



Caracterización de los indicadores de la calidad del agua en el municipio de La Unión, Lempira en Honduras

Characterization of water quality indicators in the municipality of La Unión, Lempira in Honduras

Fredy Barrientos Castellanos¹, Ingris Varela Murillo², Jenny Ruiz Cardona³, Suany Lagos Hernandez³, Leonardo Chavarría Carrión⁴, Jhunion Marcía Fuentes^{2*}

¹ Universidad Nacional de Agricultura. Facultad de Ciencias de la Tierra y la Conservación. Honduras.

² Universidad Nacional de Agricultura. Facultad de Ciencias Tecnológicas. Catacamas, Honduras.

³ Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Honduras.

⁴ Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química. Managua, Nicaragua.

*juniorabrahamm@yahoo.com

(recibido/received: 07-marzo-2021; aceptado/accepted: 11-mayo-2021)

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua en el municipio de la Unión, Lempira en Honduras. Se utilizó como material experimental agua potabilizada de la zona, con temperatura de prueba de $19^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$, empleando la metodología propuesta por la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995). Los resultados determinaron que el Índice de Calidad de Agua (ICA) es de $71.94 \% \pm 5.04 \%$, con un caudal de salida de $0.156 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de entrada de $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, generando una eficiencia de flujo del 76.92% , además los parámetros físicos y químicos de las pruebas en diferentes puntos de aplicación, están dentro de los límites permisibles de esta normativa. Sin embargo, se evidencian cepas de coliformes fecales. Concluyendo que el caudal de agua y el ICA se categorizan como buenos, sin embargo, se evidenció contaminación por el alto número de coliformes, generando una alerta sobre su consumo en la salud pública de esta población.

Palabras claves: Índice de calidad de agua; Coliformes, Caudal; Norma técnica de agua

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the water quality in the municipality of La Unión, Lempira in Honduras. Drinking water from the area was used as experimental material, with a test temperature of $19^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$, using the methodology proposed by the National Technical Standard for Drinking Water Quality (1995). The results determined that the Water Quality Index (ICA) is $71.94 \% \pm 5.04 \%$, with an outlet flow of $0.156 \text{ m}^3/\text{s}$ and an inlet flow of $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, generating a flow efficiency of 76.92% . Furthermore, the physical and chemical parameters of the tests at different application points are within the permissible limits of this regulation. However, strains of fecal coliform were evident. Concluding that the water flow and the ICA are categorized as good, however, contamination was evidenced by the high number of coliforms, generating an alert about their consumption in the public health of this population.

Keywords: Water quality index; Coliforms, Caudal; Technical water standard.

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor del 4% del total de muertes en el mundo se deben a problemas relacionados con el agua (Prus *et al.*, 2002; Bracho y Fernández, 2017). La mayoría de las aguas superficiales tienen niveles de contaminación que deben ser evaluados y resueltos en los procesos de tratamiento para consumo humano (Craun *et al.*, 2002; Carmena *et al.*, 2007). El agua es un recurso natural de valor económico, estratégico y social, esencial para la existencia y el bienestar del ser humano, así como un bien para la humanidad y útil para el mantenimiento de los ecosistemas del planeta (Uniagua, 2018). En los últimos años existe un crecimiento de la población, diversificando los usos del agua, y generando condiciones ambientales no deseadas, como el crecimiento de la cantidad de desechos sólidos y otras actividades antropogénicas que aceleran la degradación de la calidad del agua (Beltrán *et al.*, 2019).






En América Latina y el Caribe, el agua potable y los servicios de saneamiento siguen siendo un gran problema, ya que más de 13 millones de habitantes carecen de fuentes de agua mejoradas y aproximadamente 61 millones carecen de instalaciones de saneamiento, una situación que es incluso más agravante en el sector rural (BID, 2018).

En Honduras la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995); promueve la protección de la salud pública mediante el establecimiento de los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar los indicadores de la calidad de agua en el municipio de la Unión, Lempira en Honduras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó agua potabilizada del municipio de la Unión, Lempira, en Honduras, mediante la metodología propuesta por la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995); a partir de análisis físicos, químicos y microbiológicos, mediante muestras por triplicado de 3 L de agua como unidad experimental, en bloques aleatorizados, en diferentes puntos de aplicación, como variable de respuesta se estableció la caracterización porcentual y cromática de los indicadores (Tabla 1), además, se empleó el método de ponderación de Brooks (1991); a través de las curvas de valoración de los parámetros en estudio (Tabla 2).

Tabla 1. Clasificación de la calidad de agua por el color ICA

| Calidad de agua | Color | Valor (%) |
|-----------------|---|-----------|
| Excelente |  | 91 a 100 |
| Buena |  | 71 a 90 |
| Regular |  | 51 a 70 |
| Mala |  | 26 a 50 |
| Pésima |  | 0 a 25 |

Fuente: Norma Técnica de Agua de Honduras (1995).

Tabla 2. Pesos relativos de cada parámetro para la evaluación del ICA

| i | Subi | Wi |
|---|---------------------------|------|
| 1 | Coliformes totales | 0.15 |
| 2 | pH | 0.12 |
| 3 | DBO5 | 0.10 |
| 4 | Nitratos | 0.10 |
| 5 | Fosfatos | 0.10 |
| 6 | Temperatura | 0.10 |
| 7 | Turbidez | 0.08 |
| 8 | Sólidos disueltos Totales | 0.08 |
| 9 | Oxígeno Disuelto | 0.17 |

Fuente: Brooks (1991).

