

AGUA Y VEGETALES VEMOS, PERO BACTERIAS, NO SABEMOS

WATER AND VEGGIES WE SEE, BUT BACTERIA ROAM FREE

Ramiro José González Duarte¹, Verna Cázares Ordoñez¹, Alí Alessandra Mota De la Rosa², Jesús Rafael Ramos Ortega², Karla Elena Gutiérrez Salazar²

Centro Universitario de la Salud, Complejo Regional Nororiental, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Arias y Blvd. s/n, El Carmen, C.P. 73800, Teziutlán, Puebla. (1) Docente e investigador, (2) Estudiante de Medicina General y Comunitaria.

*Autor de correspondencia: ramiro.gonzalezd@correo.buap.mx
verna.cazares@correo.buap.mx, mr202340381@alm.buap.mx,
ro202352564@alm.buap.mx, gs202344991@alm.buap.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6041-9888>
<https://orcid.org/0000-0003-3564-0369>
<https://orcid.org/0009-0005-7545-807X>
<https://orcid.org/0009-0004-0475-2557>
<https://orcid.org/0009-0007-7886-4211>

Recibido: 5 de Noviembre 2024
Revisado: 30 junio 2025
Publicado: 30 de Agosto 2025

Resumen

Las enterobacterias constituyen una amplia familia de bacterias que habitan principalmente en el tracto gastrointestinal de humanos y animales, y algunas pueden causar enfermedades. Dentro de este grupo, las bacterias coliformes se utilizan como indicadores de la calidad del agua, ya que su presencia sugiere contaminación fecal y posibles riesgos para la salud. El consumo de agua contaminada con estas bacterias puede provocar infecciones intestinales de diversa gravedad. El consumo de alimentos vegetales que fueron cultivados con el uso de aguas residuales también representa un riesgo para las personas. Por lo anterior, es importante concientizar a la población sobre la importancia de la vigilancia de la calidad microbiológica del agua. Mediante una actividad científica con estudiantes de la licenciatura de Medicina General y Comunitaria, utilizamos el sistema de placas petrífilm de 3M para la detección de enterobacterias y bacterias coliformes en diversas muestras de agua y de alimentos vegetales de la región de Teziutlán, Puebla y compartimos nuestras observaciones, producto de la curiosidad, para divulgación científica del tema.

Palabras clave: enterobacterias, bacterias coliformes, calidad del agua, contaminación, salud pública.

Abstract

Enterobacteria make up a large family of bacteria that primarily inhabit the gastrointestinal tract of humans and animals, and some can cause diseases. Within this group, coliform bacteria are used as indicators of water quality, as their presence suggests fecal contamination and potential health risks. Consuming water contaminated with these bacteria can lead to intestinal infections of varying severity. Additionally, eating plant-based foods grown using untreated wastewater poses a health risk. Therefore, it is essential to raise public awareness about the importance of monitoring the microbiological quality of water. Through a scientific activity with undergraduate students from the General and Community Medicine program, we used the 3M Petrifilm system to detect enterobacteria and coliform bacteria in various samples of water and plant-based foods from the Teziutlán region in Puebla. We are sharing our observations, born out of curiosity, to promote scientific understanding of this topic.

Keywords: enterobacteria, coliform bacteria, water quality, contamination, public health

Una pequeña introducción al gran mundo de las bacterias.

Las bacterias representan las formas de vida celular más antiguas y versátiles en el planeta Tierra. Son microorganismos procariotas, lo que significa que son células relativamente simples, sin núcleo ni organelos, a diferencia de las células eucariotas de los animales, las plantas y los hongos, que sí tienen núcleo y organelos. Lo anterior significa que entre las características más distintivas de las bacterias está la ausencia de una membrana nuclear, mitocondrias, aparato de Golgi, retículos endoplasmáticos, etc. Por otro lado, tienen una pared celular que les da protección y las hace resistentes al ambiente. Esta simplicidad estructural les ha permitido adaptarse a una diversidad de hábitats, desde ambientes extremos como géiseres y glaciares, hasta el organismo humano.

