

ALTA CONTAMINACIÓN POR BACTERIAS COLIFORMES EN EL RÍO LA PAZ**HIGH CONTAMINATION BY COLIFORM BACTERIA IN THE LA PAZ RIVER**

Estévez Martini JR¹, Trigos Agudo CR², Vargas Paz JG³, Tiñini Gutierrez L⁴, Tudela Patty A⁴, Tancara Sirpa FA⁴, Sanchez Sanchez GB⁴.

1. Docente Emérito de la Cátedra de Microbiología, Jefe de Trabajos Prácticos Cátedra de Microbiología, UMSA.
2. Docente Emérito de la Cátedra de Microbiología, Jefe de Departamento de Patología, UMSA.
3. Estudiante de la carrera de Medicina, Auxiliar de Docencia Cátedra de Microbiología, UMSA.
4. Estudiante de la carrera de Medicina UMSA.

Lugar donde se realizó la investigación: Laboratorio 1 de la Cátedra de Microbiología, piso 6 de Facultad de Medicina, Enfermería, Nutrición y Tecnología Médica de la Universidad Mayor de San Andrés, Avenida Saavedra. La Paz, Bolivia.

Autor para correspondencia: Josue Gonzalo Vargas Paz, La Paz-Bolivia, josuevargas11@gmail.com, Cel. 74158308.

RESUMEN**INTRODUCCIÓN**

Los coliformes son bacterias que se asocian con la contaminación fecal, estos microorganismos pueden encontrarse en aguas y suelos. Se eligió el Río La Paz porque sus aguas se utilizan en el riego de cultivos en zonas aledañas. El objetivo fue identificar tipos de resistencia antibiótica de bacterias que contaminan el Río La Paz.

OBJETIVOS

El propósito del trabajo fue evidenciar el grado de contaminación fecal del río y la presencia de microorganismos resistentes, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública y la seguridad alimentaria de la población que utiliza estas aguas con fines agrícolas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se determinaron nueve puntos de muestreo. Utilizamos el método de Número Más Probable (NMP) para estimar la cantidad de contaminación de los coliformes, se realizaron pruebas bioquímicas y de antibiograma para lograr identificar las especies y sus patrones de resistencia.

RESULTADOS

El índice de coliformes totales fue 14.736.555 UFC/100mL y el índice colimétrico fue 1.012.777 UFC/100 mL. Se aislaron las bacterias: *E. coli*, *K. pneumoniae*, *E. cloacae* y *C. freundii*. Los patrones de resistencia a antibióticos observados fueron tipo AmpC Inducible en *E. cloacae* y *C. freundii*, de tipo BLER de Alto Nivel en *K. pneumoniae* y de tipo BLER Basal en *E. coli*, *E. coli* capsulada y *K. pneumoniae*.

CONCLUSIONES

Este estudio refleja una alta contaminación fecal en aguas del río La Paz. La presencia de estos tipos de resistencia refleja el problema actual de la creciente tasa de bacterias que expresan resistencia a antibióticos.

PALABRAS CLAVE: Bacterias, Bacterias Coliformes, Resistencia betalactámica, *Escherichia coli*

ABSTRACT**INTRODUCTION**

Coliforms are bacteria associated with fecal contamination; these microorganisms can be found in water and soil. The La Paz River was selected because its waters are used to irrigate crops in nearby areas. The objective was to identify types of antibiotic resistance in bacteria that contaminate the La Paz River.

OBJECTIVES

The purpose of this work was to demonstrate the degree of fecal contamination of the river and the presence of resistant microorganisms, which represents a potential risk to public health and food safety for the population that uses these waters for agricultural purposes.

MATERIAL AND METHODS

Nine sampling points were established. We used the Most Probable Number (MPN) method to estimate the

level of coliform contamination, and biochemical tests and antibiotic susceptibility tests were performed to identify the species and their resistance patterns.

RESULTS

The total coliform index was 14,736,555 CFU/100 mL and the colimetric index was 1,012,777 CFU/100 mL. The isolated bacteria were *E. coli*, *K. pneumoniae*, *E. cloacae*, and *C. freundii*. The observed antibiotic resistance patterns were of the AmpC Inducible type in *E. cloacae* and *C. freundii*, of the High-Level NSBL type in *K. pneumoniae*, and of the Basal ESBL type in *E. coli*, encapsulated *E. coli*, and *K. pneumoniae*.

