

Una revisión bibliográfica sobre métodos de detección de coliformes en fuentes de agua: Avances recientes a nivel internacional

A literature review on coliform detection methods in water sources: Recent international developments

Uma revisão da literatura sobre métodos de detecção de coliformes em fontes de água: Desenvolvimentos internacionais recentes

Jara-Vilca, Rocio

Rocio Jara-Vilca

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Perú

Revista Científica Dékamu Agropec

Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Perú

ISSN: 2709-3190

ISSN-e: 2709-3182

Periodicidad: Semestral

vol. 4, núm. 1, 2023

dekamuagropec@unibagua.edu.pe

Recepción: 05 Febrero 2023

Aprobación: 02 Marzo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/744/7444325011/>

Resumen: El consumo de agua contaminada, especialmente por coliformes totales causa múltiples enfermedades intestinales, siendo en la actualidad un problema latente. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue analizar los métodos de detección para el análisis microbiológico de agua a nivel internacional. La revisión bibliográfica se realizó en base a datos de Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) y Scopus, desde el año 2012 a diciembre del 2022. El análisis de datos, se realizó de acuerdo a los artículos seleccionados y a su procedencia. Las redes de coautoría se realizaron con el software VOSviewer. Los resultados muestran que los estudios basados en métodos de análisis de calidad de agua empezaron a sobresalir durante los años 2021 y el País donde se desarrolló con mayor énfasis la investigación fue Estados Unidos. Se concluye que los métodos moleculares son una buena alternativa para análisis de calidad de agua, porque son rápidos y específicos.

Palabras clave: Métodos de detección, coliformes totales, calidad de agua, calidad de agua.

Abstract: The consumption of contaminated water, especially total coliforms, causes multiple intestinal diseases and is currently a latent problem. In this sense, the objective of the research was to analyze the detection methods for microbiological analysis of water at international level. The literature review was conducted based on data from the National Center for Biotechnology Information (NCBI), Latin American and Caribbean Literature on Health Sciences (LILACS) and Scopus, from 2012 to December 2022. Data analysis was performed according to the selected articles and their origin. Co-authorship networks were performed with VOSviewer software. The results show that studies based on water quality analysis methods began to stand out during the years 2021 and the country where research was developed with greater emphasis was the United States. It is concluded that

molecular methods are a good alternative for water quality analysis because they are fast and specific.

Keywords: Detection methods, total coliforms , water quality.

Resumo: O consumo de água contaminada, especialmente de coliformes totais, provoca múltiplas doenças intestinais e é atualmente um problema latente. Neste sentido, o objetivo da investigação foi analisar os métodos de detecção para a análise microbiológica da água a nível internacional. A revisão da literatura foi realizada com base em dados do National Center for Biotechnology Information (NCBI), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Scopus, de 2012 a dezembro de 2022. A análise dos dados foi realizada de acordo com os artigos selecionados e sua procedência. As redes de coautoria foram realizadas utilizando o software VOSviewer. Os resultados mostram que os estudos baseados em métodos de análise da qualidade da água começaram a se destacar durante os anos de 2021 e o país onde as pesquisas foram desenvolvidas com maior ênfase foram os Estados Unidos. Conclui-se que os métodos moleculares são uma boa alternativa para análise da qualidade da água por serem rápidos e específicos.

Palavras-chave: Métodos de detecção, qualidade da água, coliformes totais.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de materia fecal (CYTED, 2019). El consumo de agua infectada por estos microorganismos causa infecciones intestinales (Nurliyana et al., 2018). Como indicadores de calidad del agua, se encuentra el grupo de coliformes totales (Fusco, 2010).

La detección y enumeración de la bacteria coliforme por métodos convencionales generalmente requiere una larga duración para obtener resultados, ya que normalmente se utilizan procesos de enriquecimiento basadas en el uso de medios de cultivo en el laboratorio (Amidoun, 2007). Sin embargo, se han desarrollado técnicas más rápidas para análisis microbiológico en aguas, tales como métodos moleculares que son sensibles, rápidas y específicas (Mendes & Domingues, 2015), las cuales se pueden automatizar; estos métodos emergentes ofrecen la posibilidad de identificar los patógenos incluidos cepas nuevas y emergentes (Girones et al., 2010). Así en la actualidad se habla de dispositivos con biosensores portátiles, altamente sensibles para detectar una concentración extremadamente baja de bacterias coliformes en muestras de agua (Nuriyana et al, 2018).

