

Calidad del agua en dos escuelas de Ciudad del Este

Water quality in two schools in Ciudad del Este

Fabián Franco¹ ; Nidia Viviana Ruiz Prieto¹ ; Ada Daniele Santos¹ ;
Izabela Caroline Oliveira¹ ; Luiz Carlos Bonaccorsi¹ ; Natália Maria Soares de Melo¹ ;
Vitoria Kesia Lima¹ 

RESUMEN

Introducción: El agua es esencial para el desarrollo humano. Cumple un papel fundamental en el bienestar de la población al determinar tanto la salud física como el desarrollo mental. **Objetivos:** Comprobar la potabilidad del agua en las instituciones educativas del barrio San Miguel en 2023. **Metodología:** Este estudio se realizó mediante un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, con un diseño transversal (durante el segundo semestre de 2023) y lógica de análisis deductiva, contrastando parámetros de calidad del agua con normas sanitarias establecidas. La muestra incluyó dos instituciones educativas de Ciudad del Este: la Escuela San Francisco (barrio Remancito) y la Escuela Nuestra Señora de Lourdes (barrio San Miguel), seleccionadas por su dependencia de fuentes de agua no reguladas. **Resultados:** En la escuela Nuestra Señora de Lourdes pH 5,51(4.00 a 9.00). Nitrito (N-NO₂) 0,013, Coliformes Totales 54, Aeróbios Mesófilos Totales MNPC, Escherichiacoli 4. Escuela San Francisco pH 6,58, Nitrito (N-NO₂, Hasta 0.1) Menor a 0,02, Coliformes Totales 6, Aeróbios Mesófilos Totales 24. **Conclusión:** Los análisis citológicos revelaron la presencia de coliformes totales y fecales en ambas muestras, siendo notablemente altos en “Nuestra Señora de Lourdes,” donde también se detectó Escherichiacoli. Esta contaminación bacteriológica es un indicativo de riesgo microbiológico, que compromete la calidad y seguridad del agua para consumo humano.

Palabras clave: Calidad del Agua; Contaminación del Agua; Coliformes Infecciones por Escherichiacoli; Salud Pública.

Fecha de recepción: febrero 2025. Aceptado: mayo 2025

¹ Carrera de Medicina. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Privada María Serrana. Ciudad del Este. Paraguay.

Autor de Correspondencia: Fabián Franco. Email: francoinvpy@gmail.com



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

ABSTRACT

Introduction: Water is essential for human development. It plays a fundamental role in the well-being of the population by determining both physical health and mental development. **Objectives:** To verify the potability of water in educational institutions in the San Miguel neighborhood in 2023. **Methodology:** This study was carried out using a descriptive quantitative approach, with a cross-sectional design (during the second semester of 2023) and deductive analysis logic, contrasting water quality parameters with established health standards. The sample included two educational institutions in Ciudad del Este: San Francisco School (Remancito neighborhood) and Nuestra Señora de Lourdes School (San Miguel neighborhood), selected due to their dependence on unregulated water sources. **Results:** At Nuestra Señora de Lourdes School, the pH was 5.51 (4.00 to 9.00). Nitrite (N-NO₂) 0.013, Total Coliforms 54, Total Aerobic Mesophilic MNPC, *Escherichia coli* 4. San Francisco School pH 6.58, Nitrite (N-NO₂, Up to 0.1) Less than 0.02, Total Coliforms 6, Total Aerobic Mesophilic 24. **Conclusion:** Cytological analysis revealed the presence of total and fecal coliforms in both samples, being notably high in “Nuestra Señora de Lourdes,” where *Escherichia coli* was also detected. This bacteriological contamination is indicative of microbiological risk, which compromises the quality and safety of water for human consumption.

Keywords: Coliforms; *Escherichia coli* infections; public health; water pollution; water quality

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para el desarrollo humano. Cumple un papel fundamental en el bienestar de la población al determinar tanto la salud física como el desarrollo mental. Más allá de ser el componente principal de los seres vivos y esencial para mantener la homeostasis del cuerpo, el agua también desempeña un papel fundamental en la regulación de funciones cerebrales como la memoria y la cognición, facilitando el procesamiento de información, por lo que se ubica como un objetivo en la educación ambiental (Corte-López, 2025).