CONCLUSIONS

This study reflects a high level of fecal contamination in the waters of the La Paz River. The presence of these types of resistance reflects the current problem of the increasing rate of bacteria expressing antibiotic resistance.

KEYWORDS: Bacteria, Coliform Bacteria, Beta-lactam Resistance, *Escherichia coli*

INTRODUCCIÓN

Los coliformes son bacilos Gram negativos, no esporulados capaces de fermentar lactosa y producir gas y ácido, pueden ser aerobios o anaerobios facultativos y son mesófilos¹. De forma clásica se reconocen en este grupo de bacterias los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*². La urbanización creciente es un factor importante para el aumento de coliformes en aguas de los ríos, la concentración de estas bacterias aumenta conforme el lugar de la toma de muestra sea más cercana a sectores de aguas bajas³. Otro factor que afecta la presencia y alta contaminación de coliformes es la estación del año y, a la par, la región geográfica del lugar de investigación, ya que se evidenció que en diferentes lugares y según la estación del año la cantidad y diversidad de coliformes variaba de forma considerable⁴.

La resistencia a los antibióticos es un problema por demás importante en cualquier región y en cualquier contexto puesto que compromete la eficacia del tratamiento y alarga el mismo, significando un aumento en los costos y mucho peor aun poniendo en grave riesgo la vida de las personas⁵. La resistencia de los coliformes a los antibióticos es un problema de salud global que se ve complicado por el mal uso y el uso indebido de antibióticos en la medicina y la agricultura⁶.

Los coliformes, principalmente *Escherichia coli*, podrían funcionar como buenos indicadores de la resistencia a los antibióticos debido a su presencia en el intestino humano y su capacidad para transferir genes de resistencia a otros patógenos. La microbiota intestinal humana alberga microorganismos que pueden transferir genes de resistencia a los antimicrobianos, lo que representa una amenaza para la salud⁷.

El agua de riego contaminada con material fecal es un importante reservorio de bacterias resistentes a múltiples fármacos que podrían propagarse a campos agrícolas cercanos y otros cuerpos de agua. Esto representa un riesgo para la salud pública y la seguridad alimentaria⁶. Los alimentos contaminados constituyen un grave problema, provocan enfermedades y afectan especialmente a grupos vulnerables

de la población⁸.

El objetivo de este estudio fue identificar los patrones de resistencia de los coliformes presentes en las aguas del río La Paz en el mes de septiembre de la gestión 2024. Estas aguas son utilizadas para el riego de cultivos, la producción agrícola irrigada con estas aguas se comercializa en los mercados de la ciudad de La Paz. Por ello, es fundamental establecer un registro y control adecuado de la contaminación bacteriana para garantizar la seguridad de los productos agrícolas y, de esta manera, proteger la salud pública.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue de tipo observacional y transversal llevada a cabo en el mes de septiembre de la gestión 2024. Se determinaron 9 puntos de muestreo que corresponden a asentamientos humanos próximos al curso del río La Paz: Aranjuez, Mallasá, Jupapina, Lipari, Huajchilla, Valencia, Mecapaca, Palomar y Huaricana.

Este estudio se realizó en cinco etapas: determinación del índice de coliformes totales y del índice colimétrico, recuento de gérmenes mesófilos aerobios totales, aislamiento de coliformes, pruebas bioquímicas para identificación de especies y por último la determinación de los patrones de resistencia.

El trabajo se realizó en el laboratorio de la Cátedra de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Andrés, con el método del Número más Probable (NMP) o de tubos múltiples. Este método consiste en cuatro pruebas diferentes:

Prueba Presuntiva: Para esta prueba se utilizó tubos de cultivo, a los cuales se les introdujo una campana de Durham, todos debidamente esterilizados. Posterior a ello se vertió 10 mL de Caldo Lactosado, y a este medio se le colocó diluciones de las muestras homogeneizadas con una concentración de 1:100, 1:1000, 1:10000. Para cada muestra se preparó una batería de nueve tubos, esto porque en cada una de las tres diluciones se usó una serie de tres tubos.