Las bacterias se dividen en dos grupos principales de acuerdo con la estructura de su pared celular: Gram positivas y Gram negativas. Esto se basa en una técnica de tinción que nos permite, literalmente, colorear a las bacterias en el laboratorio. Fue descrita en 1884 por el bacteriólogo danés Christian Gram (1853-1938) y, en su honor, se mantiene ese nombre para designar a las bacterias por su coloración al realizar la técnica. Las bacterias Gram positivas quedan de color morado o violeta, mientras que las Gram negativas quedan de color rosado o rojo. Las bacterias Gram positivas tienen una pared celular gruesa compuesta principalmente de peptidoglucano, un polímero que otorga rigidez y protección contra el ambiente.

Las Gram negativas, por otro lado, tienen una capa de peptidoglucano más delgada, acompañada de una membrana externa compuesta de lipopolisacáridos, los cuales actúan como endotoxinas en muchos casos, causando reacciones inflamatorias en los organismos infectados (Lorinsky & Ryan, 2024). Hay que mencionar que hay algunas excepciones. Las peculiares bacterias

conocidas como micoplasmas carecen completamente de pared celular y tienen otros mecanismos para sobrevivir en diversos ambientes y en las células de un organismo hospedador, algunos son causantes de enfermedades graves (Yáñez et al., 1999). Para la clasificación de las bacterias se consideran diversos criterios morfológicos y estructurales, como el tamaño (que puede variar de 1 a 20 micrómetros o más), la forma: cocos, bacilos, espirilos, y su distribución en el espacio (cadenas, racimos, parejas o células aisladas). La clasificación más avanzada utiliza además características basadas en el ADN y el ARN de las bacterias, para tener una identificación lo más precisa posible.

A pesar de su simplicidad, las bacterias pueden realizar procesos bioquímicos complejos y adaptarse rápidamente a cambios en el entorno. La diversidad bacteriana en el organismo humano incluye desde especies beneficiosas que contribuyen a la salud hasta patógenos potencialmente mortales, capaces de causar enfermedades mediante la producción de toxinas o la invasión de áreas normalmente estériles del cuerpo (Murray et al., 2021).

Si es diarrea, puede ser por enterobacterias

Las enterobacterias (de la familia Enterobacteriaceae) constituyen un grupo heterogéneo y diverso de bacterias Gram negativas, de gran importancia ambiental y en medicina. Son bacilos que pueden ser móviles, gracias a la presencia de flagelos que les sirven como látigos para desplazarse, o inmóviles. Se les encuentra en hábitats muy variados, desde el suelo y el agua hasta el intestino de humanos y animales, donde algunas especies forman parte de la microbiota intestinal normal, mientras que otras son "malvadas" y se denominan patógenas porque pueden causar enfermedades gastrointestinales (Ryan, 2022).

Estas bacterias son aerobias facultativas, lo que significa que no dependen del oxígeno y son capaces de desarrollarse en ausencia de ese gas atmosférico

mediante la fermentación de la glucosa, proceso en el que algunas especies producen gas (recuerden este dato porque lo mencionaremos más adelante). Un rasgo fundamental de las enterobacterias es su capacidad de producir endotoxinas, sustancias tóxicas que forman parte de la membrana externa de las bacterias Gram negativas y que, al ser liberadas en el organismo huésped, pueden causar fiebre, inflamación y, en casos graves, choque séptico.

Además, algunas enterobacterias producen exotoxinas que afectan directamente a las células del hospedador, pudiendo dañar membranas celulares, inhibir la síntesis de proteínas o alterar rutas metabólicas. Estas acciones pueden provocar efectos graves en el organismo, desde la muerte celular (por acción de citotoxinas) hasta alteraciones fisiológicas como diarreas o infecciones urinarias. La familia Enterobacteriaceae abarca numerosos géneros bacterianos clínicamente importantes, como *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella* y *Yersinia*. Pueden parecer nombres raros, pero son de los que vale la pena recordar.

Aproximadamente entre veinte y veinticinco especies son de relevancia médica, y se asocian con infecciones intestinales, respiratorias, urinarias y sistémicas. Por ejemplo, *Escherichia coli* es una de las especies más comunes en la microbiota intestinal humana y es generalmente inofensiva en el intestino; sin embargo, ciertas cepas como la terrible *E. coli* O157 pueden producir toxinas que causan colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico que pueden provocar la muerte del paciente infectado (Riedel et al., 2020).

