

## Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de Tepatitlán, Jalisco

### Microbiological quality of drinking water used in public schools from the city of Tepatitlan, Jalisco

Laura Elena Iñiguez-Muñoz<sup>a</sup>, Luis Miguel Anaya-Esparza<sup>b</sup>, Aldo Antonio Castañeda-Villanueva<sup>b</sup>, Fernando Martínez-Esquivias<sup>b</sup>, Melissa Carvajal-Hernández<sup>b</sup> y María Dolores Méndez-Robles<sup>b\*</sup>

#### Abstract:

This study aimed to evaluate the microbiological quality of drinking water in public schools from the city of Tepatitlan de Morelos, Jalisco, Mexico (3 kindergartens, 15 elementary and 4 high schools) through quantification of free chlorine content, total coliform bacteria (OCT), and fecal bacteria (OCF); in addition to the qualitative search for Enterobacteriaceae. In general, 9% of the schools tested met the criteria established by the Official Mexican Standard for free chlorine content (0.2 to 1.5 mg/L), while 59% of the samples exceeded the recommended limits, and 32% was not detected. Regarding OCT and OCF content, these bacteria were detected in water samples from schools (K1 and S3) that did not contain chlorine when arriving from the municipal network, but also in specimens (P7, P8, and P15) that contained excessive residual chlorine; from this, concluding that the contamination of water may be from the origin and/or due to dirty storage tanks. It is important to note that *Escherichia coli* bacteria were identified in 13.6% of the samples; in addition, strains such as *Citrobacter freundii*, *Klebsiella spp.*, and *Pseudomonas spp.* were isolated. The presence of pathogenic bacteria in drinking water in educational institutions indicates that it can be a potential vector of gastrointestinal diseases, so it is recommended that preventive cleaning maintenance be carried out in cisterns and tanks and frequent monitoring of the microbiological quality of the water.

#### Keywords:

Coliforms, enterobacteria, residual chlorine, educational institutions, water reservoirs

#### Resumen:

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad microbiológica del agua en las escuelas públicas de la ciudad de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México (3 de kinder, 15 de primaria y 4 de secundaria) mediante la cuantificación de cloro libre, bacterias coliformes totales (OCT) y fecales (OCF); además de la búsqueda cualitativa de Enterobacterias. En general, el 9% de las escuelas verificadas cumple con los criterios establecidos por la Normatividad Oficial Mexicana para cloro libre (0.2 a 1.5 mg/L), mientras que en el 59 % de las muestras sobrepasa los límites recomendables y en el 32 % no se detectó. En lo referente al contenido de OCT y OCF, estas bacterias se detectaron en muestras de agua provenientes de escuelas (K1 y S3) que no contenían cloro al llegar desde la red municipal, pero también en especímenes (P7, P8 y P15) que contenían cloro residual en exceso; de esto se concluye que la contaminación puede ser de origen y/o deberse a que los depósitos de almacenamiento están sucios. Por su parte, es importante destacar que en el 13.6 % de las muestras se identificó a la bacteria *Escherichia coli*; además, se aislaron cepas de *Citrobacter freundii*, *Klebsiella spp* y *Pseudomonas spp*. La presencia de bacterias patógenas en agua potable de instituciones educativas indica que ésta puede ser un vector

<sup>a</sup> Universidad de Guadalajara. Centro Universitario del Sur. Av. Enrique Arreola Silva 883, colonia centro C.P. 49000, Ciudad Guzmán, Jalisco. Laura Elena Iñiguez-Muñoz, <https://orcid.org/0000-0002-4759-6863>, Email: [laura.iniguez@academicos.udg.mx](mailto:laura.iniguez@academicos.udg.mx).

