



ARTÍCULO ORIGINAL

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE EN ALGUNAS COMUNIDADES RURALES DE LA REGIÓN DE AZUERO

Diagnosis of the bacteriological quality of drinking water in some rural communities of the Azuero Region

Héctor Cruz

Universidad de Panamá
 Centro Regional Universitario de Azuero
 Panamá
 hector97jose11@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8133-9935>

Dalila Montañez

Universidad de Panamá
 Centro Regional Universitario de Azuero
 Panamá
 prof.dalmontz.up@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0218-5796>

Recibido: 24 de enero de 2023

Aceptado: 8 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v13n1.a4632>

Resumen

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano es fundamental, a pesar de esto existen comunidades con alta incidencia de enfermedades gastrointestinales cuyo origen se le ha atribuido a la deficiencia en la calidad del agua. Se evaluó el estado bacteriológico del agua potable de comunidades rurales de Azuero, durante los meses de enero a marzo de 2020. Mediante la técnica de filtración por membrana se detectó coliformes totales, *Escherichia coli* y heterótrofos totales, además se midieron algunos parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, cloro residual y conductividad). Los valores bacteriológicos sobrepasaron los límites



permisibles para agua potable en el país (<1 UFC). La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas con relación a la presencia de *E. coli* y coliformes ($p < 0,0001$) entre las regiones estudiadas. Los parámetros fisicoquímicos indicaron que se cumple con los estándares establecidos, excepto el cloro residual. Los resultados sugieren la necesidad de establecer alternativas para mejorar la calidad del agua potable en estas áreas rurales del país.

Palabras clave: Calidad; Coliformes; Contaminación; Indicadores; Salud.

Abstract

The supply of water for human use and consumption is fundamental, despite this there are communities with a high incidence of gastrointestinal diseases whose origin has been attributed to the deficiency in water quality. The bacteriological status of drinking water from rural communities of Azuero was evaluated, during the months of January to March 2020. Total coliforms, *Escherichia coli* and total heterotrophs were detected using the membrane filtration technique, in addition some physicochemical parameters (pH, temperature, residual chlorine and conductivity). The bacteriological values exceeded the permissible limits for drinking water in the country (<1 UFC). The Kruskal-Wallis test showed significant differences in relation to the presence of *E. coli* and coliforms ($p < 0.0001$) between the regions studied. The physicochemical parameters indicated that the established standards are met, except for residual chlorine. The results suggest the need to establish alternatives to improve the quality of drinking water in these rural areas of the country.

Keyword. Coliforms; Health; Indicators; Pollution; Quality.



Introducción

El agua es un elemento vital que constituye un medio esencial para el desarrollo de la vida en la tierra (Ríos et al., 2017). En muchas áreas del mundo el suministro adecuado de agua potable es intermitente y poco confiable, ya que en los hogares almacenan agua en cisternas o tanques, esta práctica puede ser vulnerable a la contaminación por microorganismos y tener efectos nocivos para la salud (Rubino et al., 2019), convirtiéndose en una amenaza a la salud pública lo que genera intoxicaciones, enfermedades infecciosas y enfermedades gastrointestinales (incluyendo la diarrea), condiciones patológicas cuando no se dispone de suficiente agua para la higiene básica (por ejemplo, la sarna o el tracoma) además de otras enfermedades como el cólera, la disentería, y la fiebre tifoidea a causa del saneamiento deficiente (García, 2005). Se estima que en el mundo 2,100 millones de personas carecen de acceso y disponibilidad al agua potable, lo que ha aumentado el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por agentes patógenos presentes en el agua contaminada (OMS, 2017).

La calidad se define en función de un conjunto de características fisicoquímicas específicas que, en exceso pueden afectar la salud (Calvo y Mora, 2015) o mediante la detección de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que su presencia puede señalar la posible existencia de otros (Silva et al., 2004). Por ello se han establecido límites o valores permisibles de buena calidad (Asano y Levine, 1996). La calidad del agua es difícil de medir (Luby et al., 2015). Las medidas más comunes utilizan organismos que se encuentran comúnmente en las heces humanas, pero estos organismos indicadores solo se asocian débilmente con la presencia de patógenos (Wu et al., 2011). La protección y salvaguardia de la calidad del agua, se encuentra entre las prioridades más importantes a causa de las implicaciones para el medio ambiente y la salud



humana en las zonas donde puede haber contacto directo o indirecto con los patógenos (Ostoich et al., 2007).