Ahora sabemos que el alcance global de las enterobacterias es mucho más amplio de lo que se pensaba anteriormente, ya que desempeñan roles importantes en el medio ambiente, a través de su amplia distribución ambiental mediante vectores como insectos. En humanos, se han descrito muchas especies nuevas, algunas asociadas con procesos específicos de enfermedades. Algunas especies ya conocidas ahora se observan

en nuevos escenarios y síndromes de enfermedades infecciosas. Por lo anterior, siguen siendo ampliamente estudiadas (Janda & Abbott, 2021). Para conocer más datos sobre las enterobacterias de relevancia médica presentamos la tabla 1

Tabla 1. Principales enterobacterias de importancia médica.

Enterobacteria (género)	Especies de importancia médica	Transmisión	Enfermedad asociada
<i>Escherichia</i>	<i>E. coli</i> spp. enterotípicos (EPEC)	Monitoreo (resaca) (saca)	Infección en el sistema (sistema)
	<i>E. coli</i> spp. enterohemorrágicos (EHEC)	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea aguda (diarrea) y nefritis hemolítica (nefritis)
	<i>E. coli</i> spp. enterocolitícos (EPEC)	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea aguda (diarrea)
	<i>E. coli</i> spp. enterotoxigénicos (ETEC)	Manejo a persona y por consumo de productos animales contaminados	Diarrea aguda (diarrea) hemolítica
	<i>E. coli</i> spp. enterocitotóxicos (EPEC)	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea inflamación (diarrea) de tipo (diarrea)
<i>Shigella</i>	<i>S. flexnerii</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea (diarrea) (diarrea)
	<i>S. boydii</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea (diarrea) (diarrea) aguda, hémica (diarrea) (diarrea)
	<i>S. sonnei</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	Diarrea (diarrea) (diarrea) aguda, hémica (diarrea) (diarrea)
<i>Salmonella</i>	<i>S. enterica</i>	Consumo de alimentos contaminados (contaminación por (contaminación))	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
	<i>S. typhi</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	Fiebre tifoidea (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
	<i>Y. pestis</i>	Resaca de pulgas (resaca) (resaca)	peste (diarrea) aguda
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
	<i>K. oxytoca</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
<i>Acinetobacter</i>	<i>A. baumannii</i>	Ustedes están con (ustedes) (ustedes)	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
	<i>A. baumannii</i>	Ustedes están con (ustedes) (ustedes)	gastroenteritis (diarrea) aguda, (diarrea) aguda
<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados (infección) (infección)	infecciones del sistema (infección) (infección)
	<i>P. vulgaris</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados (infección) (infección)	infecciones del sistema (infección) (infección)
<i>Providencia</i>	<i>P. stuartii</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados (infección) (infección)	infecciones del sistema (infección) (infección)
	<i>P. rettgeri</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados (infección) (infección)	infecciones del sistema (infección) (infección)
<i>Alcaligenes</i>	<i>A. egypti</i>	Consumo de alimentos y agua contaminados	infecciones del sistema (infección) (infección)

*Infección intrahospitalaria implica el contagio de un individuo dentro de un hospital por el contacto con pacientes infectados o sus secreciones, personal médico, dispositivos médicos, fluidos intravenosos o catéteres permanentes.

Bacterias coliformes: indicadores de la calidad del agua.

Las bacterias coliformes son un subgrupo de las enterobacterias que actúan como indicadores microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua (Venegas et al., 2023). Estas bacterias se encuentran ampliamente en el ambiente,

en el suelo, en el agua y en la vegetación. La presencia de algunos tipos de bacterias coliformes en el agua señala la presencia de excremento o desechos de alcantarillas. Los organismos que causan enfermedades usualmente vienen de los excrementos de humanos o de animales y los desechos de alcantarillas (figura 1). Las bacterias coliformes se clasifican en dos categorías principales: coliformes totales y coliformes fecales.

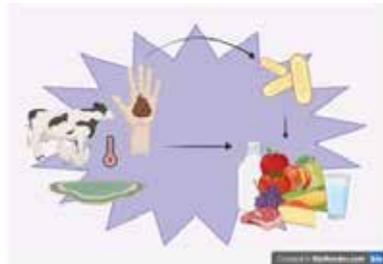


Figura 1. Las bacterias coliformes, subgrupo de enterobacterias utilizadas como indicadores de calidad del agua, se encuentran en suelos, agua y vegetación. Su detección en el agua puede indicar contaminación por desechos fecales o de alcantarillas. Existen dos principales tipos: coliformes totales y coliformes fecales, siendo estos últimos asociados específicamente a excremento humano o animal.