<sup>b</sup> Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de los Altos. Av. Rafael Casillas Aceves No. 1200, 47620 Tepatitlán de Morelos, Jal. Luis Miguel Anaya-Esparza, <https://orcid.org/0000-0001-9194-1719>, Email: [luis.aesparza@academicos.udg.mx](mailto:luis.aesparza@academicos.udg.mx). Aldo Antonio Castañeda Villanueva, <https://orcid.org/0000-0002-3818-9342>, Email: [acastaneda@cualtos.udg.mx](mailto:acastaneda@cualtos.udg.mx). Fernando Martínez-Esquivias, <https://orcid.org/0000-0002-5059-3153>, Email: [fmartinezesquivias@gmail.com](mailto:fmartinezesquivias@gmail.com). Melissa Carvajal-Hernández, <https://orcid.org/0000-0002-1398-1747>, [melissa.carvajal@alumnos.udg.mx](mailto:melissa.carvajal@alumnos.udg.mx). María Dolores Méndez Robles, <https://orcid.org/0000-0002-3349-9042>, Email: [mdmendez@cualtos.udg.mx](mailto:mdmendez@cualtos.udg.mx).

\* Autor de Correspondencia: [mdmendez@cualtos.udg.mx](mailto:mdmendez@cualtos.udg.mx)

de enfermedades, por lo que se recomienda que se lleven a cabo mantenimientos preventivos de limpieza en cisternas y tinacos, así como monitoreos frecuentes de la calidad microbiológica del agua.

**Palabras Clave:**

*Coliformes, enterobacterias, cloro residual, instituciones educativas, depósitos de agua*

## 1. Introducción

El agua es un recurso natural de valor incalculable, pese a lo anterior, si no cuenta con la calidad higiénico-sanitaria requerida por las regulaciones sanitarias puede llegar a ser agente causal de enfermedades simples (gastroenteritis) o graves (hepatitis, tifoidea, disentería o casos severos de diarrea) para los usuarios de este recurso [1]. En este contexto, la OMS en el año 2019 reportó más de 500 mil muertes anuales, asociadas a la ingesta de agua contaminada [2].

En los últimos años, se han realizado estudios para verificar que el agua potable que se utiliza en espacios públicos tenga calidad aceptable, lo que es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades. En un estudio realizado por Senevirathna et al [3] sobre la calidad de agua utilizada en escuelas y espacios públicos en Australia, reportaron que el 30 % de las muestras analizadas (n= 11,000) resultaron positivas a coliformes y con menos de 0.2 ppm de cloro residual, lo que evidencia que el cumplir con los criterios normativos de calidad de agua es un tema desafiante para los sistemas regionales de distribución. Por su parte, Waideman et al [4] revisaron la calidad microbiológica del agua en 45 escuelas en Brasil, determinando que el 35.5 % (16 escuelas) no cumplían con los estándares de calidad; en ninguna se detectó la presencia de *Escherichia coli*, mientras que en 6 de ellas se demostró contaminación por enterococos. En otro estudio realizado en Argentina, se muestreó el agua de 26 escuelas rurales, encontrando que en 19 (73 %) de ellas no es apta para consumo humano por incumplir en los contenidos de coliformes totales, *Pseudomonas aeruginosa*, mesófilos, *E. coli* o cloro residual [5]. De acuerdo con la OMS [1], la presencia de microorganismos patógenos en el agua propicia que se limiten sus usos y se impacte en la salud pública.

En México los criterios de calidad microbiológica en el agua para uso y consumo humano están descritos en la modificación a la norma NOM-127-SSA1-1994 [6], la cual establece que no debe contener bacterias coliformes totales ni bacterias coliformes fecales, además de tener una concentración de cloro residual entre 0.2 y 1.5 ppm. En contraparte, los reportes sobre la calidad del agua disponible en espacios públicos y su impacto en la salud de la población mexicana son escasos. Martínez et al [7] detectaron la presencia de *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas stutzeri*, *Staphylococcus aureus* y *Enterobacter cloacae* en muestras de bebederos de 40 escuelas en Durango. Según los autores, el realizar monitoreos frecuentes sobre la calidad del agua permitirá a los actores involucrados efectuar correcciones en caso de detectarse anomalías. Rubio et al [8] reportaron la presencia de organismos coliformes totales y fecales en muestras de agua potable en hogares de Chihuahua, México; no obstante, la concentración de estos microorganismos fue dependiente de la temporada de muestreo, en donde se observó que las muestras de agua analizadas durante el verano presentaron mayor concentración de estos microorganismos en comparación con el resto del año, lo que representa un riesgo sanitario para los usuarios [1].

