares emergentes [6], y estudios de modelamiento han mostrado que la concentración de *E. coli* en aguas de uso agrícola puede predecirse a partir de parámetros fisicoquímicos, aunque con relaciones no siempre lineales [11].

En Chile, la norma NCh 1333, oficializada en 1978 y modificada en 1987, establece como criterio de calidad para aguas de riego de hortalizas que se desarrollan a ras de suelo un límite máximo de 1.000 coliformes fecales por 100 mL, lo que otorga un marco normativo de referencia para interpretar los hallazgos microbiológicos de este tipo de estudios [12]. Pese a la existencia de este marco normativo, existe escasa evidencia local que compare de manera sistemática la contaminación microbiológica entre fuentes de canal y de pozo utilizando un método estandarizado de cuantificación. El objetivo de este estudio fue analizar la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* en aguas de regadío de fuente de canal y de pozo en la Región de O'Higgins, mediante el método de filtración por membrana.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio correspondió a una investigación cuantitativa, aplicada, descriptiva, no experimental, observacional y transversal, desarrollada en la Región de O'Higgins, Chile, entre marzo y junio de 2025. La muestra estuvo constituida por 25 puntos de recolección de agua de regadío, distribuidos en ocho comunas de las provincias de Cachapoal y Colchagua: 13 muestras de agua de canal (fuente superficial) y

12 de agua de pozo (fuente subterránea). El tamaño muestral se determinó a partir de un listado de 25 agricultores participantes de un proyecto regional de transferencia tecnológica, seleccionándose los puntos de muestreo mediante números aleatorios. Se incluyeron puntos de agua de riego operativos utilizados efectivamente para el regadío de cultivos hortícolas; se excluyeron fuentes destinadas a otros usos y puntos de difícil acceso.

Las muestras se recolectaron en frascos estériles y se transportaron en cadena de frío (4-8 °C) al Laboratorio de Inocuidad Alimentaria (LIA) de la Universidad de O'Higgins. El procesamiento se realizó mediante filtración por membrana de celulosa (0,45 µm de poro), utilizando un sistema de embudo conectado a un kitasato con bomba de vacío, técnica ampliamente utilizada como referencia para la cuantificación de coliformes y *E. coli* en muestras de agua [13,14]. Según el origen de la muestra se emplearon distintas diluciones: para las aguas de pozo se utilizó únicamente la dilución -1, mientras que para las aguas de canal se prepararon las diluciones -1, -2 y -3, además de la muestra directa. La membrana filtrante se depositó sobre placas con agar Chromocult, para la detección simultánea de coliformes totales y *E. coli*, y agar m-FC, específico para coliformes fecales. Las placas se incubaron durante 48 horas a 44-45 °C, y el recuento de colonias se realizó según su coloración característica, expresándose los resultados como unidades formadoras de colonias por 100 mL (UFC/100 mL).

Para cada muestra se clasificó la presencia de cada microorganismo como presencia (≥ 1 UFC/100 mL) o ausencia (0 UFC/100 mL). La asociación entre el tipo de fuente de agua y la presencia/ausencia de cada microorganismo se evaluó mediante la prueba de Chi-cuadrado para tablas de contingencia 2×2. Las diferencias en la concentración promedio (UFC/100 mL) entre ambas fuentes se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de un factor, considerando un nivel de significancia estadística del 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Se analizaron 25 muestras de agua de regadío, 13 de fuente de canal y 12 de fuente de pozo. De forma global, se detectaron coliformes totales en el 88,0% de las muestras, coliformes fecales en el 56,0% y *E. coli* en el 16,0%, lo que evidencia una presencia microbiológica considerable en el agua utilizada para riego hortícola en la región. Al comparar la presencia y concentración de los tres microorganismos según el tipo de fuente, se observaron patrones diferenciados. Para *E. coli*, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de fuente y su presencia, con una frecuencia notoriamente mayor en aguas de canal (30,8%) que, en aguas de pozo, donde no se detectó en ninguna muestra (0,0%). Esta diferencia también fue significativa al comparar las concentraciones promedio mediante ANOVA. En contraste, tanto los coliformes totales como los coliformes fecales se detectaron con frecuencias similares en ambos tipos de fuente, sin diferencias estadísticamente significativas ni en su presencia ni en su concentración (Tabla 1).