Con base a lo mencionado, el objetivo de la investigación fue analizar las fuentes bibliográficas desde el año 2012 hasta el año 2022 basadas en métodos de detección de coliformes en fuentes de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó mediante la revisión de artículos en la base de datos del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), Medicina Bioelectrónica (BMC) y Scopus, por ser la fuente de dato de citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares con mayor impacto (Md Khudzari et al., 2018). La búsqueda se realizó desde el año 2012 al 2022 utilizando la técnica por rangos (Salaz, 2019); la búsqueda se limitó a artículos en inglés publicadas a nivel internacional. Mediante la técnica de las palabras claves (Salaz,

2019). Además, se obtuvo una recolección de información exitosa a través de la utilización de las palabras “métodos de detección de coliformes” y “métodos de detección moleculares de bacterias en agua”.

En la búsqueda se consideró estudios realizados en métodos de detección de coliformes en agua; se encontraron 250 artículos, de los cuales solo 46 artículos cumplieron con los objetivos planteados del estudio. Así mismo se adoptó la técnica de la revisión para cada artículo principalmente delimitado autor/año.

Análisis de datos

Los análisis descriptivos asociados a evolución de publicaciones por países se realizaron con software Excel. Para los gráficos de análisis de coocurrencia de palabras clave, se construyeron mapas de red utilizando el método de "recuento completo" del software VOSviewer v.1.6.17 (Silva et al., 2022).

RESULTADOS

Figura 1, muestra la cantidad de artículos publicados por países, de acuerdo al tema de interés, donde Estados Unidos es el país que lidera con 26 artículos para el año 2021, evidenciando mayores publicaciones sobre métodos de detección de coliformes en agua.

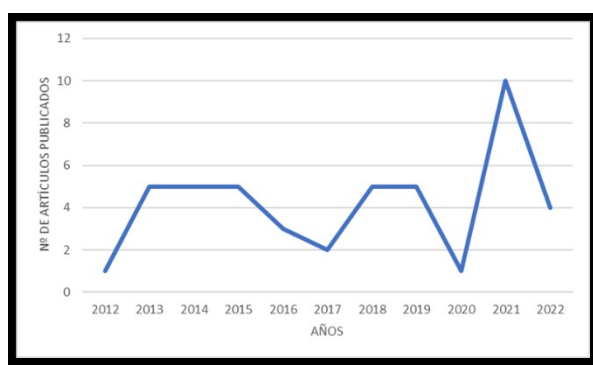


FIGURA 1
Evolución de artículos por año

Figura 2, se muestra el mapa de red de co-autorías de los artículos relacionado a métodos de detección de coliformes en agua. El tamaño del círculo representa la cantidad de co-autorías. Cuanto menor es la distancia entre los círculos, mayor es el número de co-autorías.

Tabla 1, se muestra los resultados de los 46 artículos seleccionados donde se evidencia que en los estudios realizados han evaluado los métodos de detección de coliformes en agua. Así mismo, en la mayoría de estudios, mencionan que los métodos moleculares es una alternativa viable para detección de microorganismos en fuentes de agua. Se observa que Estados Unidos es el país que lidera en estudios de métodos moleculares para detectar bacterias en agua.

DISCUSIÓN

Del análisis de la literatura se evidenció que la producción científica para los países evaluados se está incrementando durante los años 2012 al 2022. Así mismo, Estados Unidos lidera en investigaciones relacionadas a métodos de detección de coliformes totales en agua. Los métodos convencionales son confiables, pero se necesita por lo menos una semana para obtener los resultados de calidad de agua; además se utilizan equipos costosos, y necesita realizar procesos largos de enriquecimiento bacteriano (Khan, 2020).