Los tubos de cultivo se incubaron a 35°C-37°C durante 24 horas. Posterior a ello se realizó la lectura de los resultados en donde se consideró como po-

sitivos aquellos tubos en donde se observó el enturbiamiento del caldo y la presencia de una burbuja de gas dentro de la campana de Durham. A la par de la lectura se registraron los resultados observados, para lo cual se tomó en cuenta las series de cada una de las diluciones de modo tal que cada batería tenía como registro tres números, uno por cada serie, comenzando por los resultados obtenidos de la primera dilución y terminando con la última dilución, esto en orden descendente.

Estos resultados se compararon con la tabla de Hoskins haciendo coincidir las diluciones y el resultado de tubos positivos, de esta forma se obtuvo el número más probable de coliformes en UFC/100 mL.

Prueba Confirmativa: De la misma forma de la prueba presuntiva se utilizó tubos de cultivo, a los cuales se les introdujo una campana de Durham, todos debidamente esterilizados. Posterior a ello se vertió 10 mL de Caldo Verde Bilis Brillante al 2%. Solamente se hace esta prueba con los tubos que dieron resultado positivo en la prueba presuntiva. Se sembró 0.1 mL del contenido de los tubos que contenían el caldo lactosado. Estos tubos fueron cultivados a 45.5°C - 50°C durante 24 horas. El procedimiento para la lectura de los resultados fue similar al de la anterior prueba, considerándose positivos aquellos tubos en los que se observó el enturbiamiento del caldo y la presencia de una burbuja de gas dentro de la campana de Durham.

El registro se realizó de igual forma que la prueba presuntiva y los resultados se los comparó con la tabla de Hoskins haciendo coincidir las diluciones y el resultado de tubos positivos y esta vez nos da como resultado el Índice Colimétrico en UFC de *Escherichia coli* por cada 100 mL. La utilización del caldo verde bilis brillante al 2% conjunto a la temperatura a la que se cultivaron fueron útiles para la selección de *Escherichia coli* ya que esta bacteria tiene la capacidad de subsistir a ambos factores.

Prueba Complementaria: Las pruebas positivas de la prueba confirmativa fueron sembradas por estriación en cajas Petri con agar Eosina Azul de Metileno (E.M.B.). Se cultivaron las cajas Petri a 35°C-37°C durante 24 horas. Se observó el desarrollo de colonias de *Escherichia coli* que son fácilmente reconocidas porque estas se tornan de un color verde metálico tornasol. Con esta prueba se confirmó la presencia de *Escherichia coli*. Además de la confirmación de colonias de *Escherichia coli*, el agar E.M.B. permite el crecimiento de colonias de otras coliformes las cuales se identificaron con pruebas bioquímicas, se utilizaron las pruebas de oxidasa, agar triple azúcar (TSI), agar hierro lisina (LIA), sulfuro indol motilidad (SIM) y Citrato de Simmons. Estas pruebas ayudan a identificar fácilmente el género de las bacterias que formaron las colonias. Una vez identificadas las colonias aisladas se las preparó para el antibiograma.

Recuento de Gérmenes Mesófilos Totales: La contabilización del total de gérmenes mesófilos se hace en Unidades Formadoras de Colonias (U.F.C.) por cada 100 mL y se realiza de forma paralela a la prue-

ba presuntiva. Para esto se utilizó la técnica de placa vertida, consiste en colocar la dilución de las muestras con las concentraciones utilizadas en la prueba presuntiva (0.01, 0.001, 0.0001) dentro de una caja Petri vacía y esteril. Después se vierte el agar Plate Count a la caja Petri y se realizan movimientos en forma de 8 para que la muestra colocada se distribuya por toda la caja Petri. Se cultiva a 35°C-37°C durante 24 horas. Para la contabilización de los gérmenes mesófilos totales se toman en cuenta solamente las colonias superficiales. Cada caja Petri se contabiliza y se multiplica por el factor de dilución correspondiente a cada una de las concentraciones utilizadas. Los resultados de las tres cajas Petri de cada una de las muestras se promedia y de esa forma se obtiene el aproximado de las U.F.C. de gérmenes mesófilos presentes.

Antibiograma: La realización del antibiograma comienza a partir del aislamiento de los coliformes. Se utiliza la técnica de Kirby Bauer o de difusión de discos, consiste en colocar discos de antibióticos en el agar. Posteriormente al desarrollo de las bacterias en el agar, medir los halos de inhibición y así evaluar la sensibilidad o resistencia a los antibióticos. Para el antibiograma primero se preparó una suspensión bacteriana de 0.5 en la escala de MacFarland a partir de las colonias aisladas de los coliformes.