En Panamá la mayor parte de las comunidades rurales del país presentan muchos problemas relacionados con el servicio de abastecimiento y control de la calidad del agua a causa de los escasos sistemas y métodos de desinfección, principalmente en las áreas donde la población se abastece de agua proveniente de fuentes subterráneas y las mismas no cumplen con un monitoreo adecuado (Thompson y Victoria, 2018). Por otra parte, según datos del Ministerio de Salud las principales causas de morbilidad y mortalidad en las comarcas indígenas son las enfermedades digestivas ligadas a la toma de agua no potable y la deficiente disposición final de excretas; por lo que la incidencia de enfermedades como diarrea es alta (MINSAL, 2009). Con la finalidad de establecer medidas de higiene y prevenir la propagación de enfermedades de origen hídrico es importante evaluar la calidad del agua en áreas rurales. En este estudio se analiza la calidad bacteriológica del agua para consumo humano en dos comunidades rurales de Azuero.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en dos comunidades rurales de la región de Azuero. La comunidad de Santo Domingo en el distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos (7°75'N, – 80°25'W) y la comunidad del Salitre, Distrito de Los Pozos, Provincia de Herrera (7°666667'N, -80,7167'W) (Figura 1). El acceso a ambas comunidades es por vía terrestre por camino asfaltado. El estudio se basó en un diseño experimental con un muestreo aleatorio en diferentes tomas de agua de las comunidades en estudio durante un período determinado de tiempo correspondiente a la estación

seca, con un total de 350 muestras con sus respectivas réplicas para así comparar los valores obtenidos.

Figura 1

Sitios seleccionados para la toma de muestras de agua.



Nota. El mapa muestra los dos sitios de colecta de muestras de agua en la Región de Azuero. Tomada de (Landsat/ Copernicus, ©Google Earth).

La colecta de la muestra se realizó en frascos estériles, los cuales estaban debidamente identificados. La toma de muestra se basó de acuerdo con lo establecido en el Reglamento COPANIT 21-2019 que rige la calidad de agua en el país (Ministerio de Comercio e Industrias, 2019). Las muestras se preservaron en una hielera a 4 °C desde la toma de muestra hasta su procesamiento, en un tiempo menor a las 12 horas.

Se utilizó una de las técnicas para el procesamiento de las muestras de agua basadas el Standard Methods que incluye técnicas adecuadas para analizar distintos tipos de muestras y evaluar la calidad de agua. En este caso se utilizó la técnica de filtración por membrana de acuerdo con lo establecido por Pascual y Calderón (2000). Dicha técnica consiste en hacer pasar la muestra de agua a través de un filtro de membrana de 0.45 μ en cuya superficie quedan retenidos los



microorganismos, se filtró 100 mL de agua colectada y posteriormente la membrana se retiró, se colocó en el medio de cultivo para el microorganismo a estudiar y se incubó a 35 °C +/- 2 °C durante 24-48 horas.

Se utilizó agar Chromocult para la determinación de coliformes totales y *E. coli* y agar PCA para la determinación de bacterias heterótrofas. En el agar Chromocult las bacterias coliformes formaron colonias de color rojo o rosado y *E. coli* colonias azul o morado. Las bacterias heterótrofas formaron colonia cremas. Las colonias contadas fueron expresadas en Unidad Formadora de colonias (UFC/100 mL).

La temperatura se midió con un termómetro en posición centrada hasta la marca de inmersión y se aplicó ligeros movimientos circulares por lo menos durante 1 minuto hasta que la lectura del termómetro se estabilizó y se registró la lectura en el termómetro. A la muestra de agua se le añadió 6 gotas de rojo fenol, se agito por unos segundos y se comparó el color obtenido con el patrón establecido en el tubo para evaluar el pH. La determinación del cloro se realizó con gotas indicadoras ortotolidina (OTO), al tubo se le añadió agua hasta la marca señalada, con 6 gotas de la solución y se agitó por 10 segundos, finalmente se comparó el color obtenido con el patrón indicado en el tubo. Además, para su verificación se utilizó un medidor digital para cloro residual para comparar los valores obtenidos.