El mecanismo subyacente para la medición de *E. coli* propuesta es el proceso de difusión pasiva de la MUG y el GUD suspendido en la gelatina, formando el producto de fluorescencia azul 4MU en los canales dándonos resultados positivos de lectura a través de un teléfono inteligente y luz ultravioleta (Treebupachatsakul, 2022). Pero también las proteínas quiméricas (ba GFP-hadrurina y GFP-pb5) fallaron con respecto a la especificidad y/o sensibilidad, la proteína quimera (GFP-colS4) fue capaz de realizar una detección específica de *E. coli* en muestras de agua potable en un procedimiento que abarcó unos 8 min para el resultado final, esta proteína biosensora fue capaz de detectar de forma lineal entre 20 y 103 UFC de esta bacteria. Por debajo de 20 UFC, el sistema no puede diferenciar la presencia o ausencia de la bacteria objetivo (Guitiérrez, 2018), pero el modelo de qPCR tuvo una precisión del 92 y el 96 % con los umbrales de 110 y 1000 equivalentes de células (CE)/100 ml, respectivamente, y el modelo de cultivo tuvo una precisión del 90 % en las decisiones de gestión con el umbral de 110 MPN/100 ml (Gonzales, 2014).

Los métodos convencionales como del concentrador son comparable al método de filtración por membrana para analizar la calidad microbiológica del agua del arroyo y del agua recolectada del techo (Yin, 2018). Sin embargo, se demora mucho tiempo para obtener resultados. Por ende, los métodos moleculares y los biosensores son una alternativa viable para análisis en campo de bacterias indicadoras de calidad de agua (Wolf, 2019).