Tepatitlán de Morelos es una ciudad ubicada en la zona Altos Sur del estado de Jalisco, México y de acuerdo con el censo realizado en 2020 por el INEGI, tiene 98,842 habitantes [9]. Es costumbre entre los pobladores no consumir agua del grifo para beber sino utilizar agua purificada; así, aunque la mayoría de los niños y adolescentes llevan a sus escuelas el suministro necesario para el día, algunos de ellos toman directamente de la llave el agua proporcionada por las instituciones educativas, pudiéndoles generar enfermedades gastrointestinales en caso de estar contaminada por microorganismos patógenos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad microbiológica del agua

en las escuelas públicas de la ciudad de Tepatitlán de Morelos con respecto al contenido de bacterias coliformes y bacterias coliformes fecales y su cumplimiento con la Normatividad Oficial Mexicana vigente.

## 2. Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo experimental cuantitativo y se realizó un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia [10].

Del total de escuelas en la ciudad se eligieron 3 de kinder, 15 de primaria y 4 de secundaria. Los criterios de inclusión fueron ubicación, consentimiento por parte del director de la institución y que contara con cisterna o tinaco para almacenamiento de agua. Las muestras de las escuelas primarias se tomaron durante la época de estiaje y las de kínder y secundaria en época de lluvias. Los nombres de las instituciones se sustituyeron por claves alfanuméricas por motivos de confidencialidad.

Se recolectaron dos muestras por escuela. Para cuantificar cloro residual se tomó un primer espécimen de 100 mL en un frasco limpio, eligiendo un grifo anterior a la cisterna o tinaco y dejando fluir el agua lo suficiente para obtener una muestra representativa de la red de abastecimiento. Para el análisis microbiológico se tomó una segunda muestra de 500 mL utilizando un frasco estéril, siguiendo el procedimiento establecido en la NOM-230-SSA1-2002 [11]. Los recipientes se rotularon con fecha y origen, siendo transportadas en condiciones de refrigeración al laboratorio de Microbiología de alimentos del Centro Universitario de los Altos donde se procesó de inmediato el análisis de cloro residual y el microbiológico en menos de 24 horas.

Para la determinación de cloro libre de acuerdo a la metodología establecida en por la Normatividad Oficial Mexicana [12] con ligeras modificaciones. Se midieron alícuotas de 9 mL por duplicado, a las que se les agregaron 5 gotas de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ , Monterrey) 1 M, 5 gotas de yoduro de potasio (KI, Fermont) al 10 % y 5 gotas de indicador de almidón (Analytyka) al 0.5 %. Se titularon con una solución valorada de tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$  Hycel) 1 M

hasta lograr una coloración amarillo paja. Cada gota gastada de tiosulfato de sodio durante la titulación equivale a 1 ppm de cloro disponible. Como control negativo se usó agua destilada y una solución de 0.05 mL de cloro comercial por litro de agua como control positivo.

Para realizar la prueba presuntiva de bacterias coliformes, se utilizó el método de tubos de fermentación múltiple. Las muestras fueron homogeneizadas de acuerdo con indicaciones de la NOM-110-SSA1-1994 [13]. Para la inoculación se depositaron 5 volúmenes de 20 mL en tubos que contenían 10 mL de caldo lauril triptosa (Difco) a una concentración de 106.8 g/L. Su incubación y pruebas confirmativas subsecuentes para cuantificar organismos coliformes totales (OCT) y organismos coliformes fecales (OCF) así como *E. coli*, se realizaron de acuerdo con las instrucciones de la NOM-210-SSA1-2014 [14]. Se utilizó como control positivo una cepa de *E. coli*, ATCC 8739. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