Sin un suministro adecuado de agua, ya sea debido a la falta de servicios adecuados de tratamiento y almacenamiento o a la insuficiencia de saneamiento básico (Srivastav, 2020), el cuerpo no puede funcionar correctamente y pueden surgir problemas de salud como infecciones causadas por diversos microorganismos, dando lugar principalmente a enfermedades gastrointestinales de diversa gravedad (Costa, 2021). Estudios recientes, como el de Brumfield (2020), destacan que, aunque bacterias indicadoras fecales (*E. coli* o enterococci) pueden no detectarse en algunas aguas, sí persisten patógenos oportunistas (*Mycobacterium* spp., *Acanthamoeba*) y genes de virulencia en baja abundancia, lo que refuerza la necesidad de evaluaciones microbiológicas integrales para garantizar la seguridad del agua.

Es importante destacar que las infecciones entéricas crónicas, especialmente durante la primera infancia (menores de 6 años), pueden contribuir al retraso en el crecimiento debido a la presencia de diarrea clínica y a la disfunción entérica ambiental, caracterizada por inflamación intestinal, malabsorción y permeabilidad intestinal (McQuade, 2020). Entre los patógenos implicados, *Cryptosporidium* spp., una de las principales causas de enfermedad dia-

reica transmitida por agua, representa un riesgo latente incluso en fuentes de agua subterránea, tradicionalmente consideradas seguras (Chique, 2020). Estudios revelan que entre el 10-20% de estas fuentes están contaminadas, lo que subraya la necesidad de evaluar su impacto en la salud infantil, particularmente en contextos con saneamiento deficiente (Clairmont, 2021).

Las infecciones parasitarias intestinales afectan en general a poblaciones vulnerables, con 46-57 millones de personas anualmente. En Brasil, un estudio en Teresina, Piauí, reveló una prevalencia del 47,9% en humanos: 42,9% por protozoos (*Giardiaduodenalis*: 8,3%) y 9,4% por helmintos (*Ascarislumbricoides*: 6,6%). Los adolescentes (10-19 años) fueron los más afectados (74,3%), vinculado a pobreza, saneamiento deficiente y contacto con suelos contaminados. Se reportó *Larva migrans* cutánea (LMC) en 45 casos, principalmente en niños (62,2%). Factores clave incluyen defecación al aire libre, pisos de tierra y convivencia con perros (prevalencia canina: 56,5-65,4%), circunstancias también estudiadas y analizadas en estudios en Paraguay (Salas, 2015).

Las aguas contaminadas y en partículas las que tienen contacto con zonas subterráneas suelen tener contaminación por bacterias, que están asociadas a enfermedades gastrointestinales. Las rizoplanas, que son superficies de raíces de plantas acuáticas, actúan como reservorio de *salmonella* spp, donde también podría encontrarse *EscherichiaColi*, como bacteria enteropatógena de aguas no tratadas y provenientes de fuentes subterráneas (Clairmont, 2021).

Existe una relación entre la integridad de cuencas hidrográficas y las enfermedades gastrointestinales (GI) donde los índices integrales (IWI e ICI), que evalúan factores como regulación hidrológica, calidad química del agua y usos del suelo, han demostrado que una mayor integridad de

cuenas se asocia con menos hospitalizaciones por GI en adultos mayores, especialmente en áreas rurales. Estos estudios sugieren que enfoques holísticos (como IWI/ICI) son más útiles que analizar factores aislados (ej., escorrentías agrícolas), ya que capturan interacciones complejas entre estrés ambiental y salud pública. Esto refuerza la necesidad de proteger ecosistemas acuáticos para prevenir enfermedades transmitidas por agua (Jagai, 2019).

Es importante resaltar el pH del agua como parámetro crítico en la evaluación de calidad hídrica y salud pública. Un pH fuera del rango óptimo (6.5-8.5 según OMS) puede indicar contaminación química o biológica, afectando directamente la potabilidad y el equilibrio ecosistémico. Valores extremos (ácidos o alcalinos) corroen tuberías, liberando metales pesados, o favorece patógenos como *Vibrio cholerae*. Los métodos modernos (sensores IoT, CPS) permiten monitorear el pH en tiempo real, superando limitaciones de técnicas convencionales (lentas, costosas). Esto es vital para prevenir enfermedades gastroin-

testinales y garantizar agua segura, especialmente en regiones con alta actividad industrial o agrícola, donde la alteración del pH es frecuente (Zainurin, 2022).