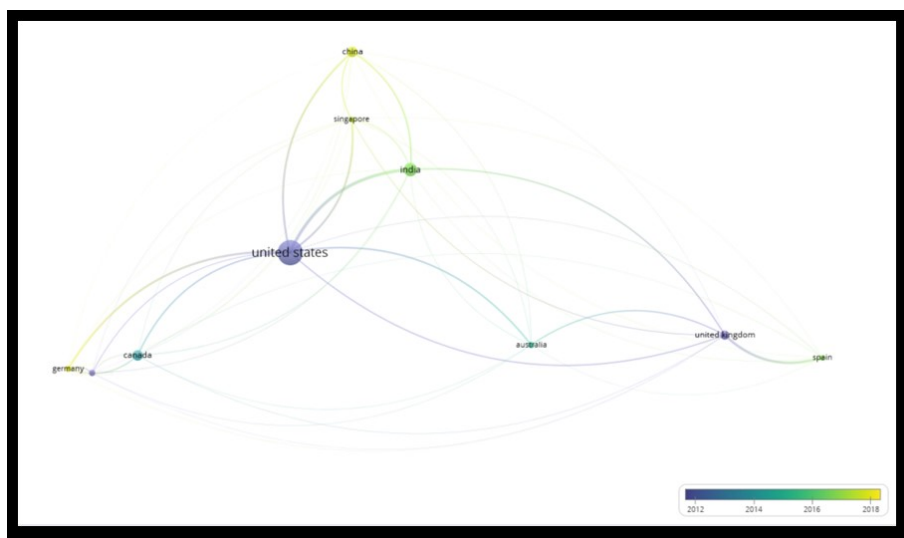


FIGURA 2
Red de coautoría durante el año 2012 al 2022

TABLA 1
Características de los estudios seleccionados durante la revisión

Autores	Año	País	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones
Alonso, J. A., et al.	2018	España	Analizar el impacto de la agricultura en el medio ambiente.	Estudio de caso.	Se observó un aumento en la contaminación del agua.	Se recomienda implementar medidas de conservación.
Bautista, M., et al.	2019	México	Evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.	Análisis de datos secundarios.	Se identificaron áreas de mejora en la gestión de recursos.	Se sugiere fortalecer la capacitación de los productores.
Ceballos, R., et al.	2020	Argentina	Investigar el uso de tecnologías innovadoras en la agricultura.	Revisión bibliográfica.	Se resalta el potencial de la agricultura de precisión.	Se recomienda fomentar la investigación y desarrollo.
Delgado, L., et al.	2021	Colombia	Analizar el impacto de la agricultura en la biodiversidad.	Estudio de campo.	Se observó una disminución en la diversidad de especies.	Se recomienda implementar prácticas agrícolas sostenibles.
Escobar, P., et al.	2022	Brasil	Evaluar la eficiencia de los sistemas de riego en la agricultura.	Análisis de datos primarios.	Se identificó una mejora en la eficiencia del agua.	Se sugiere implementar sistemas de riego más avanzados.
García, S., et al.	2023	Chile	Investigar el impacto de la agricultura en el cambio climático.	Modelado matemático.	Se proyecta un aumento en las temperaturas.	Se recomienda implementar medidas de mitigación.
Hernández, A., et al.	2024	Perú	Analizar el impacto de la agricultura en la salud humana.	Estudio de cohortes.	Se observó un aumento en enfermedades relacionadas con la agricultura.	Se recomienda implementar medidas de protección de la salud.
Jarama, J., et al.	2025	Venezuela	Evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.	Análisis de datos secundarios.	Se identificaron áreas de mejora en la gestión de recursos.	Se sugiere fortalecer la capacitación de los productores.
Kumar, V., et al.	2026	India	Investigar el uso de tecnologías innovadoras en la agricultura.	Revisión bibliográfica.	Se resalta el potencial de la agricultura de precisión.	Se recomienda fomentar la investigación y desarrollo.
Li, W., et al.	2027	China	Analizar el impacto de la agricultura en la biodiversidad.	Estudio de campo.	Se observó una disminución en la diversidad de especies.	Se recomienda implementar prácticas agrícolas sostenibles.
Martínez, C., et al.	2028	Uruguay	Evaluar la eficiencia de los sistemas de riego en la agricultura.	Análisis de datos primarios.	Se identificó una mejora en la eficiencia del agua.	Se sugiere implementar sistemas de riego más avanzados.
Núñez, D., et al.	2029	Paraguay	Investigar el impacto de la agricultura en el cambio climático.	Modelado matemático.	Se proyecta un aumento en las temperaturas.	Se recomienda implementar medidas de mitigación.
Ortega, E., et al.	2030	Ecuador	Analizar el impacto de la agricultura en la salud humana.	Estudio de cohortes.	Se observó un aumento en enfermedades relacionadas con la agricultura.	Se recomienda implementar medidas de protección de la salud.
Pérez, F., et al.	2031	Guatemala	Evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.	Análisis de datos secundarios.	Se identificaron áreas de mejora en la gestión de recursos.	Se sugiere fortalecer la capacitación de los productores.
Quintero, G., et al.	2032	Costa Rica	Investigar el uso de tecnologías innovadoras en la agricultura.	Revisión bibliográfica.	Se resalta el potencial de la agricultura de precisión.	Se recomienda fomentar la investigación y desarrollo.
Rodríguez, H., et al.	2033	El Salvador	Analizar el impacto de la agricultura en la biodiversidad.	Estudio de campo.	Se observó una disminución en la diversidad de especies.	Se recomienda implementar prácticas agrícolas sostenibles.
Sánchez, I., et al.	2034	Honduras	Evaluar la eficiencia de los sistemas de riego en la agricultura.	Análisis de datos primarios.	Se identificó una mejora en la eficiencia del agua.	Se sugiere implementar sistemas de riego más avanzados.
Torres, J., et al.	2035	Nicaragua	Investigar el impacto de la agricultura en el cambio climático.	Modelado matemático.	Se proyecta un aumento en las temperaturas.	Se recomienda implementar medidas de mitigación.
Vargas, K., et al.	2036	Panamá	Analizar el impacto de la agricultura en la salud humana.	Estudio de cohortes.	Se observó un aumento en enfermedades relacionadas con la agricultura.	Se recomienda implementar medidas de protección de la salud.
Wong, L., et al.	2037	Malasia	Evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.	Análisis de datos secundarios.	Se identificaron áreas de mejora en la gestión de recursos.	Se sugiere fortalecer la capacitación de los productores.
Xu, M., et al.	2038	China	Investigar el uso de tecnologías innovadoras en la agricultura.	Revisión bibliográfica.	Se resalta el potencial de la agricultura de precisión.	Se recomienda fomentar la investigación y desarrollo.
Yamamoto, N., et al.	2039	Japón	Analizar el impacto de la agricultura en la biodiversidad.	Estudio de campo.	Se observó una disminución en la diversidad de especies.	Se recomienda implementar prácticas agrícolas sostenibles.
Zhang, Q., et al.	2040	China	Evaluar la eficiencia de los sistemas de riego en la agricultura.	Análisis de datos primarios.	Se identificó una mejora en la eficiencia del agua.	Se sugiere implementar sistemas de riego más avanzados.