Coliformes Totales: las bacterias coliformes totales habitan principalmente en el medio ambiente y que suelen ser inofensivas. Este grupo incluye géneros como *Citrobacter*, *Enterobacter* y algunas especies de *Klebsiella*. La presencia de coliformes totales en el agua sugiere contaminación general, pero no necesariamente una fuente fecal; por lo tanto, su detección puede indicar la necesidad de una vigilancia más detallada para garantizar la potabilidad del agua.

Coliformes Fecales: las bacterias coliformes fecales son un subgrupo de coliformes más específico, compuesto en su mayoría por *Escherichia coli*. Estas bacterias se encuentran en grandes cantidades en el tracto intestinal de humanos y animales, y su presencia en el agua es una señal de contaminación fecal reciente. Esto tiene implicaciones importantes para la salud pública, ya que la presencia de coliformes fecales en el agua potable indica un riesgo potencial

de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, la fiebre tifoidea y la disentería bacilar.

La importancia de vigilar la calidad microbiológica del agua.

El monitoreo de las bacterias coliformes es una práctica esencial en el control de la calidad del agua y en la protección de la salud pública (Fábrega et al., 2022). La detección de coliformes totales y fecales en fuentes de agua, especialmente en agua potable, sirve como un indicador confiable de contaminación y riesgo sanitario (Estigarribia et al., 2023). Esta evaluación se realiza comúnmente mediante métodos microbiológicos en laboratorio y existen diversos procedimientos reportados internacionalmente. La herramienta básica son los cultivos de bacterias en medios a base de agar (un tipo de material de consistencia más rígida que una gelatina) o el uso de sistemas comerciales de detección rápida.

La importancia de vigilar la presencia de bacterias coliformes en el agua radica en que su detección permite prevenir y controlar brotes de enfermedades de origen hídrico. Cuando se encuentran coliformes fecales en el agua potable, se deben implementar medidas correctivas inmediatas, como la desinfección y el monitoreo continuo, para garantizar la seguridad del suministro de agua. Además, los sistemas de tratamiento de aguas residuales y potables deben diseñarse y mantenerse de acuerdo con normas estrictas para reducir la posibilidad de contaminación fecal y proteger a las poblaciones de infecciones (Jara-Vilca, 2023).

Nuestra experiencia en el laboratorio de microbiología.

Con nuestros estudiantes de la licenciatura de Medicina General y Comunitaria, de la asignatura de Agentes biológicos del periodo de otoño 2024, se nos ocurrió analizar muestras de agua de diferente procedencia de la región de Teziutlán, que es donde se ubica nuestra sede universitaria: el Centro Universitario de la Salud (CUS) de la BUAP. Decidimos utilizar un sistema bien estandarizado, fácil y rápido para nuestros experimentos exploratorios, basados en la curiosidad de analizar las muestras de agua. Por lo anterior, utilizamos un sistema de detección rápida y elegimos las placas Petrifilm de la empresa 3M, y específicamente las placas para coliformes y el sistema para enterobacterias. Seguimos las instrucciones del fabricante y analizamos un mililitro (1 mL) de las muestras de agua, para después incubar las placas petrifilm en una incubadora para bacterias a 37 °C durante 24 horas. Evaluamos muestras de agua de diversas fuentes para conocer la cantidad de enterobacterias y de bacterias coliformes que pudieran tener.

Mostramos algunos ejemplos de nuestros resultados obtenidos con el sistema de placas petrifilm (figuras 2 y 3). En la figura 2, panel A, podemos ver una enorme cantidad de enterobacterias de origen intestinal (fecal) que estaban presentes en el agua de un manantial de la región (se ven como puntitos rojos). Se nota el cambio de coloración del rojo original de la placa petrifilm a amarillo, debido al cambio de pH a ácido y que fue producto del crecimiento de las bacterias y la fermentación de carbohidratos presentes en el medio de cultivo. En el panel B de esa misma figura podemos ver muchas colonias de enterobacterias, algunas con pequeñas burbujas que indican la producción de gas por la fermentación bacteriana y un cambio de color a amarillo, por la producción de ácido. Esto sucedió con la muestra de agua de la llave que trajo un estudiante de su casa. En el panel C, vemos lo obtenido con el agua de una taza de baño (WC) de mujeres