Adicionalmente se buscó la presencia de enterobacterias a partir de los tubos con pruebas presuntivas positivas. Para ello se tomaron asadas de cada tubo y se sembraron por estría cruzada en placas Petri (100 mm) con agar Xilosa Lisina Desoxicolato (BD Bioxon, 56 g/L) y *Salmonella Shigella* (BD Bioxon, 60 g/L), incubando a  $35^\circ C \pm 1^\circ C$  por  $24 \pm 2$  h. Para la identificación bioquímica de las colonias se utilizaron las siguientes pruebas: medio Movilidad Indol Ornitina (BD Bioxon, 31 g/L), agar citrato de Simmons (BD Bioxon, 24.2 g/L), agar de Hierro y Triple azúcar (Dibico, 59.4 g/L), agar de Hierro y Lisina (Dibico, 33 g/L), caldo Rojo de Metilo-Voges Proskauer (BD Bioxon, 17 g/L) y caldos para fermentación de carbohidratos con 5 g/L de cada uno por separado [Maltosa (Hycel), Manitol (JTBaker), Fructosa (JTBaker) y Galactosa (Hycel)]. Para las condiciones de inoculación e incubación, se respetaron los procedimientos citados por MacFaddin [15]. Para identificar las enterobacterias se compararon sus resultados a pruebas bioquímicas con respecto a fuentes bibliográficas. Todos los materiales y medios de cultivo fueron esterilizados previamente a  $121^\circ C$  durante 15 minutos.

### 3. Resultados

En la Tabla 1 se observan las concentraciones de cloro residual medidas en este estudio, donde sólo al ingreso del 9 % de las escuelas el agua cumple con los criterios establecidos por la Normatividad Oficial Mexicana en lo que respecta a este parámetro (0.2 a 1.5 mg/L); mientras que en el 59 % de las muestras el cloro residual sobrepasa los límites recomendables y en el 32 % no se detectó su presencia. El registro nulo de cloro residual en los últimos siete puntos analizados coincide con que las muestras se tomaron durante la época de lluvias, temporada que se relaciona con un mayor grado de contaminación bacteriológica.

**Tabla 1.** Resultados de cloro residual y análisis microbiológicos en agua

Clave escuelas	cloro residual (mg/L)	OCT (NMP/100 mL)	OCF (NMP/100 mL)
P1	2	Ausencia	Ausencia
P2	3	Ausencia	Ausencia
P3	2	Ausencia	Ausencia
P4	2	Ausencia	Ausencia
P5	3	Ausencia	Ausencia
P6	1	Ausencia	Ausencia
P7	4	>8.0	>8.0
P8	3	>8.0	>8.0
P9	2	Ausencia	Ausencia
P10	2	Ausencia	Ausencia
P11	4	Ausencia	Ausencia
P12	1	Ausencia	Ausencia
P13	6	Ausencia	Ausencia
P14	4	Ausencia	Ausencia
P15	4	>8.0	8.0
K1	0	>8.0	>8.0
K2	0	Ausencia	Ausencia
K3	0	Ausencia	Ausencia
S1	0	Ausencia	Ausencia
S2	0	Ausencia	Ausencia
S3	0	1.1	1.1
S4	0	Ausencia	Ausencia

P= primaria, K= kínder, S= secundaria

Con respecto al conteo de bacterias coliformes totales y fecales (presentados en la Tabla 1), el 22.7 % de las escuelas evaluadas no cumple con los criterios establecidos en la Normatividad Oficial vigente. Revisando los casos particulares de este trabajo, en las primarias P7, P8 y P15 se obtuvieron los valores elevados de OCT y OCF, a pesar de que el agua llega de la red de distribución con niveles de cloro residual superiores a lo recomendable (3 o 4 mg/L), lo que sugiere que la mala calidad del agua puede deberse al mantenimiento insuficiente de los recipientes de almacenamiento. En lo que respecta al kínder K1 y la secundaria S3, también se detectaron OCT y OCF en las muestras, pero en ambos casos el agua abastecida no tenía cloro residual y puede deberse a contaminación de origen.