CONCLUSIONES

Las investigaciones en métodos de detección de coliformes totales en el agua, es de utilidad para la población, esto ayudará a elaborar una técnica útil para evaluaciones microbiológicas en corto tiempo. En el Perú se evidencia un vacío de conocimiento acerca de métodos recomendables para utilizar en el análisis de calidad microbiológica de agua, a comparación de Estados Unidos, que es un país líder en métodos moleculares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amidoun, S. (2017). *Escherichia coli* Recent Advances on Physiology, Pathogenesis and Biotechnological Applications.
- Fusco, A., Batista, K., Oliveira, C., & Brito, E. (2010). Desenvolvimento de PCR multiplex para detecção e diferenciação de categorias de *Escherichia coli* diarreogênicas. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 1(2). <https://doi.org/10.5123/s2176-6223201000020000>
- Girones, R., Ferrús, M. A., Alonso, J. L., Rodríguez-Manzano, J., Calgua, B., de Abreu Corrêa, A., Hundesa, A., Carratala, A., & Bofill-Mas, S. (2010). Molecular detection of pathogens in water - The pros and cons of molecular techniques. In *Water Research* (Vol. 44, Issue 15, pp. 4325–4339). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.06.030>
- Mendes, D., & Domingues, L. (2015). On the track for an efficient detection of *Escherichia coli* in water: A review on PCR-based methods. In *Ecotoxicology and Environmental Safety* (Vol. 113, pp. 400–411). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.015>
- Moyano, S., & Marín, G. (2014). Técnica de filtración ISO 9308 aplicada al monitoreo de agua de red. *RADI*, 450(5900), 53–58.
- Md Khudzari, J., Kurian, J., Tartakovsky, B., & Raghavan, G. S. V. (2018). Bibliometric analysis of global research trends on microbial fuel cells using Scopus database. *Biochemical Engineering Journal*, 136, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.05.002>
- Nurliyana, M. R., Sahdan, M. Z., Wibowo, K. M., Muslihati, A., Saim, H., Ahmad, S. A., Sari, Y., & Mansor, Z. (2018). The Detection Method of *Escherichia coli* in Water Resources: A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 995(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/995/1/012065>
- Salaz R (2019). Métodos de búsqueda de información Bibliográfica
- Silva, R., Rocha, R. S., Ramos, G. L. P. A., Xavier-Santos, D., Pimentel, T. C., Lorenzo, J. M., Henrique Campelo, P., Cristina Silva, M., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., & Cruz, A. G. (2022). What are the challenges for ohmic heating in the food industry? Insights of a bibliometric analysis. *Food Research International*, 157(March). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111272>
- Maguire M., Kase J.A., Brown E.W., Allard M.W., Musser S.M., González-Escalona N (2022). Metagenomic survey of agricultural water using long read sequencing: Considerations for a successful análisis.
- Treebupachatsakul T., Lochotinunt C., Teechot T., Pensupa N., Pechprasarn S.(2022). Gelatin-Based Microfluidic Channel for Quantitative E. Coli Detection Using Blue Fluorescence of 4-Methyl-Umbelliferone Product and a Smartphone Camera
- Rishi M., Amreen K., Mohan J.M., Javed A., Dubey S.K., Goel S. (2002). Rapid, sensitive and specific electrochemical detection of *E. coli* using graphitized mesoporous carbon-modified electrodes
- Zarrinkhat F., Jofre-Roca L., Jofre M., Rius J.M., Romeu J. (2022). Experimental Verification of Dielectric Models with a Capacitive Wheatstone Bridge Biosensor for Living Cells: *E. coli*
- Saez J., Catalan-Carrio R., Owens R.M., Basabe-Desmonts L., Benito-Lopez F. (2021). Microfluidics and materials for smart water monitoring: A review