de uno de los sanitarios de nuestra sede escolar. Podemos ver también varias colonias de enterobacterias, las burbujitas que indican producción de gas y un ligero cambio de pH por el ácido que produjeron las bacterias. En este caso el cambio de pH se ve principalmente alrededor de las colonias bacterianas. Finalmente, en el panel D mostramos el resultado de una placa donde evaluamos agua obtenida de una purificadora de agua local. En ese caso no hubo crecimiento de colonias de bacterias coliformes, como sería esperado si se cumplen con las normas sanitarias y las buenas prácticas de procesamiento y purificación del agua para que sea apta para el consumo humano, desde el punto de vista microbiológico.

Algo que queremos destacar en este punto es cómo la cantidad de bacterias depende de la fuente del agua analizada. En el caso del manantial, aunque parecía limpia no podíamos imaginar que contenía una enorme cantidad de bacterias de origen intestinal de animales y de humanos, que representan un potencial riesgo para la salud. Sabemos que hay gente de la región que la consume directamente, pensando que está limpia por su origen, pero que no imaginan que se puede contaminar por contacto con aguas negras o por directamente el contacto con heces de animales y humanos de regiones aledañas.)



Figura 2. Resultados de la evaluación de enterobacterias y coliformes en muestras de agua de diversas fuentes mediante el sistema de placas Petrifilm (3M). (A) Agua de manantial: alta densidad de enterobacterias de origen fecal, visible como puntos rojos y cambio de color de la placa a amarillo debido a la fermentación y producción de ácido. (B) Agua de llave: crecimiento de enterobacterias con burbujas indicativas de fermentación y cambio a amarillo por producción de ácido. (C) Agua de taza de baño (WC): presencia de enterobacterias con burbujas de gas y cambio local a amarillo por producción de ácido. (D) Agua purificada: sin crecimiento bacteriano en la placa para coliformes totales, indicando cumplimiento de estándares microbiológicos de calidad.

Evaluamos otra muestra de agua de otra purificadora de la región y los resultados no fueron tan buenos como en la anterior. Cuando el sistema de purificación del agua no es el adecuado pueden pasar situaciones como las que mostramos en el panel A de la figura 3. En ese caso encontramos algunas bacterias coliformes productoras de gas en una muestra de agua de una purificadora local. Esto fue algo que nos sorprendió, no lo hubiéramos esperado, ni deseado, pero nos indica la razón por la cual debe haber una vigilancia de la calidad del agua de las empresas purificadoras regionales y de sus sistemas de purificación. Todo esto para garantizar su venta para consumo humano y evitar el posible brote de una enfermedad gastrointestinal entre la población. Por otro lado, en esa misma figura mostramos lo que sucedió cuando analizamos el agua del enjuagado de algunos vegetales comúnmente consumidos en México: el cilantro, perejil y la espinaca. Ese tipo de vegetales generalmente requieren del riego y desafortunadamente suele utilizarse para ello aguas residuales sin tratamiento previo, las también conocidas como "aguas negras", que implican la presencia de heces de origen animal y humano y de otros contaminantes químicos tóxicos. Realmente nos sorprendió ver la enorme cantidad de enterobacterias presentes en esos vegetales (paneles B al C). Para ello los dejamos remojando cinco minutos en solución salina isotónica estéril, cada uno de manera independiente, y de ese líquido utilizamos 1 mililitro (1 mL) para su evaluación con las placas petrífilm. Podemos ver en el panel B el cambio de color y la gran cantidad de colonias de bacterias provenientes del cilantro. En el panel C observamos bacterias productoras de gas y fermentadoras que estaban en el perejil. En el panel D, fue tan grande la cantidad de enterobacterias en el líquido del enjuague de la espinaca que prácticamente el color de toda la placa se amarilló. De hecho, en ese caso el fabricante indica que la interpretación se denomina como bacterias incontables. Lo anterior nos presentó evidencia de la presencia de enterobacterias en dichos alimentos frescos que probablemente fueron regados con aguas negras, y que, por lo tanto, es necesario lavarlos y desinfectarlos en el hogar para poder consumirlos de manera segura y evitar así el riesgo de contraer

una enfermedad gastrointestinal.