Tabla 1. Presencia y concentración de indicadores microbiológicos según la fuente de agua

Parámetro microbiológico	Presencia en canal n (%) (n = 13)	Presencia en pozo n (%) (n = 12)	Presencia total n (%) (n = 25)	Valor p (Chi ²) fuente-presencia	Valor p (ANOVA) concentración
Coliformes totales	12 (92,3%)	10 (83,3%)	22 (88,0%)	0,138	0,682
Coliformes fecales	9 (69,2%)	5 (41,7%)	14 (56,0%)	0,165	0,361
<i>Escherichia coli</i>	4 (30,8%)	0 (0,0%)	4 (16,0%)	0,036*	0,036*

Nota. *Diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos evidencian que el tipo de fuente de agua de regadío influye de manera significativa en la presencia y concentración de *E. coli*, pero no en la de coliformes totales ni coliformes fecales. Esta diferencia selectiva sugiere que, si bien las aguas de canal están más expuestas a contaminación fecal reciente de origen antrópico o animal, la contaminación ambiental general medida a través de coliformes totales y fecales afecta de forma similar a ambas fuentes. Este hallazgo es coherente con estudios previos que señalan que *E. coli* puede persistir en distintos ambientes acuáticos dependiendo de la contaminación fecal reciente, las condiciones ambientales y el manejo del recurso hídrico [8].

La evidencia latinoamericana respalda esta interpretación. Investigaciones en sistemas de riego agrícola en Colombia y Ecuador han reportado concentraciones elevadas de coliformes fecales y *E. coli* tanto en fuentes superficiales como subterráneas, señalando que la contaminación no depende únicamente del tipo de fuente, sino también de factores antrópicos como la falta de asesoría técnica y la ausencia de gestión territorial del recurso hídrico [15,16,9]. En el sur de Chile, un estudio en un predio agrícola-ganadero determinó que tanto las aguas de estero como las de pozo excedían la norma nacional de calidad microbiológica del agua (NCh 409/1), coincidiendo con el patrón de contaminación transversal observado en el presente estudio, independiente del tipo de fuente [10].

Desde una perspectiva metodológica, la filtración por membrana empleada en este estudio se mantiene como una técnica de referencia robusta para la cuantificación de indicadores microbiológicos en agua, tal como lo confirman revisiones recientes sobre métodos de detección de coliformes [6] y validaciones de nuevas variantes de bajo costo de esta misma técnica [14,17,18]. Asimismo, enfoques de modelamiento predictivo basados en parámetros fisicoquímicos han mostrado ser complementarios, aunque no sustitutos, de la cuantificación directa mediante cultivo [11].

La elevada frecuencia de coliformes fecales observada en ambas fuentes (56,0%) reviste especial importancia normativa, dado que la NCh 1333 establece un límite de coliformes fecales para aguas de riego de hortalizas que se consumen crudas [12]. La presencia de este indicador en más de la mitad de las muestras analizadas, independientemente del tipo de fuente, sugiere que ninguna de las dos alternativas de abastecimiento garantiza por sí sola condiciones óptimas de inocuidad. Entre las limitaciones del estudio se cuenta el tamaño muestral ($n = 25$), su carácter transversal, y la ausencia de parámetros fisicoquímicos complementarios que podrían explicar de forma más completa las diferencias observadas [19].

CONCLUSIÓN

El método de filtración por membrana permitió analizar de forma sistemática la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* en 25 muestras de agua de regadío de canal y de pozo de la Región de O'Higgins, evidenciando una contaminación microbiológica relevante en ambas fuentes, con coliformes totales en el 88,0% de las muestras, coliformes fecales en el 56,0% y *E. coli* en el 16,0%. El tipo de fuente de agua demostró una asociación estadísticamente significativa únicamente con la presencia y concentración de *E. coli*, mientras que no se observaron diferencias significativas para coliformes totales ni coliformes fecales entre canal y pozo, lo que indica que la calidad microbiológica del agua de regadío no depende exclusivamente del tipo de fuente utilizada, sino de múltiples factores ambientales y de manejo que inciden de forma similar en aguas superficiales y subterráneas. Se recomienda no asumir que las aguas de pozo constituyen automáticamente una alternativa segura frente a las de canal, avanzar hacia el monitoreo periódico y la protección sanitaria de los puntos de captación en ambos tipos de fuente, y que futuras investigaciones incorporen parámetros fisicoquímicos y evaluaciones estacionales que permitan identificar con mayor precisión los factores asociados al riesgo de contaminación.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Laboratorio de Inocuidad Alimentaria de la Universidad de O'Higgins y a los agricultores participantes del proyecto regional de transferencia tecnológica por su colaboración en la recolección de muestras.