- Rani A., Ravindran V.B., Surapaneni A., Mantri N., Ball A.S. (2021) Review: Trends in point-of-care diagnosis for *Escherichia coli* O157:H7 in food and water.
- Khan I.U.H., Becker A., Cloutier M., Plötz M., Lapen D.R., Wilkes G., Topp E., Abdulmawjood A. (2021). Loop-mediated isothermal amplification: Development, validation and application of simple and rapid assays for quantitative detection of species of *Arcobacteraceae* family- and species-specific *Aliarcobacter faecis* and *Aliarcobacter lanthieri*.
- Shaik S., Saminathan A., Sharma D., Krishnaswamy J.A., Mahapatra D.R.(2021) Monitoring microbial growth on a microfluidic lab-on-chip with electrochemical impedance spectroscopic technique.
- Vishwakarma A., Lal R., Ramya M. (2021). Aptamer-based approaches for the detection of waterborne pathogens.
- Olalemi A.O., Ige O.M., James G.A., Obasoro F.I., Okoko F.O., Ogunleye C.O. (2021). Detection of enteric bacteria in two groundwater sources and associated microbial health risks.
- Demoliner M., Gualarte J.S., Girardi V., Eisen A.K.A., de Souza F.G., Staggemeier R., Henzel A., Spilki F.R. (2021). Microbial Source Tracking in Small Farms: Use of Different Methods for Adenovirus Detection
- Gangar T., Satyam K., Patra S. (2021). Monitoring/sensing techniques to address pollutant heterogeneity assessment in wastewater.
- Kora A.J. (2021). Zirconium alginate beads: A renewable source for the biosorption of fluoride from contaminated ground water.
- Ward J.S.T., Lapworth D.J., Read D.S., Pedley S., Banda S.T., Monjerezi M., Gwengweya G., MacDonald A.M. (2021). Tryptophan-like fluorescence as a high-level screening tool for detecting microbial contamination in drinking water.
- Khan F.M., Gupta R. (2020). *Escherichia coli* (e. coli) as an indicator of fecal contamination in groundwater: A review.
- Bigham T., Dooley J.S.G., Ternan N.G., Snelling W.J., Héctor Castelán M.C., Davis J. (2019). Assessing microbial water quality: Electroanalytical approaches to the detection of coliforms.
- Wolf-Baca M., Siedlecka A. (2019). Detection of pathogenic bacteria in hot tap water using the qPCR method: preliminary research.
- Han E.J.Y., Palanisamy K., Hinks J., Wuertz S. (2019). Parameter selection for a microvolume electrochemical *Escherichia coli* detector for pairing with a concentration device.
- Loo A., Bivins A., John V., Becker S., Evanchec S., George A., Hernandez V., Mullaney J., Tolentino L., Yoo R., Nagarnaik P., Labhasetwar P., Brown J.(2019). Development and field testing of low-cost, quantal microbial assays with volunteer reporting as scalable means of drinking water safety estimation.
- Lacey R.F., Ye D., Ruffing A.M. (2019). Engineering and characterization of copper and gold sensors in *Escherichia coli* and *Synechococcus* sp. PCC 7002.
- Malec A., Kokkinis G., Haiden C., Giouroudi I. (2018). Biosensing system for concentration quantification of magnetically labeled e. Coli in water samples.
- Wu G., Meyyappan M., Lai K.W.C. (2018). Simulation of graphene field-effect transistor biosensors for bacterial detection,
- Yin H.-B., Patel J.(2018). Comparison of methods to determine the microbial quality of alternative irrigation Waters,
- Ozeh U.O., Nnanna A.G.A., Ndukaife J.C. (2018). Coupling immunofluorescence and optoelectrokinetic technique for *Escherichia coli* detection and quantification in water.
- Gutiérrez-del-Río I., Marín L., Fernández J., Millán M.Á.S., Ferrero F.J., Valledor M., Campo J.C., Cobián N., Méndez I., Lombó F. (2018). Development of a biosensor protein bullet as a fluorescent method for fast detection of *Escherichia coli* in drinking water
- Gunda N.S.K., Dasgupta S., Mitra S.K. (2017). DipTest: A litmus test for *E. coli* detection in water.
- Kheiri R., Ranjbar R., Memariani M., Akhtari L. (2017). Multiplex PCR for detection of water-borne bacteria.
- Eltzov E., Marks R.S. (2016). Miniaturized Flow Stacked Immunoassay for Detecting *Escherichia coli* in a Single Step.
- Yang X., Yang K., Luo Y., Fu W. (2016). Terahertz spectroscopy for bacterial detection: opportunities and challenges.