Dos variables destacadas que contribuyen a la contaminación del agua subterránea son, en primer lugar, la fragilidad de los acuíferos en términos de sus características naturales, y en segundo lugar, la forma en que se utiliza la tierra, que puede generar residuos capaces de convertir el agua en una sustancia patógena. La profundidad del pozo y su cercanía a reservorios contaminados, también son potenciales riesgos de contaminación (Peixoto, 2020).

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo examinar la calidad del agua a través de análisis químicas de muestras colectadas en dos instituciones educativas del Barrio San Miguel, ubicado en Ciudad del Este, Paraguay. Visto que el agua es ese recurso vital para la comunidad, es importante asegurar que está segura para el consumo tanto de los estudiantes, cuanto de los personales de esas escuelas.

MÉTODO

Este estudio se realizó mediante un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, con un diseño transversal (durante el segundo semestre de 2023) y lógica de análisis deductiva, contrastando parámetros de calidad del agua con normas sanitarias establecidas.

La muestra incluyó dos instituciones educativas de Ciudad del Este: la Escuela San Francisco (barrio Remancito) y la Escuela Nuestra Señora de Lourdes (barrio San Miguel), seleccionadas por su dependencia de fuentes de agua no reguladas.

Se recolectaron muestras de agua en puntos estratégicos de consumo (bebederos, grifos) por personal capacitado con técnicas asépticas, siguiendo protocolos

estandarizados (APHA, 2017). Los criterios de inclusión fueron: a) escuelas públicas sin acceso a red de agua potable formal, y b) consentimiento informado de las autoridades.

Se excluyeron muestras con manipulación previa o almacenamiento inadecuado. Adicionalmente, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a directivos de ambas escuelas (n=4), indagando sobre datos sociodemográficos de la comunidad educativa, origen del agua y usos institucionales.

Los datos microbiológicos (coliformes totales, *Escherichia coli*) y fisicoquímicos (pH, nitritos) se analizaron en laboratorio con técnicas estandarizadas (método de filtración por membrana para bacterias;

espectrofotometría para parámetros químicos), mientras que los datos cualitativos de las entrevistas se procesaron mediante categorización temática.

El estudio cumplió con criterios éticos: anonimato de los participantes, aprobación de las instituciones y validación de resultados mediante replicación analítica.

RESULTADOS

El estudio actual incluyó un número total de 152 estudiantes (n=152) donde se encontraron 55 personas (36%) de 10/10 en ambos ojos, de los cuales, 28 personas son de sexo femenino, 22 de sexo masculino y 5 sin identificar el sexo. En cuanto a la distribución según edades, de los 55 parti-

cipantes mencionados con AV de 10/10, el grupo predominante (41,8%) se encuentra en el rango etario de 17-20 años, siguiendo el de 21-24 años (27,2%). En tercer lugar, se encuentra el grupo etario de 25-28 años (14,5%). Los datos restantes pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados del análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de consumo en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes (Ciudad del Este, agosto 2023)

Parámetro	Método	Unidad	Resultado	Límite de referencia	Normativa aplicable
pH	SM 4500-H+ B	UpH	5.51	4.00 - 9.00	OMS (2017)
Nitrito (N-NO ₂)	SM 4500-NO ₂ B	mg/l	0.013	≤ 0.1	Código Alimentario (PY)
Nitrato (N-NO ₃)	SM 4500-NO ₃ B	mg/l	5.8	≤ 45	EPA 816-F-15-003
Materia Orgánica (como O ₂)	Del Permanganato	mg/l	0.48	≤ 3.0	APHA (2017)
Coliformes Totales	DL-NN	UFC/100ml	54	0 (ausencia)	OMS (2017)
Coliformes Fecales	DL-NN	UFC/100ml	21	0 (ausencia)	OMS (2017)
Aerobios Mesófilos Totales	SM 9215 C	UFC/ml	MNPC	≤ 500	ISO 4833-1:2013
Escherichiacoli	DL-NN	UFC/100ml	4	0 (ausencia)	OMS (2017)
Pseudomona-saeru-ginosa	DL-NN	UFC/100ml	0	0 (ausencia)	ISO 16266:2018

Nota: MNPC = Mínimo Número Posible de Colonias. Métodos SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 23a ed.). Muestreo realizado en condiciones climáticas soleadas (01/08/2023).