Figura 3. Análisis microbiológico de muestras de agua y enjuague de vegetales frescos con el sistema de placas petrífilm 3M para coliformes y enterobacterias. (A) Agua de purificadora: presencia inesperada de bacterias coliformes productoras de gas, subrayando la importancia de vigilar la calidad del agua para consumo humano. (B-D) Enjuagues de vegetales: alta carga de enterobacterias en cilantro, perejil y espinaca, probablemente por riego con aguas contaminadas; el cambio de coloración a amarillo y gas en las placas indican fermentación y una cantidad significativa de bacterias fecales, siendo "incontables" en espinaca. Esto resalta la importancia de desinfectar vegetales antes de su consumo para prevenir enfermedades gastrointestinales.

Aguas residuales y agricultura: una terrible realidad.

El uso de aguas residuales en la agricultura representa un problema crítico debido a los riesgos de contaminación microbiana y la degradación de los suelos. Aunque el uso de agua residual "tratada" sería la opción ideal, en muchas regiones del mundo, incluyendo México, se emplean aguas residuales sin tratamiento alguno. Por ejemplo: la Ciudad de México genera grandes cantidades de agua residual y es considerada como una de las mayores productoras de la misma en todo el mundo, además de proveerla a sus estados vecinos. Esta práctica tiene consecuencias significativas a mediano y largo plazo, como la degradación del suelo y la contaminación con microorganismos patógenos, como enterobacterias, que son capaces de contaminar vegetales y representar un riesgo para la salud pública (Mancilla-Villa et al., 2022). Lamentablemente, para muchos agricultores en zonas marginadas, el uso de aguas residuales sin tratamiento es, en realidad, la única opción hídrica disponible para mantener sus cultivos. Sin embargo, esta práctica genera riesgos asociados tanto a la seguridad alimentaria como

a la salud de los consumidores. Un problema adicional es la falta de registros y monitoreo detallado de los volúmenes y áreas de riego que emplean estas aguas, lo cual dificulta implementar mejoras y mitigar riesgos en el uso de aguas residuales (Mendoza-Retana et al., 2021). La producción de aguas residuales en países de América Latina y el Caribe no siempre es monitoreada regularmente. Se calcula que se generan anualmente al menos 30 kilómetros cúbicos de aguas residuales. Brasil y México producen juntos más de la mitad del agua residual generada en la región, lo cual subraya la necesidad urgente de supervisar y tratar esta agua antes de usarla en la agricultura (Mahlknecht et al., 2020). El empleo de aguas residuales en la agricultura, dependiendo de su nivel de tratamiento, puede ser un vehículo para la transmisión de patógenos como virus, bacterias y protozoos, lo que implica un riesgo directo para la salud pública (Chahal et al., 2016). En Sudáfrica, un estudio detectó una alta contaminación en vegetales regados con aguas residuales sin tratar, encontrando bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Shigella* spp. y *Salmonella* spp., las cuales representan un riesgo para los consumidores (Ajibade & Ifeanyin, 2017). Estos estudios resaltan la importancia de aplicar un tratamiento adecuado a las aguas residuales antes de su uso agrícola. Sin tratamiento, estas aguas

pueden transportar enterobacterias y otros microorganismos patógenos que contaminan cultivos frescos, afectando la inocuidad de los alimentos y representando una amenaza significativa para la salud pública.

Conclusión

Las bacterias coliformes, especialmente las fecales, son uno de los indicadores más confiables de contaminación en fuentes de agua potable y constituyen una herramienta fundamental en la vigilancia de la calidad del agua. El consumo de agua contaminada por bacterias coliformes puede causar múltiples enfermedades intestinales, siendo en la actualidad un problema latente. Por lo anterior, el monitoreo y el control de estas bacterias son imprescindibles para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y garantizar el bienestar de la población. Conocer y entender la naturaleza de las enterobacterias y las bacterias coliformes no solo es relevante en microbiología y salud pública, sino que también nos ayuda a mejorar las prácticas de saneamiento y gestión del agua, contribuyendo así a la prevención de enfermedades y a la protección de la salud humana.

Declaración de privacidad

Los datos de este artículo, así como los detalles técnicos para la realización del experimento, se pueden compartir a solicitud directa con el autor de correspondencia.

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando

disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún tipo de conflicto de interés.