Esta suspensión se sembró por saturación, con ayuda de un hisopo, en cajas Petri con agar Mueller Hinton. Se colocaron discos de antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia de las bacterias a los antibióticos, los discos se colocaron en sentido de las manecillas del reloj con el siguiente orden: amoxicilina / ácido clavulánico (AMC), cefotaxima (CTX), ampicilina (AMP), cefoxitina (FOX), cefazolina (CFZ), imipenem (IMI) y ceftazidima (CAZ). Se cultivaron las cajas Petri durante 24 horas a 37°C, pasado el tiempo se midió los halos de inhibición que generó cada uno de los antibióticos en cada una de las cajas Petri.

RESULTADOS

Cada una de las muestras fue analizada de forma individual y así se obtuvieron los datos necesarios para este estudio.

La muestra número seis obtenida en la población de Valencia presentó el valor más alto en los tres indicadores de contaminación del agua, con un índice de coliformes totales de 46.000.000 UFC en cada 100 mL, un índice colimétrico de 2.800.000 UFC en 100 mL y un recuento de gérmenes mesófilos aerobios totales de 1.565.800.000 UFC en 100 mL. Los resultados de las demás muestras se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices de contaminación de las muestras del río La Paz obtenidos mediante el método del número más probable.

NÚMERO Y LUGAR DE MUESTRA	ÍNDICE DE COLIFORMES TOTALES (EN UFC/100 mL)	ÍNDICE COLIMÉTRICO (EN UFC/100 mL)	RECUENTO DE GÉRME-NES MESÓFILOS AEROBIOS TOTALES (EN UFC/100 mL)
1- Aranjuez	2400000	210000	7400000
2- Mallasa	2400000	21000	830000
3- Jupapina	2400000	153000	1400000
4- Lipari	29000	21000	1240000
5- Huajchilla	2400000	210000	2866000
6- Valencia	46000000	2800000	1565800000
7- Mecapaca	29000000	2100000	15000000
8- Palomar	24000000	2100000	289050000
9- Huaricana	24000000	1500000	41700000
PROMEDIO GENERAL	14736555.56	1012777.778	213920666.7

Del total de las muestras que se estudiaron se lograron aislar cepas de los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Estas muestras se aislaron a partir de colonias aisladas a las cuales se les realizaron las pruebas de: Oxidasa, TSI, LIA, SIM, y Citrato. Los resultados obtenidos identificaron las especies de: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*. Al realizarles el antibiograma mediante el método de Kirby Bauer se obtuvieron los siguientes resultados de los halos de inhibición que se formaron después de la incubación (Tabla 2).

TABLA 2. Halos de inhibición (en mm) formados en los antibiogramas de los coliformes aislados.

BACTERIA	ANTIBIÓTICOS						RESISTENCIA
	AMC	CTX	AMP	CFZ	IMI	CAZ	
<i>Citrobacter freundii</i>	6	30	15	6	24	23	AMPC INDUCIBLE
<i>Enterobacter cloacae</i>	6	26	6	24	23	6	AMPC INDUCIBLE
<i>Escherichia coli</i>	18	31	8	6	33	28	BLER BASAL
<i>Escherichia coli</i> capsulada	19	28	14	23	26	26	BLER BASAL
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	11	38	6	16	29	27	BLER BASAL
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	18	30	6	20	25	23	BLER BASAL

La longitud de los halos de inhibición se comparó con la guía para antibiograma del Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI), obteniendo los siguientes patrones de resistencia:

- *Citrobacter freundii* con resistencia tipo AMPC INDUCIBLE
- *Enterobacter cloacae* con resistencia tipo AMPC INDUCIBLE
- *Escherichia coli* con resistencia tipo BLER BASAL
- *Escherichia coli* capsulada con resistencia tipo BLER BASAL
- *Klebsiella pneumoniae* con resistencia tipo BLER BASAL
- *Klebsiella pneumoniae* con resistencia tipo BLER de ALTO NIVEL

