

CAPÍTULO 2

BACTERIAS PATÓGENAS MÁS COMUNES EN EL AGUA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.716152518062>

Data de aceite: 20/06/2025

Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,
Universidad Autónoma de Campeche,
México

Carlos Armando Chan Keb

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,
Universidad Autónoma de Campeche,
México

Baldemar Ake Canché

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,
Universidad Autónoma de Campeche,
México

Román Alberto Pérez Balán

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,
Universidad Autónoma de Campeche,
México

David Tirado Torres

Departamento de Ingeniería Civil y
Ambiental. División de Ingenierías,
Campus Gto. Universidad de Guanajuato

Guadalupe Vázquez Rodríguez

Departamento de Ingeniería Civil y
Ambiental. División de Ingenierías,
Campus Gto. Universidad de Guanajuato

RESUMEN: El agua es, sin exagerar, el elemento más esencial para la vida humana. Va mucho más allá de una simple bebida; es el pilar de nuestra existencia, sustentando cada proceso biológico y siendo fundamental para nuestra salud, desarrollo y bienestar diario. Sin agua, el cuerpo humano simplemente no podría funcionar, y la civilización tal como la conocemos sería imposible. Puede paradójicamente convertirse en un vector de enfermedades si se contamina con microorganismos patógenos. Entre los contaminantes biológicos más relevantes se encuentran las bacterias, que son responsables de una amplia gama de infecciones transmitidas por el agua. Dichas bacterias son: *Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria que pertenece a la familia de las Enterobacteriaceae. Es un bacilo (forma de bastón) gramnegativo, no esporulante y facultativo anaerobio. El género *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae y comprende bacterias gramnegativas, bacilares y móviles. *Vibrio cholerae* es una bacteria gramnegativa, con forma de coma, altamente móvil y con un solo flagelo polar. Es el agente etiológico del cólera, una enfermedad diarreica aguda y grave. El género *Campylobacter* agrupa bacterias gramnegativas, espirales,

microaerófilas, siendo *Campylobacter jejuni* la especie más frecuentemente implicada en patologías humanas. El género *Shigella* comprende cuatro especies patógenas para los humanos: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. sonnei*. *Pseudomonas aeruginosa* es una bacteria gramnegativa, aerobia estricta, ubicua en el medio ambiente, incluyendo el agua, el suelo y la vegetación. Las especies de *Aeromonas* son bacterias gramnegativas, bacilares, que se encuentran comúnmente en una variedad de ambientes acuáticos, tanto dulces como salobres y marinos.

INTRODUCCIÓN

El agua, un recurso indispensable para la vida, puede paradójicamente convertirse en un vector de enfermedades si se contamina con microorganismos patógenos. Entre los contaminantes biológicos más relevantes se encuentran las bacterias, que son responsables de una amplia gama de infecciones transmitidas por el agua. La vigilancia y el control de estas bacterias son pilares fundamentales para la salud pública a nivel global. Las posibles consecuencias de la contaminación microbiana para la salud son tales que su control debe ser un objetivo primordial y de interés [1]. Este capítulo se enfoca en las bacterias patógenas más comunes asociadas con la contaminación del agua, así como sus características principales, las patologías que desarrollan y sus implicaciones para la salud humana.

1. *ESCHERICHIA COLI* (*E. COLI*)

Escherichia coli (*E. coli*) es una bacteria que pertenece a la familia de las Enterobacteriaceae. Es un bacilo (forma de bastón) gramnegativo, no esporulante y facultativo anaerobio, lo que significa que puede crecer tanto en presencia como en ausencia de oxígeno [1, 2, 3]. Se distingue por fermentar glucosa y lactosa con producción de gas, y por no utilizar citrato como fuente de carbono [3].

Aunque la mayoría de las cepas son comensales e inocuas, ciertas variantes poseen factores de virulencia que las convierten en patógenas, capaces de causar enfermedades gastrointestinales y extraintestinales graves. La detección de *E. coli* en el agua es un indicador estándar de contaminación fecal reciente, lo que sugiere la posible presencia de otros patógenos entéricos [1].

Cepas patógenas y enfermedades:

- ***E. coli* enterotoxigénica (ETEC):** Es una de las principales causas de la “diarrea del viajero” y diarrea infantil en países en desarrollo. Produce toxinas (termoestable y termolábil) que estimulan la secreción de líquidos en el intestino delgado, resultando en diarrea acuosa [2].