Los datos fisicoquímicos y microbiológicos se analizaron mediante estadística descriptiva para compararlos con los valores establecidos en el Reglamento COPANIT 21-2019. Posteriormente se transformaron los datos a su logaritmo, se realizó la prueba Shapiro-Wilk (W) para comprobar la normalidad de los datos. Se realizó un análisis de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre las muestras de grifo (prueba de comparación de medias), y luego se realizó la

prueba de comparación de Dunn, para identificar que medias específicas son significativas y finalmente la prueba de U de Mann Whitney para comparar la calidad del agua entre las comunidades estudiadas. Los paquetes estadísticos utilizados fueron: BioStat, Past 4.03 y Microsoft Excel 2016.

Resultados

Dentro de los parámetros fisicoquímicos evaluados la mayoría se encuentra dentro de los límites establecidos por las normas DGNTI-COPANIT 21-2019, a excepción del cloro, ya que en ninguna de las nuestras evaluadas este parámetro utilizado como fuente de desinfección del agua potable cumplió con lo establecido en la norma de calidad del agua (Tabla. 1).

Tabla 1

Parámetros de calidad de agua potable.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv estándar	Límite permitido
Comunidad A						
Temperatura (°C)	26	27	26.12	26	0.11	25-30 °C
pH	7.2	7.6	7.4	7.39	0.03	6.5-8.5
Conductividad (µS/cm)	488.2	538.2	507.27	507.1	8.66	Hasta 850 (µS/cm)
Cloro residual	0	0	0	0	0	0.3-0.8 mg/L
Comunidad B						
Temperatura (°C)	26	29	27.23	27.2	0.16	25-30°
pH	6.5	8.3	7.18	7.19	0.19	6.5-8.5
Conductividad (µS/cm)	291	429	370.69	365.33	25.4	Hasta 850 (µS/cm)
Cloro residual	0	0	0	0	0	0.3-0.8 mg/L

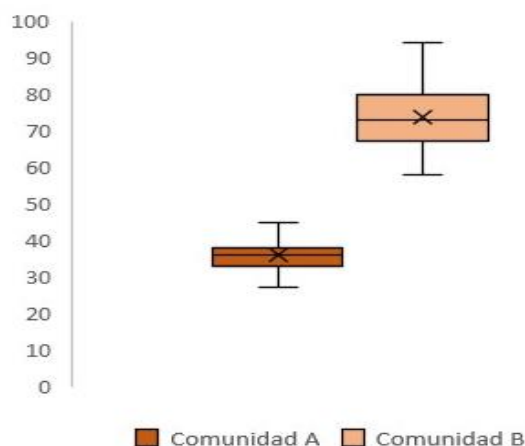
Nota. La tabla muestra la estadística descriptiva de los parámetros obtenidos en las áreas estudiadas. Comunidad A (Santo Domingo, Provincia de Los Santos), comunidad B (El Salitre, Provincia de Herrera).

El valor de la mediana para coliformes en la comunidad A fue de 36 UFC, mientras que para la comunidad B fue de 74 UFC. El valor de la media geométrica en la comunidad A fue de 35 UFC y para la comunidad B fue de 73 UFC. Los valores extremos estuvieron entre 27 y 45 UFC en el caso de la comunidad A y 58 y 94 UFC para la comunidad B (Figura 2).

En la comunidad A el valor de la mediana para *E.coli* fue de 1 UFC, mientras que para la comunidad B fue de 3 UFC. Los valores extremos se encuentran entre 0 y 3 UFC en el caso de la comunidad A y 0 y 5 UFC para la comunidad B (Figura 3). Los análisis microbiológicos para coliformes y *E.coli* estuvieron fuera de los límites establecidos en las normas DGNTI-COPANIT-21-2019. El límite máximo permitido para estos microorganismos es <1 UFC/ 100 ml.

Figura 2

Valores obtenidos para coliformes totales

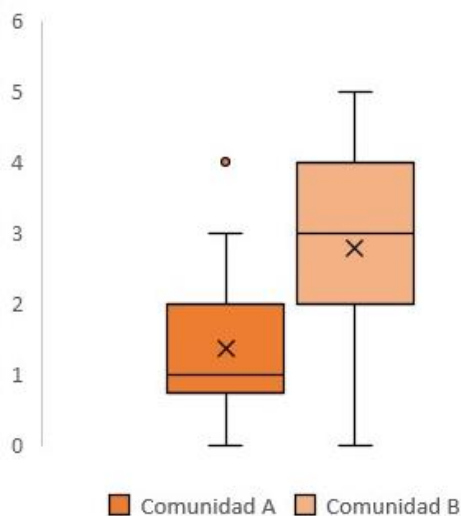


Nota. El diagrama de caja y bigote muestra los valores obtenidos para coliformes totales durante los meses de estudios.