Del total de muestras analizadas, en el 13.6 % se identificó a la bacteria *E. coli*. Además, en algunas de las muestras se detectó la presencia de *Citrobacter freundii*, *Klebsiella spp* y *Pseudomona spp*; las primeras tres consideradas dentro de los géneros que conforman al grupo de los coliformes.

### 4. Discusión

El cloro se utiliza principalmente para eliminar microorganismos durante el proceso de potabilización del agua y deben aplicarse dosificaciones suficientes para dejar concentraciones residuales que protejan de una recontaminación durante su traslado a los puntos de consumo [1]. En México, se revisan dichas concentraciones en las tomas domiciliarias para evaluar el procedimiento de desinfección [16]. Algunas muestras no tienen presencia de cloro, mientras que, otras tienen en exceso. En este contexto, ninguna de las dos situaciones es aceptable: que no tenga cloro residual podría reflejar que el procedimiento de desinfección fue insuficiente y si lo tiene en exceso puede favorecer la formación de sustancias tóxicas y/o mutagénicas como los trihalometanos (THMs), que se producen cuando el agua contiene materia orgánica que reacciona con el cloro [17]. Zúñiga y Samperio [18] analizaron el agua de los pozos que abastecen cuatro poblaciones en el Estado de México, encontrando

lecturas de cloro residual solamente en uno de ellos; estos autores señalan la importancia de capacitar al personal que opera los pozos en lo que respecta a la vigilancia de las concentraciones de cloro aplicado y que si hay problemas para lograr un nivel adecuado, se puede enseñar a la población a dar mantenimiento a sus sistemas de almacenamiento familiares (cisternas y tinacos).

De acuerdo con la OMS [1], el grupo de los coliformes totales incluye especies que pueden encontrarse en las heces de humanos y animales, pero también en el ambiente; su capacidad para crecer en suelos y agua los excluye como indicadores de patógenos fecales, pero resultan útiles para evaluar la eficacia de los tratamientos de desinfección e integridad de los sistemas de distribución de agua. Aunque gran parte del microbioma presente en aguas naturales no son considerados patógenos, algunos de ellos pueden burlar las barreras naturales del cuerpo y ocasionar enfermedades asociadas a un desequilibrio gastrointestinal [16].

El incumplimiento de los criterios de calidad de agua potable con respecto al contenido de bacterias coliformes se ha reportado en múltiples ocasiones y bajo distintas circunstancias. Anduro et al [19] al analizar agua de pozo en Sonora, concluyeron que el uso de letrinas y las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen contaminación de los mantos acuíferos. Asimismo, Mora et al [20] argumentan que la mala calidad microbiológica del agua en tomas domiciliarias de Nayarit puede deberse a infiltraciones de agua negras. El agua es un recurso que puede contaminarse fácilmente, por lo que es responsabilidad de las autoridades asegurar su potabilización mediante tratamientos eficientes, así como de los usuarios, mantener la higiene de los reservorios.

*E. coli* es una de las especies que pueden encontrarse de forma abundante en el intestino de humanos y animales, por lo que, es común que esta bacteria contamine los cuerpos de agua a través de escurrimientos o bien por descargas de aguas negras. Aunque gran parte de las cepas de *E. coli* son inocuas para el huésped, han surgido grupos patógenos que se clasifican en función de sus

factores de virulencia. De éstos, sólo cuatro grupos han estado implicados en enfermedades transmitidas por alimentos o agua: enterotoxigénica (ETEC), enteropatógena (EPEC), enterohemorrágica (EHEC) y enteroinvasiva (EIEC) [21]. Al estudiar la diversidad fenotípica de 32 cepas de *E. coli* aisladas de fuentes de agua superficial en Honduras, Fiallos et al [22] encontraron que en el 75 % de ellas (n= 32) amplificaron para algún factor de virulencia y el 63 % corresponde al patotipo EPEC, con capacidad de formar biopelículas en superficies acuáticas.