Fuente: Laboratorio de Aguas y Alimentos, Universidad Nacional del Este - Facultad de Ciencias de la Salud (2023).

La Escuela Básica San Francisco de Asís del Barrio Remansito, lleva funcionando desde 1977 y la utilización del agua es de pozo artesiano de 155 metros, que corresponde al agua denominada mineral del acuífero guaraní, para el consumo y limpieza.

Cuenta con grados Pre Escolar, Fundamental, y nivel básico en los turnos - mañana, y tarde.

Posee un número de 46 profesores y 2 funcionarios de limpieza, con 525 estudiantes.

Tabla 2: Resultados del análisis microbiológico y fisicoquímico de agua para consumo en la Escuela San Francisco de Asís (Ciudad del Este, Paraguay)

Determinación	Método	Unidad	Resultado	Valor de referencia
Nitrato (N-NO ₃)	SSM 4500-NO ₃ B	mg/L	0.71	≤ 45.00
Materia orgánica (como O ₂)	Del Permanganato-NN	mg/L	0.40	≤ 3.00
Coliformes totales	DL-NN	UFC/100 mL	6	Ausencia (0 UFC)
Coliformes fecales	DL-NN	UFC/100 mL	5	Ausencia (0 UFC)
Aerobios mesófilos totales	SM 9215 C	UFC/mL	24	≤ 500
Escherichiacoli	DL-NN	UFC/100 mL	0	Ausencia (0 UFC)
Pseudomonasaeruginosa	DL-NN	UFC/100 mL	0	Ausencia (0 UFC)

Nota. Los datos fueron recolectados el 2 de agosto de 2023 en condiciones climáticas solea-das. Métodos basados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM).

Fuente: Centro de Investigaciones Médicas, Universidad Nacional del Este (Facultad de Ciencias de la Salud).

El pH, los nitritos y nitratos corresponden al análisis químico inorgánico y posee tanto las unidades de medida como los valores de referencia. La materia orgánica, los coliformes, los aeróbios, escherichiacoli y pseudomonas corresponde al estudio

biológico, donde también tiene una columna de resultados y una de referencia. Los valores más altos en la parte biológica implican riesgos de infección y problemas gastrointestinales en las personas que la consumen.

DISCUSIÓN

En relación a la contaminación microbiológica en las escuelas de Ciudad del Este (Tablas 1 y 2) se puede ver que coinciden con los factores de riesgo identificados en otros estudios.El agua no potable y saneamiento deficiente se asocian a parasitosis intestinales (Vázquez, 2024) y anemia en niños (Garzón-Castaño, 2024). La presencia de coliformes fecales (6-54 UFC/100 mL) y E. coli (0-4 UFC/100 mL) en las muestras refleja una posible ruta de transmisión de patógenos como Giardialamblia y Ascarislumbricoides, reportados como prevalentes en Paraguay (76% de casos, Vázquez, 2024), y protozoos como Enta-

moebahistolytica (39.5% en Cuba, Francisco-Castillo, 2023). Aunque el pH y nitratos/nitritos estuvieron dentro de rangos seguros, la materia orgánica (0.40-0.48 mg/L) sugiere contaminación fecal, vinculada a parasitosis en comunidades vulnerables (Vázquez, 2024). Estos resultados subrayan la necesidad de intervenciones multisectoriales: mejora en la calidad del agua, educación higiénica (Francisco-Castillo, 2023) y monitoreo continuo para prevenir anemias y parasitosis en escolares. El pH de ambos análisis está ligeramente fuera del rango óptimo para el agua

potable, que generalmente se considera entre 6.5 y 8.5. El estudio de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) destaca que un pH demasiado bajo puede incrementar la solubilidad de metales en el agua, lo cual podría generar problemas de toxicidad, mientras que un pH elevado podría afectar el sabor y la potabilidad del agua. La escuela “San Francisco” tiene un pH de 6.58, cercano al límite inferior aceptable, mientras que “Nuestra Señora de Lourdes” muestra un pH de 5.51, lo cual es significativamente ácido y requiere tratamiento para asegurar su seguridad en el consumo (EPA, 2023).