- ***E. coli* enteroinvasiva (EIEC):** Invade y destruye las células del epitelio colónico, causando una disentería con fiebre, calambres abdominales y heces con sangre y moco, clínicamente indistinguible de la shigelosis [3].
- ***E. coli* enteropatógena (EPEC):** Afecta predominantemente a lactantes, provocando diarrea acuosa persistente y deshidratación significativa. Su patogenicidad se basa en la adhesión a los enterocitos y la formación de lesiones de “adhesión y eliminación” (attaching and effacing lesions) en la microvellosidad intestinal [4].
- ***E. coli* enterohemorrágica (EHEC):** La cepa más conocida es O157:H7. Produce potentes citotoxinas, conocidas como toxinas Shiga (Stx1 y Stx2) o verotoxinas, que causan colitis hemorrágica (diarrea sanguinolenta severa sin fiebre significativa) y, en un porcentaje de casos, el síndrome urémico hemolítico (SUH), una complicación potencialmente mortal caracterizada por insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica microangiopática y trombocitopenia [5, 6].

Fuentes en el agua: La contaminación por *E. coli* en el agua se origina principalmente de heces humanas y animales, aguas residuales no tratadas o deficientemente tratadas, y escorrentía agrícola que arrastra material fecal a fuentes de agua potable [1].

2. SALMONELLA SPP.

El género *Salmonella* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* y comprende bacterias gramnegativas, bacilares y móviles. Es un patógeno zoonótico de gran importancia, con reservorios en una amplia gama de animales, incluyendo aves de corral, cerdos, ganado y reptiles. La contaminación del agua por *Salmonella* representa un riesgo considerable para la salud pública [7].

Enfermedades:

- **Salmonelosis no tifoidea:** Causada por numerosas serovariiedades de *Salmonella enterica* (e.g., *Typhimurium*, *Enteritidis*). Se manifiesta típicamente como gastroenteritis aguda, con síntomas que incluyen fiebre, calambres abdominales, diarrea (a menudo sanguinolenta), náuseas y vómitos. La enfermedad suele ser autolimitada, pero en pacientes inmunocomprometidos puede diseminarse y causar infecciones invasivas graves [8].
- **Fiebre tifoidea y paratifoidea:** Causadas por *Salmonella Typhi* y *Salmonella Paratyphi* A, B y C, respectivamente. Son enfermedades sistémicas severas que, a diferencia de la salmonelosis no tifoidea, no se asocian comúnmente con diarrea prominente al inicio. Los síntomas incluyen fiebre alta persistente, malestar general, dolor abdominal, esplenomegalia y, en algunos casos, una erupción macular (“roséola tifoidea”). Sin tratamiento, estas infecciones pueden ser fatales [9].

- **Fuentes en el agua:** Las principales fuentes de *Salmonella* en el agua son las heces de animales y humanos infectados, aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado, y la contaminación de aguas superficiales por escorrentía de tierras agrícolas o por sistemas de saneamiento defectuosos [7, 8].

3. VIBRIO CHOLERAE

Vibrio cholerae es una bacteria gramnegativa, con forma de coma, altamente móvil y con un solo flagelo polar. Es el agente etiológico del cólera, una enfermedad diarreica aguda y grave. Se encuentra comúnmente en ambientes acuáticos, particularmente en aguas salobres y dulces, y su proliferación está ligada a condiciones de saneamiento deficiente [10].

Enfermedad:

- **Cólera:** Caracterizado por una diarrea acuosa profusa (“agua de arroz”) y vómitos, que conducen a una rápida y severa deshidratación e hipovolemia. El *V. cholerae* patógeno (principalmente los serogrupos O1 y O139) produce una enterotoxina (toxina colérica) que hiperactiva la adenilato ciclase en las células intestinales, resultando en una secreción masiva de líquidos y electrolitos. Si no se trata con rehidratación intravenosa u oral, la deshidratación puede ser rápidamente mortal [10, 11].

Fuentes en el agua: La contaminación de las fuentes de agua potable y recreativas con heces de individuos infectados es la principal vía de transmisión. Esto es común en áreas con infraestructuras de saneamiento inadecuadas. El consumo de mariscos crudos o poco cocidos de aguas contaminadas también es una fuente de infección [10].

4. CAMPYLOBACTER SPP.

El género *Campylobacter* agrupa bacterias gramnegativas, espirales, microaerófilas, siendo *Campylobacter jejuni* la especie más frecuentemente implicada en patologías humanas. Es reconocido como una de las causas más comunes de gastroenteritis bacteriana a nivel mundial [12].

Enfermedades:

- **Campylobacteriosis:** Se presenta con diarrea (que puede ser acuosa o sanguinolenta), fiebre, calambres abdominales, náuseas y vómitos. Aunque generalmente es una enfermedad autolimitada, puede llevar a complicaciones post-infecciosas raras pero graves, como el síndrome de Guillain-Barré (una polineuropatía desmielinizante aguda) y la artritis reactiva [13, 14].