FINANCIAMIENTO

La autora declara que no recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción -borrador original, redacción -revisión y edición: Valdebenito-Rojas, F.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH). Acerca del agua y el saneamiento [Internet]. Ginebra: ACNUDH; 2010 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation>
- [2] FAO, OMS. Guidelines for the safe use and reuse of water in food production and processing. Codex Alimentarius Guideline No. CXG 100-2023 [Internet]. Roma: Comisión del Codex Alimentarius; 2023, revisada en 2024 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/jp/?lnk=1&url=https%3A%2F%2Fworkspace.fao.org%2Fsites%2Fcodex%2FStandards%2FCXG+100-2023%2FCXG_100e.pdf
- [3] Organización Mundial de la Salud (OMS). E. coli [Internet]. Ginebra: OMS; 2018 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- [4] Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev Fac Nac Salud Pública. 2017;35(2):236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- [5] Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA). Escherichia coli productora de toxina Shiga (STEC). Ficha de Peligros N° 07/2017/Versión 01 [Internet]. Santiago: Gobierno de Chile; 2017 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2024/09/Ficha-Peligro-07-STEC-v01.pdf>
- [6] Tambi A, Brighu U, Gupta AB. Methods for detection and enumeration of coliforms in drinking water: a review. Water Supply. 2023;23(10):4047-4058. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.247>
- [7] Gobierno Regional de O'Higgins, Seremi de Agricultura O'Higgins. Plan regional de recursos hídricos años 2020-2029 [Internet]. Rancagua: Gobierno Regional de O'Higgins; 2020 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: https://www.goreohiggins.cl/images/docs/2020/plan_recursos_hidricos_2020%E2%80%932029.pdf
- [8] Díaz-Gavidia C, Barría C, Weller DL, Salgado-Caxito M, Estrada EM, Araya A, et al. Humans and hoofed livestock are the main sources of fecal contamination of rivers used for crop irrigation: A microbial source tracking approach. Front Microbiol. 2022;13:768527. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.768527>
- [9] Nugra Rocano WM, Arias Patiño LN, Torres Segarra SM, Baculima Suárez JA. Análisis fisicoquímico y

- microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca. *Rev Investig Cienc Agron Vet ALFA*. 2023;7(20):299-308. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.216>
- [10] Valenzuela E, Godoy R, Almonacid L, Barrientos M. Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Rev Chilena Infectol*. 2012;29(6):628-634. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000700007>
- [11] Stocker MD, Pachepsky YA, Hill RL. Prediction of *E. coli* concentrations in agricultural pond waters: application and comparison of machine learning algorithms. *Front Artif Intell*. 2022;4:768650. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.768650>
- [12] Instituto Nacional de Normalización (INN). NCh1333.Of78, modificada en 1987: Requisitos de calidad del agua para diferentes usos [Internet]. Santiago: INN; 1978, modificada 1987 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: <https://ecommerce.inn.cl/nch13331978-mod.198741267>
- [13] Feng P, Weagant SD, Grant MA, Burkhardt W. Bacteriological analytical manual (BAM), Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria [Internet]. Silver Spring: U.S. Food and Drug Administration; 2020 [citado 2026 jul 25]. Disponible en: <https://www.fda.gov/media/83235/download>
- [14] Kemper MA, Veenman C, Blaak H, Schets FM. A membrane filtration method for the enumeration of *Escherichia coli* in bathing water and other waters with high levels of background bacteria. *J Water Health*. 2023;21(8):995-1003. <https://doi.org/10.2166/wh.2023.004>
- [15] García Yarce JD, Cabrera Benavidez JT, Morales Erazo MF. Identificación del impacto ocasionado por la actividad agrícola en las fuentes hídricas. Revisión bibliográfica. *Bol Inform CEI*. 2022;9(1):118-124. Disponible en: <https://revistas.umariana.edu.co/BoletinInformativoCEI/article/view/3024>
- [16] Vidal Taricuarima E, Ricopa Cotrina HE, Maco Luján MM, Flores Flores LA, Rocha Vela CA. Evaluación de la calidad del agua y su impacto en la salud humana: una revisión sistemática. *Rev Investig Cienc Agron Vet ALFA*. 2026;10(28):165-184. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.426>
- [17] Zimmer C, Boyer R, Cassivi A, Tilley E, Bain R, Johnston R, et al. Reducing water quality data inequities: a low-cost membrane filtration technique for the quantification of *Escherichia coli* in drinking water in low-resource contexts. *PLOS Water*. 2025;4(5):e0000367. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000367>
- [18] Boyer R, Zimmerman I, Marks S, Dorea C. Validation of a novel, low-cost, and low-power *Escherichia coli* detection kit. *Water Qual Res J*. 2025;60(4):591-606. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2025.020>
- [19] Dey U, Sarkar S, Duttagupta S, Bhattacharya A, Das K, Saha S, et al. Influence of hydrology and sanitation on groundwater coliform contamination in some parts of Western Bengal Basin: implication to safe drinking water. *Front Water*. 2022;4:875624. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.875624>