Agradecimientos

Agradecemos a la BUAP por promover la investigación científica, a la VIEP por el apoyo recibido en el programa de Proyectos de Grupos de Investigación Interdisciplinaria 2024 (ID de Grupo: 00089) y Haciendo Ciencia en la BUAP 2024. También al ASPABUAP por el apoyo de superación académica para adquirir los materiales que utilizamos (Placas petrifilm 3M) con fines de investigación y divulgación científica. Finalmente, agradecemos a los entusiastas estudiantes de la licenciatura en Medicina General y Comunitaria del CUS-BUAP de Teziutlán.

Referencias

- Ajibade, A. M. and Ifeanyin, O. A. (2017). Ecological and public health implications of the discharge of multidrug-resistant bacteria and physicochemical contaminants from treated wastewater effluents in the Eastern Cape, South Africa. *Rev. Water.* 9(8):562-580.
- Chahal, C.; Van den, A. B.; Young, X. F.; Franco, C.; Blackbeard, J. and Mon, P. (2016). Pathogen and particle associations in wastewater: significance and implications for treatment and disinfection processes. *Adv. Appl. Microbiol.* 97(1):64-110.
- Estigarribia Sanabria, G., Kennedy Cuevas, C., González Vera, A., & Cabriza, C. (2023). Calidad microbiológica del agua procedente de tanques y pozos artesianos de establecimientos sanitarios. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 60.
- Fábrega, J. J. H., Núñez, K., & González, A. (2022). Contaminación por coliformes y evaluación físicoquímica del agua en las cercanías de la desembocadura del río Mariato, Veraguas, Panamá. *Revista Colegiada de Ciencia*, 3(2), 90-101.
- Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2021). The Changing Face of the Family Enterobacteriaceae (Order: "Enterobacterales"): New Members, Taxonomic Issues, Geographic Expansion, and New Diseases and Disease Syndromes. *Clinical microbiology reviews*, 34(2).
- Jara-Vilca, R. (2023). Una revisión bibliográfica sobre métodos de detección de coliformes en fuentes de agua: Avances recientes a nivel internacional. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 4(1), 100-113.
- Lorinsky, M., & Ryan, J. (Eds.). (2024). *Bacterias gramnegativas. En El compañero en la práctica hospitalaria.* McGraw Hill Education.
- Mahlknecht, J.; Gonzalez, B. R. and Loge, F. J. (2020). Water-energy-food security: a nexus perspective of the current situation in Latin America and the Caribbean. *Energy*. 194(3):1- 17.
- Mancilla-Villa, O. R., Gómez-Villaseñor, L., Olguín-Lopez, J. L., Guevara-Gutiérrez, R. D., Hernández-Vargas, O., Ortega-Escobar, H. M., ... & Palomera-García, C. (2022). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fósforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotechnia*, 24(1), 5-14.
- Mendoza-Retana, S. S., Cervantes-Vázquez, M. G., Valenzuela-García, A. A., Guzmán-Silos, T. L., Orona-Castillo, I., & Cervantes-Vázquez, T. J. Á. (2021). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(1), 115-126.
- Murray, P. R., Rosenthal PhD, K., & Pfaller, M. A. (2021). *Microbiología médica.* España: Elsevier Health Sciences.

Riedel, S., Hobden, J. A., Miller, S., Morse, S. A., Mietzner, T. A., Detrick, B., Mitchell, T. G., Sakanari, J. A., Hotez, P., & Mejia, R. (Eds.). (2020). Bacilos gramnegativos entéricos (enterobacterias). En Jawetz, Melnick & Adelberg Microbiología Médica (28a ed.). McGraw-Hill Education.

Ryan, K. J. (Ed.). (2022). Enterobacteriaceae. En Sherris & Ryan. Microbiología Médica (8a ed.). McGraw-Hill Education.

Venegas, B., Tello-Hernández, M. A., Cepeda-Cornejo, V., & Molina-Romero, D. (2023). Calidad microbiológica: detección de *Aeromonas* sp y *Pseudomonas* sp en garrafones provenientes de pequeñas plantas purificadoras de agua. *CienciaUAT*, 17(2), 146-164.

Yáñez, A., Cedillo, L., Neyrolles, O., Alonso, E., Prévost, M. C., Rojas, J., ... & Cassell, G. H. (1999). *Mycoplasma penetrans* bacteremia and primary antiphospholipid syndrome. *Emerging Infectious Diseases*, 5(1), 164.