- Shaibani P.M., Jiang K., Haghighat G., Hassanpourfard M., Etayash H., Naicker S., Thundat T. (2016). The detection of *Escherichia coli* (E. coli) with the pH sensitive hydrogel nanofiber-light addressable potentiometric sensor (NF-LAPS).
- Ramasamy M., Yi D.K., An S.S.A. (2015). Enhanced detection sensitivity of *Escherichia coli* O157:H7 using surface-modified gold nanorods.
- Bridgeman J., Baker A., Brown D., Boxall J.B. (2015). Portable LED fluorescence instrumentation for the rapid assessment of potable water quality.
- Nigam V.K., Shukla P. (2015). Enzyme based biosensors for detection of environmental pollutants-A review.
- Saxena T., Kaushik P., Krishna Mohan M. (2015). Prevalence of *E. coli* O157: H7 in water sources: An overview on associated diseases, outbreaks and detection methods.
- Nicolini A.M., Fronczek C.F., Yoon J.-Y. (2015). Droplet-based immunoassay on a 'sticky' nanofibrous surface for multiplexed and dual detection of bacteria using smartphones.
- Gomi R., Matsuda T., Matsui Y., Yoneda M. (2014). Fecal source tracking in water by next-generation sequencing technologies using host-specific *Escherichia coli* genetic markers.
- Bari M.L., Yeasmin S. (2014). Water Quality Assessment: Modern Microbiological Techniques.
- Loff M., Mare L., De Kwaadsteniet M., Khan W. (2014). 3M™ Molecular Detection system versus MALDI-TOF mass spectrometry and molecular techniques for the identification of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* spp. & *Listeria* spp.
- Stauber C., Miller C., Cantrell B., Kroell K. (2014). Evaluation of the compartment bag test for the detection of *Escherichia coli* in water.
- Gonzalez R.A., Noble R.T. (2014). Comparisons of statistical models to predict fecal indicator bacteria concentrations enumerated by qPCR- and culture-based methods.
- Kim T., Han J.-I. (2013). Fast detection and quantification of *Escherichia coli* using the base principle of the microbial fuel cell.
- Durso L.M. (2013). Primary isolation of shiga toxigenic *Escherichia coli* from environmental sources.
- Sbodio A., Maeda S., Lopez-Velasco G., Suslow T.V. (2013). Modified Moore swab optimization and validation in capturing *E. coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* in large volume field samples of irrigation water.
- Nagalambika C., Murthy S.M. (2013). Revalidation of testing methods for assessing microbial safety of groundwater.
- Wandermur G.L., Rodrigues D.M.C., Queiroz V.M., Gonçalves M.N., Miguel M.A.L., Werneck M.M., Allil R.C.S.B. (2013). Development of an immunosensor of plastic optical fiber for detection of microorganisms in water and environmental monitoring.
- McMahan L., Grunden A.M., Devine A.A., Sobsey M.D. (2012). Evaluation of a quantitative H₂S MPN test for fecal microbes analysis of water using biochemical and molecular identification.