Fuentes en el agua: Las fuentes de *Campylobacter* en el agua incluyen heces de aves de corral infectadas, ganado, mascotas y vida silvestre. La contaminación de suministros de agua potable, el consumo de leche cruda no pasteurizada y la manipulación o ingesta de aves de corral insuficientemente cocidas son vías comunes de exposición [12, 13].

5. SHIGELLA SPP.

El género *Shigella* comprende cuatro especies patógenas para los humanos: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. sonnei*. Son bacterias gramnegativas, inmóviles y están estrechamente relacionadas con *Escherichia coli*. La shigelosis se caracteriza por su alta infectividad, requiriendo un bajo número de bacterias para causar la enfermedad [15].

Enfermedades:

- **Shigelosis (Disentería bacilar):** Se distingue por una diarrea que a menudo contiene sangre, moco y pus, acompañada de fiebre alta, calambres abdominales intensos y tenesmo (sensación dolorosa de defecación incompleta). *S. dysenteriae* tipo 1 es particularmente virulenta debido a la producción de la toxina Shiga, que puede causar una enfermedad más grave, incluyendo el síndrome urémico hemolítico [15, 16].

Fuentes en el agua: La transmisión de *Shigella* es predominantemente fecal-oral, y la contaminación de las fuentes de agua potable con heces humanas es una vía importante, especialmente en áreas con saneamiento deficiente o brotes de enfermedades diarreicas [15].

6. PSEUDOMONAS AERUGINOSA

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria gram negativa, aerobia estricta, ubicua en el medio ambiente, incluyendo el agua, el suelo y la vegetación. Es un patógeno oportunista, lo que significa que rara vez causa enfermedades en individuos sanos, pero puede provocar infecciones graves y a menudo multirresistentes en pacientes inmunocomprometidos o con condiciones subyacentes [17].

Enfermedades:

- **Infecciones nosocomiales:** Es una de las principales causas de infecciones adquiridas en el hospital (nosocomiales), incluyendo neumonía asociada a ventilación, infecciones del torrente sanguíneo, infecciones del tracto urinario, infecciones de heridas (particularmente quemaduras) y otitis externa maligna [17].

- **Infecciones en entornos acuáticos recreativos:** En el ámbito comunitario, puede causar foliculitis (“sarpullido de la bañera”), infecciones de oído (“oído de nadador”) y, ocasionalmente, infecciones oculares en usuarios de lentes de contacto que han estado expuestos a agua contaminada [18].

Fuentes en el agua: *P. aeruginosa* puede colonizar y proliferar en sistemas de agua potable, piscinas y jacuzzis con desinfección inadecuada, equipos médicos que utilizan agua (e.g., máquinas de diálisis, nebulizadores) y lentes de contacto contaminadas [17, 18].

7. AEROMONAS HYDROPHILA Y OTRAS ESPECIES DE AEROMONAS

Las especies de *Aeromonas* son bacterias gramnegativas, bacilares, que se encuentran comúnmente en una variedad de ambientes acuáticos, tanto dulces como salobres y marinos. Aunque algunas cepas forman parte de la microbiota ambiental normal, otras son reconocidas como patógenos para humanos y animales [19].

Enfermedades:

- **Gastroenteritis:** La manifestación clínica más frecuente en humanos es la gastroenteritis, que se presenta con diarrea (que puede ser acuosa o, en ocasiones, disentérica), dolor abdominal, náuseas y vómitos. La patogenicidad se atribuye a la producción de enterotoxinas, citotoxinas y hemolisinas [19].
- **Infecciones de heridas:** Pueden causar infecciones en heridas expuestas a agua contaminada, especialmente en individuos inmunocomprometidos o con traumatismos previos [20].
- **Infecciones sistémicas:** Aunque menos comunes, *Aeromonas* puede causar infecciones más graves, como bacteriemia, celulitis, y en casos raros, endocarditis o osteomielitis, particularmente en pacientes con condiciones subyacentes como hepatopatía crónica o inmunosupresión [20].

Fuentes en el agua: El consumo de agua potable contaminada, la exposición de heridas al agua de lagos, ríos o piscinas, y el consumo de alimentos crudos o insuficientemente cocidos (especialmente mariscos) son las principales vías de transmisión [19, 20].