Los niveles de nitrato y nitrito en ambas muestras están dentro de los límites considerados seguros por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que recomienda un máximo de 50 mg/L para nitrato y 3 mg/L para nitrito. Sin embargo, estudios recientes han señalado que incluso bajas concentraciones de nitratos pueden contribuir a problemas de salud en niños y poblaciones vulnerables, afectando el transporte de oxígeno en la sangre (EPA, 2023; WaterForum, 2024). Aunque las concentraciones de nitratos son moderadas en estas muestras, el continuo monitoreo es fundamental para prevenir la acumulación de contaminantes.

La presencia de coliformes totales, fecales y *Escherichiacoli* en la Escuela “Nuestra Señora de Lourdes” (Tabla 1) confirma contaminación fecal, coincidiendo con otras investigaciones que vinculan agua no potable con enfermedades gastrointestinales (OMS, 2017). Este riesgo es crítico para niños, como evidencia Narayani (2024) en Indonesia, donde el consumo de agua no tratada aumentó 1.95 veces las infecciones por protozoos (*Giardia*, *Cryptosporidium*) (Silva, 2025). Aunque en Paraguay no se detectó *Cryptosporidium*, su asociación con acuíferos contaminados (Walsh, 2024) alerta sobre vulnerabilida-

des en fuentes subterráneas, como el pozo artesiano de la escuela, considerando que el Acuífero Guaraní es una fuente regional de provisión.

Estudios como Gitter (2023) demuestran que el almacenamiento prolongado en acuíferos reduce patógenos (ej. *E. coli* en 31 días), pero en Ciudad del Este la falta de tratamiento previo exacerba riesgos. La combinación de factores, contaminación fecal, acceso limitado a agua procesada y saneamiento inadecuado, refleja patrones observados en Indonesia y EE.UU., subrayando la urgencia de intervenciones en WASH (Water, Sanitation, Hygiene) para prevenir parasitosis y anemias en poblaciones escolares vulnerables (Garzon-Castaño, 2023).

El estudio de Barbosa (2023) sobre brotes de diarrea en escuelas por agua contaminada coincide con hallazgos globales: en Ontario, pozos privados sin tratamiento causaron 4,823 casos anuales de gastroenteritis por *Giardia* y *E. coli* (Latchmore, 2023), mientras que en Brasil se detectaron *Cryptosporidium* y *Giardia* incluso en agua tratada (Scherer, 2022). En Colombia, el riesgo de infección por estos parásitos superó 50% en agua no tratada (Guzmán, 2022), evidenciando fallas en los sistemas de purificación. Estos resultados y otros refuerzan la urgencia de mejorar los controles en escuelas, donde niños, grupo vulnerable están expuestos a patógenos resistentes (SantaCruz-Lopez, 2023).

También comparando con Ahmed (2022) sobre la alta infectividad de coliformes fecales coincide este con hallazgos en poblaciones infantiles vulnerables: en Ecuador, el 77.1% de niños presentaron parasitosis intestinales (De la Torre-Fiallos, 2023), mientras en Perú, geohelminthos como *Ascaris* afectaron al 20.7% de menores (Carrasco-Solano, 2023). En Cuba, el 43.9% de los casos se asociaron a *Giardialambli*a, vinculada a prácticas higiénicas deficien-

tes (Pérez-Martínez, 2019). Estos resultados refuerzan la necesidad de acciones inmediatas en escuelas como “Nuestra Señora de Lourdes”, donde la contaminación fecal del agua, aún en bajas concentraciones, puede desencadenar brotes similares (Loria-Naranjo, 2024).

Los resultados de la Escuela “San Francisco”, con ausencia de *E. coli* y menor carga de coliformes fecales, reflejan una mejor calidad microbiológica del agua, lo que coincide con los altos estándares de eficiencia (85%+) en sistemas de tratamiento como los evaluados en Costa Rica (Loría, 2024), donde el Índice Biológico de Lodos (IBL) demostró correlación con la remoción de contaminantes (Pal, 2022). Sin embargo, como señala Coello. (2023) en Ecuador, la falta de educación ambiental puede comprometer estos avances, ya que prácticas inadecuadas de manejo hídrico generan riesgos recurrentes. Esto muestra la necesidad de combinar vigilancia técnica, como monitoreo continuo del agua, con estrategias educativas que promuevan hábitos sostenibles, asegurando así entornos escolares seguros a largo plazo (Rogawski, 2019).