Los heterótrofos totales según la norma DGNTI-COPANIT 77-2006, se encuentran dentro de los límites establecidos, en ninguna muestra el valor máximo supero el establecido en la norma.

Figura 3

Valores obtenidos para E.coli



Nota. El diagrama de caja y bigote muestra los valores obtenidos para *E.coli* durante los meses de estudios.

Se realizó la prueba Shapiro-Wilk (W) para comprobar la normalidad de los datos. De acuerdo con los resultados, los datos para Coliformes Totales (W: 0,8049 $p < 0,0001$), *E. coli* (W: 0,8036 $p < 0,0001$) y Heterótrofos (W: 0.9712 $p = 0,0002685$), no presentaban una distribución normal por lo que los análisis se basaron en metodología no paramétrica. La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas con relación a la presencia de *E. coli* ($p < 0,0001$), coliformes totales ($p < 0,0001$) y heterótrofos totales ($p < 0,0001$) en ambas áreas de estudio. La prueba



de Dunn indico que existen diferencias significativas en relación a los microorganismos entre las comunidades.

Para comparar la diferencia de calidad del agua entre ambas zonas se realizó la prueba estadística de U de Mann Whitney. Esta prueba mostró que existe diferencias estadísticamente significativas y la abundancia de microorganismos coliformes ($U=0$ $p<0,01$), *E.coli* ($U=5004$ $p<0,01$), heterótrofos ($U=1801$ $p<0,01$) es diferente entre ambas comunidades.

Discusión

Al evaluar la calidad del agua en las dos comunidades estudiadas se puede concluir que los valores de coliformes totales y *E.coli*, no cumplen con los establecidos por las normas COPANIT 21-2019.

Los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad) cumplen con los valores establecidos para agua potable, a excepción del cloro residual. La calidad microbiología del agua en los dos sitios de estudios resultó ser deficiente, lo que supone un alto riesgo para la salud de las personas que consumen dicha agua. La posible causa de la mala calidad del agua puede deberse a las deficientes instalaciones sanitarias e higiénicas en estas áreas.

El estudio de las características microbiológicas y fisicoquímicas del agua permitió la identificación de los problemas de la calidad del agua en las dos comunidades rurales estudiadas. Los resultados de este estudio indican que en ambas comunidades se observa un alto porcentaje de muestras que no se ajustan



a los parámetros de calidad de agua establecidos en el país (DGNTI-COPANIT 21-2019).

De acuerdo con los parámetros microbiológicos todas las muestras analizadas presentaron bacterias heterótrofas, las cuales pueden ser parte de la microbiota autóctona, pero también podría representar un riesgo de contaminación. De igual manera se encontraron coliformes y *E. coli* en todas las muestras analizadas ambas comunidades estudiadas, situación que coincide con Daud et al., (2017) quienes en un estudio en Pakistán detectaron coliformes y *E. coli* en todas las muestras de agua.

Los resultados obtenidos dan a conocer que los valores microbiológicos de coliformes totales y *E. coli* superan el límite permisible de las normas para agua potable en el país, a resultados parecidos llegaron González et al. (2007), quienes analizaron la calidad microbiológica del acuífero de un sector rural en Nicaragua, donde obtuvieron que el 95.7% de las muestras de agua no cumplen con los requisitos establecidos en las normas del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE).

Los autores indican como probables causas de la contaminación, el fácil acceso de animales domésticos a los pozos, el material de revestimiento permeable y el escurrimiento de heces por la precipitación local, que han influido directamente en la concentración de bacterias en los pozos. Por otra parte, Gonzales (2012) señala que la presencia de estas especies en el agua es evidencia de contaminación fecal y por esta razón existe la posibilidad a una infección intestinal en el futuro, debido al contacto continuo con estas especies.