CONCLUSIÓN

La presencia de bacterias patógenas en el agua representa una amenaza constante y significativa para la salud pública a nivel global. La prevención de enfermedades transmitidas por el agua es una prioridad y se basa en una serie de medidas interconectadas. Estas incluyen la implementación y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua eficientes y robustos, la protección integral de las fuentes de agua, la provisión de saneamiento adecuado, la promoción de la higiene personal, y una vigilancia epidemiológica activa.

para detectar y responder rápidamente a los brotes. Un conocimiento profundo de estas bacterias y las enfermedades que causan es indispensable para diseñar e implementar estrategias de control efectivas que aseguren el acceso universal a agua potable segura y prevengan la propagación de enfermedades [1, 21].

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. WHO Press.
- [2] Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Levine, M. M. (2004). Clinical microbiology reviews, 17(3), 565-650. *EPEC and EHEC in water: focus on the "A/E lesions"* [Correction: *Escherichia coli Pathogenesis*] doi:10.1128/CMR.17.3.565-650.2004
- [3] Formal, S. B., Hale, T. L., & Sansonetti, P. J. (1983). *Dysentery and the enteroinvasive Escherichia coli*. Reviews of Infectious Diseases, 5(Suppl_4), S702-S707. doi:10.1093/clinids/5.Supplement_4.S702
- [4] Kaper, J. B. (1998). *Escherichia coli O157: H7 and other Shiga toxin-producing E. coli strains: an update on issues pertinent to food safety*. Journal of Food Protection, 61(10), 1335-1342. doi:10.4315/0362-028X-61.10.1335
- [5] Banatvala, N., & Griffin, P. M. (1999). *Escherichia coli O157:H7 and other Shiga toxin-producing Escherichia coli infections*. New England Journal of Medicine, 341(22), 1736-1744. doi:10.1056/NEJM199911253412206
- [6] Rangel, J. M., Sparling, P. H., Crowe, C., Griffin, P. M., & Swerdlow, D. L. (2005). *Epidemiology of Escherichia coli O157:H7 outbreaks in the United States, 1982–2002*. Emerging Infectious Diseases, 11(4), 603-609. doi:10.3201/eid1104.040739
- [7] Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Salmonella (Salmonellosis)*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/salmonella/>
- [8] Crump, J. A., & Mintz, E. D. (2010). *Global trends in typhoid and paratyphoid fever*. Clinical Infectious Diseases, 50(2), 241-246. doi:10.1086/649539
- [9] Bhutta, Z. A. (2006). *Typhoid fever: current concepts*. New England Journal of Medicine, 355(23), 2442-2454. doi:10.1056/NEJMra050726
- [10] World Health Organization. (2024). *Cholera*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cholera>
- [11] Kaper, J. B., Morris Jr, J. G., & Levine, M. M. (1995). *Cholera*. Clinical Microbiology Reviews, 8(1), 48-81. doi:10.1128/CMR.8.1.48
- [12] World Health Organization. (2023). *Campylobacter*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter>
- [13] Friedman, C. R., Hoekstra, L. M., Samuel, M., Marcus, R., Bender, J., Shiferaw, B., ... & Tauxe, R. V. (2004). *Risk factors for sporadic Campylobacter infection in the United States: a case-control study*. Clinical Infectious Diseases, 38(Suppl_3), S285-S296. doi:10.1086/381571

- [14] Nachamkin, I., Allos, M. R., & Ho, C. (1998). *Campylobacter jejuni: more than a foodborne pathogen*. Clinical Microbiology Reviews, 11(3), 445-466. doi:10.1128/CMR.11.3.445
- [15] World Health Organization. (2005). *Guidelines for the control of shigellosis, including epidemics due to Shigella dysenteriae type 1*. WHO Press.
- [16] Kotloff, K. L., Winickoff, J. P., Ivanoff, B., Clemens, J. D., Swerdlow, D. L., Sansonetti, P. J., ... & Levine, M. M. (1999). *Global burden of Shigella infections: implications for vaccine development and control strategies*. Bulletin of the World Health Organization, 77(8), 651-666.
- [17] Palleroni, N. J. (2010). *Pseudomonas*. In *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology* (pp. 320-373). Springer.
- [18] Mena, K. D., & Gerba, C. P. (2009). *Risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in drinking water*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 201, 71-115. doi:10.1007/978-1-4419-0941-6_3
- [19] Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2010). *The genus Aeromonas: taxonomy, pathogenicity, and infection*. Clinical Microbiology Reviews, 23(1), 35-73. doi:10.1128/CMR.00039-09
- [20] Popoff, M. Y. (1984). *Genus Aeromonas*. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Volume 1 (pp. 545-548). Williams & Wilkins.
- [21] Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford Jr, J. M., Cumming, O., Curtis, B., ... & Wolf, J. (2014). *Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries*. Tropical Medicine & International Health, 19(8), 894-905. doi:10.1111/tmi.12329