DISCUSIÓN

La presencia de coliformes resistentes en aguas de ríos ha sido objeto de estudio en varias partes del mundo. Por ejemplo, Cardenas⁹, aisló del río Uraim *Acinetobacter baumannii* y *Stenotrophomonas maltophilia* además de las bacterias que se hallaron en nuestro estudio. Osman⁶ en Marruecos logró aislar también *Pseudomonas otitidis* del río Al-Oueik. En el estudio de Diaz¹⁰ se aisló *Enterococcus* spp. del Río de La Plata Kabir¹¹ aisló *Bacillus anthracis* y *Staphylococcus sciuri* en el Río Balu en Bangladesh que son especies bacte-

rianas que ninguno de los anteriores estudios logró encontrar. En el trabajo realizado por Guzman-Otazo¹² en el 2019 en una de las afluentes del Río La Paz que es el Río Choqueyapu se observa además que se encontró *Salmonella* entérica y *Shigella* spp.

Se observó que la gran mayoría de aislamientos bacterianos en ríos identificaron a *Escherichia coli*. Este microorganismo nos permite identificar el nivel de contaminación fecal¹³. Referente al índice de coliformes totales se puede apreciar una tendencia común en los primeros tres puntos de muestreo (Aranjuez, Mallasa y Jupapina), posteriormente un descenso

marcado en Lipari seguido de un aumento en el índice de coliformes desde Huajchilla a Valencia seguido de un descenso paulatino hasta el último punto de muestreo (Huaricana). Este aumento en Huajchilla y Valencia se debe a que estas localidades no cuentan con un sistema de drenaje óptimo por lo cual todos los desechos, sobre todo fecales, son directamente dirigidos a aguas del río La Paz contaminando en gran manera estas mismas haciéndolas completamente inservibles para cualquier tipo de uso humano, como se expone más adelante.

Los valores elevados en el índice de coliformes totales que en media fue de 14.736.555 UFC/100 mL excede a los encontrados en el Río Banjar en Indonesia donde sus datos fueron de 5.240.000 UFC/100 mL¹⁴. Según los datos brindados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura en la República de Ecuador, establecieron normas de aceptabilidad del agua para riego donde indica que el límite permisible es de 1000 NMP/100 mL¹⁵.

En comparación a los datos encontrados en nuestro estudio que se encuentran muy por encima de la norma. La Universidad de Vermont también propone como parámetros sugeridos un límite óptimo de no más de 200 UFC/100 mL de coliformes totales y no más de 77 UFC/100 mL de *Escherichia coli*16, en este trabajo todas las muestras estudiadas sobrepasan de manera significativa los valores recomendados, es así que estas aguas no son apropiadas para su uso en el área agrícola ya que están muy contaminadas con materia fecal.

Estas aguas no pueden ser utilizadas para consumo humano debido a que la cantidad de UFC de coliformes totales para tal fin debe ser menos de 5 UFC/100 mL¹⁷.

En relación a la resistencia antibiótica se observó diferentes patrones de resistencia como son la resistencia tipo AmpC Inducible, en los microorganismos *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*. Este mecanismo se debe principalmente a la producción de β -lactamasas AmpC codificadas cromosómicamente¹⁸. Estas enzimas son cefalosporinasas que confieren resistencia a una amplia gama de β -lactámicos, así como a combinaciones de inhibidores de β -lactamasa con β -lactámicos. Como se observa en el estudio realizado por Roberto et al donde encontraron coliformes resistentes a la cefotaxima en aguas residuales donde evidenciaron un 38,3% de resistencia a este antibiótico¹⁹. En *Enterobacter* spp. y *Citrobacter freundii*, la expresión de AmpC es sustancialmente inducible, sin embargo, estas bacterias pueden desarrollar mutantes que producen AmpC de manera constitutiva, lo que resulta en resistencia a los antibióticos que inicialmente eran efectivo²⁰.

Las bacterias aisladas como *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli* presentaron una resistencia BLER basal y BLER de alto nivel. Este tipo de resistencia

BLER es mediada principalmente por las enzimas SHV-1, TEM-1, TEM-2 le confieren resistencia a penicilinas y cefalosporinas de primera y segunda generación. El gen de TEM estaba en un plásmido insertado en un transposón motivo por el cual se diseminó a otras especies a nivel global. Posteriormente apareció SHV que fue encontrada en *E. coli* y *K. pneumoniae*. Este último se encuentra mediada por plásmidos en *E. coli* y está en el cromosoma de la mayoría de las *K. pneumoniae*²¹.