La materia orgánica en ambas muestras está en niveles relativamente bajos (0.48 mg/L y 0.4 mg/L). Sin embargo, los niveles de aeróbios mesófilos, que son un indicador de la calidad microbiológica general, son preocupantes en ‘Nuestra Señora de Lourdes’ (valor alto), indicando posible contaminación orgánica que podría facilitar el crecimiento de patógenos. Según

el Water Quality Indicator Report, altas cantidades de microorganismos mesófilos pueden disminuir la efectividad de la desinfección en sistemas de agua potable (WaterForum, 2024). Estudios recientes destacan que, en estos casos, los procesos biológicos de tratamiento, como la filtración con carbón activado o biofiltración (Patel, 2025), podrían ser más eficaces que la desinfección química, ya que reducen tanto la carga orgánica como la microbiana sin generar subproductos tóxicos ni seleccionar patógenos resistentes (Fowler, 2017)..

Los hallazgos en la Escuela “San Francisco” (ausencia de *E. coli*) contrastan con los desafíos reportados en países de ingresos bajos-medios, donde solo el 7% de los estudios sobre WASH en escuelas analizan impactos por género (Bick, 2025). En Sudáfrica, el 94% de las escuelas usan letrinas sin agua ni jabón (Radebe et al., 2025), mientras que en Brasil, la falta de alineación entre actores educativos perpetúa violaciones al derecho humano al agua (Poague., 2025). Esto resalta que, aunque algunos contextos muestran avances técnicos (ej. calidad microbiológica aceptable), persisten brechas críticas: infraestructura insuficiente, monitoreo desigual y participación limitada de la comunidad escolar. La estandarización de métricas WASH, como propone Bick (2025), y la co-creación de soluciones con todos los actores son clave para lograr escuelas saludables y equitativas.

CONCLUSIONES

Se analizaron muestras de agua de escuela que utilizan agua de pozo sin tratamiento, pero a distintas profundidades.

Los usuarios del agua son profesores, funcionarios de limpieza y estudiantes, siendo las poblaciones un poco diferentes

en la relación proporcional entre docentes y estudiantes, donde la escuela “Nuestra Señora de Lourdes” tiene menos profesores por número de estudiantes.

En base al análisis químico y citológico realizado en el agua de las escuelas “Nues-

tra Señora de Lourdes” y “San Francisco,” se concluye que la potabilidad del agua varía considerablemente entre ambas instituciones. Los parámetros químicos, como el pH y los niveles de nitrato y nitrito, cumplen en gran medida con los estándares de seguridad establecidos para el agua potable, aunque el pH en “Nuestra Señora de Lourdes” es más ácido de lo ideal, lo que podría afectar su aceptabilidad.

Los análisis citológicos revelaron la presencia de coliformes totales y fecales en ambas muestras, siendo notablemente altos en “Nuestra Señora de Lourdes,” donde también se detectó *Escherichiacoli*. Esta contaminación bacteriológica es un

indicativo de riesgo microbiológico, que compromete la calidad y seguridad del agua para consumo humano.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar medidas de tratamiento y monitoreo continuo en ambas instituciones, con especial urgencia en “Nuestra Señora de Lourdes,” para reducir los niveles de microorganismos patógenos y mejorar la potabilidad del agua.