Con respecto a *C. freundii*, *Klebsiella spp* y *Pseudomona spp*; estas bacterias pueden encontrarse en el medio ambiente y también como parte del microbiota intestinal de los humanos, pero además han sido asociadas a infecciones importantes y en algunos casos expresando multiresistencia a antibióticos [23-27]. Además, *Klebsiella* puede sobrevivir en medios acuáticos y tiene la capacidad de formar biopelículas en tuberías y paredes de los recipientes de almacenamiento cuando se combinan factores como temperaturas cálidas, presencia de nutrientes, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos de almacenaje prolongados [1, 28]. Las biopelículas representan para las bacterias patógenas, un mecanismo para dispersar infecciones y la oportunidad de formar consorcios de varias especies donde se transfieren genes asociados a la virulencia y resistencia a drogas y antibióticos [29], por ello la importancia de evitar que se formen.

Otros autores han reportado hallazgos de distintos microorganismos en agua para consumo humano: *E. coli*, *Candida ssp*, *E. cloacae*, *Citrobacter koseri* y *Pseudomona aeruginosa* [5, 18]. Por ello, el agua de mala calidad es considerada como vehículo para la transmisión de enfermedades, principalmente de tipo gastrointestinal.

## 5. Conclusiones

La mayoría de las muestras analizadas cumple con la Normatividad Oficial vigente tanto para cloro residual como para bacterias coliformes totales y fecales. Sin embargo, se detectó la presencia de *E. coli*, *C. freundii*, *Klebsiella spp* y *Pseudomona spp*,

las cuales pueden provocar enfermedades importantes en humanos y por lo tanto el agua contaminada podría ser un vector. Por lo anterior, se recomienda que se lleven a cabo procedimientos de limpieza de las cisternas y tinacos en los planteles educativos, programando además mantenimientos preventivos de forma periódica.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Laboratorio de Microbiología de Alimentos, en el Centro Universitario de los Altos por permitir el uso de sus instalaciones para la realización de este trabajo.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Referencias