Ortega-Paredes y et al, realizaron un estudio para determinar la cantidad de *E. coli* multidrogoresistente en el Río Machagara de Quito, Ecuador. Sus resultados mostraron una gran cantidad resistente a cefotaxima ($2,7 \times 10^3$ - $5,4 \times 10^5$ UFC/100 mL). Según el índice de resistencia a los antimicrobianos observaron que la contaminación del río por antibióticos fue de alto riesgo²². Por otro lado, la encapsulación ya sea natural o mediante recubrimientos poliméricos, ayuda a *E. coli* a resistir condiciones ambientales adversas, como cambios de temperatura, presión osmótica y exposición a agentes químicos²³.

CONCLUSIONES

La contaminación bacteriana por coliformes en las aguas del río La Paz excede los límites permisibles de unidades formadoras de colonias para su uso en actividades agrícolas. La alta presencia de *Escherichia coli* indica directamente una contaminación fecal, sin embargo, no se puede diferenciar si es contaminación fecal humana o animal. Esta contaminación indica la posible presencia de enteropatógenos lo que representa un riesgo potencial para la salud de los habitantes que utilizan estas aguas para el riego, así como para los consumidores de los vegetales comercializados en la ciudad de La Paz. La presencia de bacterias con patrones de resistencia tipo BLER y AMPc inducible en este río evidencia la creciente diseminación de microorganismos resistentes fuera del ámbito hospitalario hacia entornos cotidianos. Este comportamiento podría repetirse con otras familias de bacterias y con otros patrones de resistencia, por ello es importante que se realicen estudios sobre la resistencia a antibióticos de las bacterias en diferentes ambientes con el fin de tener un panorama más claro sobre la situación real de la resistencia bacteriana en nuestro medio.