REFERENCIAS

1. Ahmed, W., Hamilton, K. A., &Toze, S. (2022). Emerging pathogens in the environment: Necessity for a global environmental surveillance. *Journal of Water and Health*, 20(3), 321–334. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.001>
2. Barbosa, L. S., Morais, L. M., & Pereira, M. E. (2023). Water quality in schools: Assessing risks and proposing solutions. *Environmental Health Perspectives*, 131(4), 421–429. <https://doi.org/10.1289/EHP9452>
3. Bick, S., Davies, K., Mwenge, M., MacLeod, C., Braun, L., Chipungu, J., Chidziwisano, K., &Dreibelbis, R. (2025). WASH and learn: a scoping review of health, education and gender equity outcomes of school-based water, sanitation and hygiene in low-income and middle-income countries. *BMJ Global Health*, 10(5). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-018059>
4. Brumfield, K. D., Hasan, N. A., Leddy, M. B., Cotruvo, J. A., Rashed, S. M., Colwell, R. R., &Huq, A. (2020). A comparative analysis of drinking water employing metagenomics. *PloS One*, 15(4), e0231210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231210>
5. Castillo, M. F., Carrera, D. S., Veliz, L. A., &Souto, D. V. (n.d.). Prevalence and risk factors associated with intestinal parasitism in children. Ciego de Ávila, 2023. Sld.Cu. Retrieved May 29, 2025, from <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v22n4/1727-897X-ms-22-04-e709.pdf>
6. Chique, C., Hynds, P. D., Andrade, L., Burke, L., Morris, D., Ryan, M. P., &O'Dwyer, J. (2020). *Cryptosporidium* spp. in groundwater supplies intended for human consumption – A descriptive review of global prevalence, risk factors, and knowledge gaps. *Water Research*, 176, 115726. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115726>
7. Clairmont, L. K., Coristine, A., Stevens, K. J., &Slawson, R. M. (2021). Factors influencing the persistence of enteropathogenic bacteria in wetland habitats and implications for water quality. *Journal of Applied Microbiology*, 131(1), 513–526. <https://doi.org/10.1111/jam.14955>

8. Corte López, A., Sánchez Duarte, N. E., & Pallanez Murrieta, M. (2025). Diagnóstico de educación ambiental en alumnos de nivel universitario en Sonora y Tamaulipas México. *Conocimiento global*, 10(1), 96–110. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v10i1.542>
9. Costa, C. M. da S. B., Leite, I. R., Almeida, A. K., & de Almeida, I. K. (2021). Choosing an appropriate water quality model—a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 38. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08786-1>
10. De-la-Torre-Fiallos, A. V., Pacha-Jara, A. G., & del Rocío Caiza-Vega, M. (2023). Parasitosis intestinales en niños del cantón Ambato, Ecuador. <https://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=9203940>. <https://doi.org/ISSN-e0123-2576,ISSN2500-7106>
11. Fowler, S. J., & Smets, B. F. (2017). Microbial biotechnologies for potable water production. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1094–1097. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12837>
12. Garzon-Castaño, S. C., Gil-Gracia, Á. M., Echeverri-Herrera, D., Montoya-Giraldo, L. A., Uribe-Palacio, G. D., López-Muñoz, D. F., & Giraldo-Ospina, B. (2023). Asociación de parásitos intestinales con síndrome anémico en niños escolares: Una revisión sistemática de la literatura. *Universidad y salud*, 26(1), 9–18. <https://doi.org/10.22267/rus.242601.309>
13. Gitter, A., Mena, K. D., & Lisle, J. T. (2023). Informing ASR treatment practices in a Florida aquifer through a human health risk approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(19), 6833. <https://doi.org/10.3390/ijerph20196833>
14. Guzmán Barragán, B. L., de Souza Lauretto, M., Razzolini, M. T. P., Nardocci, A. C., & Marimón Sibaja, K. V. (2022). Assessment microbial risks for the presence of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. based on the surveillance of the water supply systems in Colombia, 2014–2018. *Water Environment Research: A Research Publication of the Water Environment Federation*, 94(8), e10776. <https://doi.org/10.1002/wer.10776>
15. Jagai, J. S., Krajewski, A. K., Jimenez, M. P., Murphy, M. S., Leibowitz, S. G., & Lobdell, D. T. (2019). Watershed integrity and associations with gastrointestinal illness in the United States. *Journal of Water and Health*, 17(6), 978–988. <https://doi.org/10.2166/wh.2019.060>
16. Latchmore, T., Hynds, P. D., Brown, R. S., McDermott, K., & Majury, A. (2023). Assessing the risk of acute gastrointestinal illness attributable to three enteric pathogens from contaminated private water wells in Ontario. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 248(114077), 114077. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114077>
17. Loría-Naranjo, M., & Beita-Sandí, W. (2024). Índice biológico de lodos como bioindicadores en dos sistemas de tratamiento de agua residual hospitalaria en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 16(1), e5334. <https://doi.org/10.22458/urj.v16i1.5334>
18. Narayani, D. A., Ali, S., Surja, S. S., Kristin, H., Hengestu, A., Widowati, T. A., Wijaya, M., & Kaisar Mm, M. (2024). Common intestinal parasitic infections in an improved water access, sanitation, and hygiene profile setting in North Jakarta, Indonesia. *Narra J*, 4(3), e1264. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i3.1264>
19. Pal, K., Chakroborty, S., Panda, P., Nath, N., & Soren, S. (2022). Environmental assessment of wastewater management via hybrid nanocomposite matrix implications – An organized review. *Environmental Science and Pollution Research International*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23015-7>
20. Patel, M., Gupta, E. K., & Yo-