- [1] OMS. 2006. Guías para la calidad de agua potable. Available from: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)
- [2] OMS. 2019. Agua: datos y cifras. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- [3] Senevirathna STMLD, Goncher AM y Hollier A. Evaluación de la calidad del agua potable en la región regional de Nueva Gales del Sur, Australia. *Revista de suministro de agua: investigación y tecnología*. 2019; 68 (8), 708-717. Available from: <https://doi.org/10.2166/aqua.2019.103>
- [4] Waideman MA, Teixeira VP, Uemura EH, Stamford TM, Leal DAG, Stangarlin-Fiori L, Ferreira SMR, Taconeli CA, Beux MR. Los enterococos utilizados como indicador complementario de contaminación fecal para evaluar la calidad del agua de las escuelas públicas de la ciudad de Curitiba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Tecnología de Alimentos*. 2020; 23, e2019155. Available from: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15519>
- [5] Nicora B, Barranquero RS, Etcheverría S, Dipardo B, Tabera A, Quiroga M, Landa R, Verellén MC, Ruiz de Galarreta VA. Evaluación integral de la gestión de aguas subterráneas en escuelas rurales de Tandil, Argentina. *Revista de Ciencias Ambientales*. 2021, Vol 55(1): 294-316. Available from: <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.14>
- [6] SSA. 1994. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Available from: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000)
- [7] Martínez A, López M, Segura E, Oscar A, Ortega JL, Figueroa U, Cervantes M, Ruíz E, Alba JJ. Microorganismos presentes en agua de bebederos de las escuelas públicas de la ciudad de Gómez Palacio, Durango causantes de gastroenteritis. *Química Viva*. 2012; 11 (3): 210-228.
- [8] Rubio HO, Balderrama LR, Burrola E, Aguilar GN, Saucedo RA. Contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascención, Chihuahua, México. *Revista Electrónica Nova Scientia*. 2016; (14): 178 – 201.
- [9] INEGI. 2020. Censo de población. Available from: <https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html?texto=tepatitil%C3%A1n%20de%20Morelos>
- [10] Anderson D, Sweeney D, Williams T. Estadística para Administración y economía. Décima edición. Editorial Cengage Learning. 2008. México D.F.
- [11] SSA. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Available from: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2081772&fecha=12/07/2005](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2081772&fecha=12/07/2005)
- [12] DOF. 1987. Norma Mexicana NMX-AA-100-1987 Calidad del agua-Determinación de Cloro Total Método Iodométrico. Available from: <https://agua.org.mx/biblioteca/nmx-aa-100-1987-calidad-del-agua-determinacion-de-cloro-totalmetodo-iodometrico/>
- [13] SSA. 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Available from: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/w069533.pdf>
- [14] SSA. 2014. NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. Available from: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015)
- [15] MacFaddin JF. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. 3ra edición. Editorial médica Panamericana. 2003. Buenos Aires, Argentina.
- [16] Barrera C, Domínguez C, Guzmán J. Capítulo 5 Agua y salud en México: patógenos y legislación. En: *Biología- Handbooks*. ECORFAN. 2020. Querétaro, México.
- [17] Olmedo T. Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud. *Hig. Sanid. Ambient*. 2008; 8: 335-342.
- [18] Zúñiga I, Samperio H. Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas. *Enf Inf Microbiol*. 2019; 39 (3): 86-92.
- [19] Anduro JA, Cantú EU, Campas ON, López J, Sánchez DI, Félix A. Diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo en comunidades del sur de Sonora, México. *Revista de Salud Pública y Nutrición*. 2017; 16(1): 1-8. Available from: <https://doi.org/10.29105/respyn16.1-1>
- [20] Mora-Bueno D, Sánchez-Peña LC, Del Razo LM, González-Arias CA, Medina-Díaz IM, Robledo-Marengo ML, Rojas García AE. Presencia de arsénico y coliformes en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2012; 28 (2), 127-135. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000200003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000200003&lng=es&tlng=es)

- [21] BAM. 2020. *Escherichia coli* diarreogénica. Available from: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4a-diarrheagenic-escherichia-coli>
- [22] Fiallos J, Enriquez M, Navarro A. Caracterización molecular y serológica de *Escherichia coli* de origen hídrico de dos zonas geográficas de Honduras. *Portal De La Ciencia*. 2018; 14: 53-75. Available from: <https://doi.org/10.5377/pc.v0i14.6638>
- [23] Collado O, Barreto H, Rodríguez H, Barreto CG, Abreu O. Bacterial species associated with urinary tract infections. *Rev. Arch Med Camagüey*. 2017; 21(4): 479-486.
- [24] Ullauri-González C, Freire-Cuesta S. *Citrobacter freundii* multiresistente como agente etiológico de infección de vías urinarias. *Kasmera*. 2019; 47 (1): 09-13.
- [25] Bertoni G, Pessacq P, Guerrini MG, Calmaggi A, Barberis F, Jorge L, Bonvehi P, Temporiti E, Herrera F, Obed M, Alcorta B, Farías J, Mykietiuik A. Etiología y resistencia a antimicrobianos de la infección no complicada del tracto urinario. *Medicina*. 2017; 77: 304-308.
- [26] Navarrete PJ, Loayza MJ, Velasco JC, Benites JC. Caracterización clínica de infecciones de tracto urinario producidas por enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2021; 40 (1): 1-11.
- [27] Paz VM, Mangwani S, Martínez A, Álvarez D, Solano-Gálvez S, Vázquez-López R. *Pseudomonas aeruginosa*: patogenicidad y resistencia antimicrobiana en la infección urinaria. *Rev Chilena Infectol*. 2019; 36 (2): 180-189.
- [28] Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2017; 35(2): 236-247. Available from: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- [29] Loera A, Ramírez FY, Avelar FJ, Guerrero AL. Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir. *Investigación y Ciencia*. 2012; 54: 49-56.