Una inadecuada calidad microbiológica del agua, sumado a algún tipo de riesgo en el agua para consumo humano, constituyen uno de los potenciales más peligrosos para la salud humana al ser un líquido de uso permanente y necesario, situación que coincide con los hallazgos de Sánchez., et al (2000) en México, quienes determinaron niveles de contaminación que hacían al agua no apta para el consumo humano al estar contaminada con bacterias de tipo coliformes.

Rosales y Arévalo (2008) indican que los estudios de calidad de agua tienden más a preocuparse por los agentes que causan trastornos gastrointestinales y que dejan en un plano secundario a aquellos agentes transmitidos por el agua que causan infecciones en heridas: en los ojos, oídos, nariz, garganta u otras infecciones generalizadas en el cuerpo

Con base en los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos, se puede constatar que el agua subterránea que llega y abastece los pozos en ambas comunidades es deficiente en cuanto a la calidad de esta y no cumplen con los parámetros establecido en la norma DGNTI-COPANIT 21-2019 para agua potable en Panamá.

Es importantes destacar que en las zonas rurales los problemas relacionados a calidad de agua por contaminación fecal son mayores y la población de estas áreas están expuestas a contraer problemas de salud de tipo gastrointestinales por la deficiencia y el acceso a un agua segura para el consumo, por lo que es importante que las autoridades de salud establezcan métodos para mejorar el acceso a agua potable de calidad y un saneamiento adecuado mediante el monitoreo constante del agua en los pozos y grifos domiciliarios, así como emplear actividades de educación e higiene del recurso hídrico.



Referencias Bibliográficas

- Asano, T. y Levine, A.D. (1996). Wastewater reclamation, recycling and reuse: Past, present, and future. *Water Science and Technology*, 33(10–11), pp. 1–14. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00401-5](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00401-5)
- Daud, M. K., Nafees, M., Ali, S., Rizwan, M., Bajwa, R. A., Shakoore, M. B., Arshad, M. U., Chatha, S. A. S., Deeba, F., Murad, W., Malook, I., y Zhu, S. J. (2017). Drinking Water Quality Status and Contamination in Pakistan. *BioMed Research International*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7908183>
- Calvo, G. y Mora, J. (2015). Evaluación de la calidad del agua en los ríos Tigre y Rincón de la península de Osa en dos períodos de tiempo distintos, *Tecnología en Marcha*, 28(3), pp. 55–63. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2411/2206
- Gonzales, M., Aguirre, J., Saugar, G., Alvarez, G., y Palacios, K. (2007). Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León. *Universidad de Nicaragua*, 1(1):7-13. DOI: <https://doi.org/10.5377/universitas.v1i1.1625>
- González, G. (2012). *Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Luby, S; Halder, A; Huda, T; Huda,L; Arnold,B; Johnston,R (2015). Microbiological contamination of drinking water associated with subsequent child diarrhea. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(5), p. 904. <https://doi.org/10.4269/AJTMH.15-0274>.
- Ministerio de Comercio e Industrias (2019). Reglamento COPANIT que rige la calidad de agua en el país.
- Ministerio de Salud (2009). Programa de agua potable y saneamiento rural e indígena en Panamá.
- OMS (2017) Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/260291>.



- Ostoich, M; Aimó, E; Frate, R; Vazzolers, M; Stradella, S, Osti, P. (2007). Intergrated approach for microbiological impact assessment of public wastewater treatment plants. *Chemistry and Ecology*, 23(1):43-62. <https://doi.org/10.1080/02757540601083963>
- Pascual Anderson, M. del Rosario. and Calderón y Pascual, Vicente. (2000) Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas.
- Ríos, S; Agudelo R; Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>.
- Rosales, D. y Arévalo, M. 2008. Pseudomonas aeruginosa: un problema hospitalario. *Revista Médica de la Extensión Portuguesa – ULA*, 2:128- 137. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/27417/articulo5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rubino, F. (2019). Bacterial contamination of drinking water in Guadalajara, Mexico, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(1).,
- Sánchez, H; Vargas, M; Méndez, J (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública México*, 42(5):397–406. doi: 10.3390/ijerph16010067
- Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., y Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100008
- Thompson y Victoria (2018). Agua, saneamiento e higiene en Panamá: avances y desafíos-2018.
- Wu, J., Long, S., Das, D., y Dorner, S (2011). ¿Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *Journal of Water and Health*, 9(2), 265–278. <https://doi.org/10.2166/WH.2011.117>.