REFERENCIAS

1. Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. Microbiología médica. 9a ed. España: Elsevier; 2021. 854 p.
2. Erkmen O. Isolation and counting of coliforms and *Escherichia coli*. En: Microbiological Analysis of Foods and Food Processing Environments. Elsevier; 2022. p. 105–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91651-6.00051-3>
3. Qayoom U, Islam ST, Sabha I, Bhat SU, Dar SA. Coliform pollution mapping in major watersheds along Jhelum River Basin of Kashmir Himalaya. *Environ Sci Pollut Res Int*. enero de 2023;30(3):7930-41. DOI: 10.1007/s11356-022-22727-0
4. Reitter C, Petzoldt H, Korth A, Schwab F, Stange C, Hamsch B. Seasonal Dynamics in the Number and Composition of Coliform Bacteria in Drinking Water Reservoirs. *BioRxiv*. 16 de febrero de 2021; DOI: <https://doi.org/10.1101/2021.02.16.428560>
5. Dorick J, Hayden M, Smith M, Blanchard C, Monu E, Wells D, et al. Evaluation of *Escherichia coli* and coliforms in aquaponic water for produce irrigation. *Food Microbiol*. octubre de 2021;99:103801. DOI: 10.1016/j.fm.2021.103801
6. Osman M, Daaboul D, Tajani AG, El Omari K, Bisha B, Hassan J, et al. Multidrug-resistant pathogens contaminate river water used in irrigation in disenfranchised communities. *J Glob Antimicrob Resist*. marzo de 2024;36:175-80. DOI: 10.1016/j.jgar.2023.12.016
7. Paul D, Das B. Gut microbiome in the emergence of antibiotic-resistant bacterial pathogens. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2022;192(1):1-31. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2022.07.009
8. Desiree K, Schwan CL, Ly V, Hok L, Bello NM, Nwadike L, et al. Investigating *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, and Coliforms on Fresh Vegetables Sold in Informal Markets in Cambodia. *J Food Prot*. 1 de mayo de 2021;84(5):843-9. DOI: 10.4315/JFP-20-219
9. Cardenas-Alegria OV, Ferreira VBC, Noguera WG, Martins DT, Martins Neto AP, Monteiro Pontes PR, et al. Microbiome analyses of the Uraim River in the Amazon and georeferencing analyses to establish correlation with anthropogenic impacts of land use. *Front Environ Sci [Internet]*. 2024;12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1404230>
10. Díaz SM, Barrios ME, Galli L, Cammarata RV, Torres C, Fortunato MS, et al. Microbiological hazard identification in river waters used for recreational activities. *Environ Res*. abril de 2024; 247:118161. DOI: 10.1016/j.envres.2024.118161
11. Kabir MM, Maleha SM, Hossain MdS, Sultana N, Islam R, Islam S, et al. Molecular characterization and human health risk assessment of multi-drug and heavy metals tolerant bacteria from urban river water. *Desalination Water Treat*. enero de 2024; 317:100298. DOI: 10.1016/j.dwt.2024.100298
12. Guzman-Otazo J, Gonzales-Siles L, Poma V, Bengtsson-Palme J, Thorell K, Flach CF, et al. Diarrheal bacterial pathogens and multi-resistant enterobacteria in the Choqueyapu River in La Paz, Bolivia. *PLoS One*. 2019;14(1): e0210735. DOI: 10.1371/journal.pone.0210735
13. Salud OMS de la. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Internet]. Organización Mundial de la Salud; 2018 [citado 24 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/272403>
14. Zubaidah T, Hamzani S, Arifin A. Revitalizing Water Health: Unraveling Coliform Dynamics in Banjar Regency's River Ecosystem. *J Health Sci Prev*. 29 de abril de 2024;8(1):48-52. DOI: 10.29080/jhsp.v8i1.1199
15. Food and Agriculture Organization. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, ECUADOR [Internet]. 2015. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC155128/>
16. Mendoza J, Botsford J, Hernandez J, Montoya A, Saenz R, Valles A, et al. Microbial contamination and chemical toxicity of the Rio Grande. *BMC Microbiol*. 22 de abril de 2004;4(1):17. DOI: 10.1186/1471-2180-4-17
17. Petculescu I, Hynds P, Brown RS, McDermott K, Majury A. An assessment of total coliforms and associated thresholds as water quality indicators using a large Ontario private drinking water well dataset. *Sci Total Environ*. 10 de noviembre de 2022; 846:157478. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157478
18. Barceló IM, Escobar-Salom M, Jordana-Lluch E, Torrens G, Oliver A, Juan C. Filling knowledge gaps related to AmpC-dependent β -lactam resistance in *Enterobacter cloacae*. *Sci Rep*. 2 de enero de 2024;14(1):189. DOI: 10.1038/s41598-023-50685-1
19. Marano RBM, Fernandes T, Manaia CM, Nunes O, Morrison D, Berendonk TU, et al. A global multinational survey of cefotaxime-resistant coliforms in urban wastewater treatment plants. *Environ Int*. noviembre de 2020;144:106035. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106035
20. Hu J, Li J, Liu C, Zhang Y, Xie H, Li C, et al. Molecular characteristics of global β -lactamase-producing *Enterobacter cloacae* by genomic analysis. *BMC Microbiol*. 21 de octubre de 2022;22(1):255. DOI: 10.1186/s12866-022-02667-y
21. CORREA BERMÚDEZ, A. M., and DE LA CADENA VIVAS, E. Resistencia bacteriana a los antibióticos betalactámicos. En: CORREA BERMÚDEZ, A. M., DE LA CADENA VIVAS, E., ROJAS, R., FALCO, A., ARANAGA, C. A., ALONSO, G., and PERENGUEZ VERDUGO, M. Estudios en resistencia a los antibióticos beta-lactámicos en bacterias Gram negativas [online]. Santiago de Cali: Editorial USC, 2021, pp. 11-34. Disponible en: <https://books.scielo.org/id/t755k>.
22. Ortega-Paredes D, Barba P, Mena-López S, Espinel N, Crespo V, Zurita J. High quantities of multidrug-resistant *Escherichia coli* are present in the Machángara urban river in Quito, Ecuador. *J Water Health*. 1 de febrero de 2020;18(1):67-76. DOI: 10.21266/wh.2019.195
23. Belluati A, Harley I, Lieberwirth I, Bruns N. An Outer Membrane-Inspired Polymer Coating Protects and Endows *Escherichia coli* with Novel Functionalities. *Small Weinh Bergstr Ger*. noviembre de 2023;19(46):e2303384. DOI: 10.1002/sml.202303384