gesh, M. (2025). Assessing and comparing knowledge, attitude, and practices related to water, sanitation and hygiene among government and non-government school students in Gujarat: a mixed method study. *BMC Public Health*, 25(1), 1768. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22937-4>

21. Peixoto, F. da S. (2020). Risco de contaminação da água subterrânea em uma sub-bacia urbana. *Mercator (Fortaleza)*, 19, e19016. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19016>

22. Poague, K. I. H. M., Ramos, A. P., de S Lopes, C. B., Gonçalves, G. V. L., Damasceno, M. B. R., Blanford, J. I., Martinez, J. A., & Anthonj, C. (2025). WASH-friendly schools for whom? Integrating the perception of different school stakeholders in Brazil. *Social Science & Medicine* (1982), 367(117753), 117753. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2025.117753>

23. Rogawski-McQuade, E. T., Platts-Mills, J. A., Gratz, J., Zhang, J., Moulton, L. H., Mutasa, K., & Humphrey, J. H. (2019). Impact of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on enteric infections in rural Zimbabwe: The Sanitation Hygiene Infant Nutrition Efficacy (SHINE) trial. *The Journal of Infectious Diseases*, 221(8), 1379–1386. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiz048>

24. Salas Dueñas, D. A. (2015). Análisis de la problemática del agua en Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 13(1). <https://archivo.bc.una.py/index.php/RIIC/article/view/302/0>

25. SantaCruz-López, C., Carrasco-Solano, F. A., Espinoza, M. A. V., & Fernández, M. M. S. (2023). Comparación de técnicas coproparasitológicas para el diagnóstico de geohelminthos intestinales en niños Lambayecanos. *Gaceta médica boliviana*, 46(1), 72–76. <https://doi.org/10.47993/gmb.v46i1.636>

26. Scherer, G. S., Leal, D. A. G., Greinert Goulart, J. A., Araújo, R. S., Beux, M. R., & Moreira, N. M. (2022). Parasitological, microbiological, and antimicrobial resistance profiles of raw and drinking water in a tourist city in the tri-border region of South America. *Journal of Water and Health*, 20(2), 385–395. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.256>

27. Silva, J., Monteiro, K. J. L., Lima, O. B., Silva, M. L. A. da, Almeida, M. M., Evangelista, B. B. C., Pinheiro, R. S., Leal, D. N., Carneiro, E. L. N. C., Bordignon, J. C. P., Pereira, L. A., Alencar, M. F. L., Carvalho-Costa, F. A., & Moraes Neto, A. H. A. (2025). Intestinal parasitic infections: risk factors and zoonotic aspects in human and dog populations of a rural area of Piauí State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e290197. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.290197>

28. Srivastav, A. L., Patel, N., & Chaudhary, V. K. (2020). Disinfection by-products in drinking water: Occurrence, toxicity and abatement. *Environmental Pollution*, 267, 115474. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115474>

29. Vázquez, F., Alvarenga, E., Cabrera, L. K., Herrera, L., & González Brites, N. (2025). Infecciones parasitarias en niños del Paraguay: Una revisión sistemática desde 2014 a 2024. *Revista científica ciencias de la salud*, 7, 01–17. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2025.e7801>

30. Walsh, J. F., Scher, D. P., de Lambert, J. R., & Anderson, A. C. (2024). Risk factors for *Cryptosporidium* contamination in Minnesota public supply wells. *Journal of Water and Health*, 22(3), 612–626. <https://doi.org/10.2166/wh.2024.361>

31. World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>