Para obtener una mejor interpretación de los hallazgos, se utilizará la metodología con ligeras modificaciones de Marcía *et al.*, (2019); a partir del uso de análisis estadístico, en relación a los datos de prueba utilizando el programa IBM, SPSS, versión 25.0

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

La tabla 3 resume la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en dos diferentes condiciones experimentales, los resultados indicaron que durante la temporada de lluvia el DBO del agua potabilizada del municipio de la Unión, Lempira, en un clima soleado es de 3.13 ± 1.58 , estos resultados cumplen con la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995), que expresa que el DBO máximo permisible es de 4. Sin embargo, en temporada lluviosa, alcanza un DBO de 9.34 ± 0.04 , que según Roldán (2016); se evidencia cuando el factor de lluvia a través del proceso de escorrentía arrastra un alto contenido de materia orgánica y que bajo estas condiciones el agua tiene apariencia de color turbio, grisáceo y olores característicos del ácido sulfhídrico.

Tabla 3. Demanda bioquímica de oxígeno

| Condición experimental | Lectura 1 | Lectura 2 | Lectura 3 | Media \pm desviación |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Clima lluvioso | 9.30 | 9.34 | 9.38 | 9.34 ± 0.04 |
| Clima soleado | 1.4 | 3.5 | 4.5 | 3.13 ± 1.58 |

La figura 1 determina el contenido de coliformes totales en diferentes puntos de muestreo. Estos resultados no cumplen con el límite máximo permisible expresado en la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995) y según Ayres y Wescot (2002); se debe en que los altos contenidos de coliformes totales pueden hallarse en heces y materia orgánica en agua potabilizada que no reúne los

tratamientos de control. Además, la Norma CODEX-STAN-108-1981, para las Aguas Minerales y Naturales, establece que se debe evidenciar la ausencia en su totalidad de estos microorganismos (Codex, 2007).

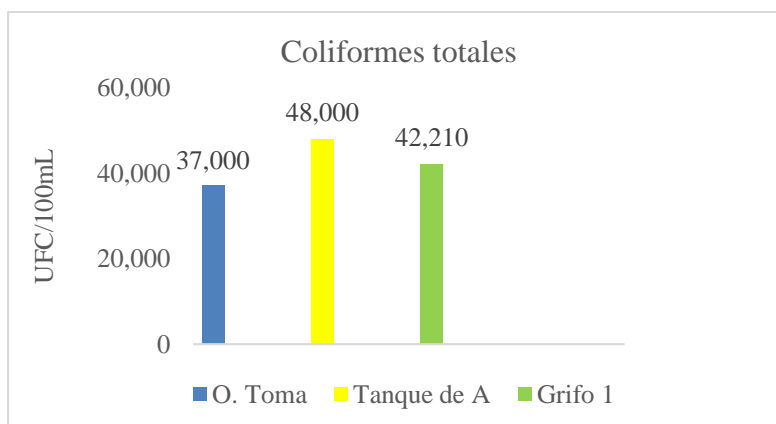


Figura 1. Medición de coliformes totales en diferentes puntos de muestreo.

La tabla 4 resume que el pH obtenido en los diferentes puntos de control, cumplen con la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995); que expresa que el límite máximo permisible para el pH en agua potabilizada es de 6.5 a 8.5. Estos datos coinciden con lo reportado por Sigler y Bauder (2017); que establecen que aguas potabilizadas con un pH por debajo de 6.5 genera corrosividad en las tuberías y transporta metales especialmente plomo y cobre, y valores por arriba de 8.5 se consideran aguas duras por su elevada alcalinidad (contenido de minerales disuelto) y pueden provocar obstrucción en las tuberías y calentadores de agua, sin embargo, valores cercanos 7.5 pH no causan ningún daño a la salud, por su similitud con el pH de la sangre humana.

Tabla 4. Potencial de Hidrogeno (pH) en diferentes puntos de control

| Puntos de muestreo | Media \pm desviación |
|--------------------------|------------------------|
| Obra toma | 7.366 \pm 0.176 |
| Tanque de almacenamiento | 7.106 \pm 0.790 |
| Grifo 1 | 7.360 \pm 0.987 |
| Grifo 2 | 7.623 \pm 0.297 |
| Grifo 3 | 7.860 \pm 0.137 |

La tabla 5 reporta que el contenido de oxígeno disuelto (OD) en el material de prueba en la Obra Toma a una temperatura de 19° C \pm 2° C, está por debajo de lo que reporta la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995), con un OD permisible de 9.3 \pm 0.40 mg/L. Esto limita la capacidad de auto purificación de esta fuente de agua (Canter, 2000; WHO, 2003).

Tabla 5. Contenido de oxígeno disuelto

| Numero Pruebas | Concentración mg/L |
|------------------------|--------------------|
| Análisis 1 | 7.80 |
| Análisis 2 | 7.76 |
| Análisis 3 | 7.25 |
| Media \pm desviación | 7.60 \pm 0.30 |

La tabla 6 resume los resultados de las propiedades físicas del agua potabilizada en diferentes puntos de muestreo, donde el contenido de sólidos en suspensión es de 4.93 ± 1.96 mg/L, estos valores se consideran altos y según lo indica Garduño (1994); su clasificación es agua de baja calidad. Sin embargo, el nivel de turbidez y conductividad eléctrica, se encuentran dentro de los límites permisibles de la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995); con valores por debajo de 5 mg/L y 400 μ s/cm, respectivamente.

Tabla 6. Propiedades físicas del agua potabilizada del municipio de la Unión, Lempira

| Variable de prueba | Punto de aplicación | Concentración (media \pm desviación) |
|-----------------------------------|--------------------------|---|
| Sólidos en suspensión Turbidez | Tanque de almacenamiento | 4.93 ± 1.96 mg/L |
| | Obra Toma | 1.35 ± 1.03 mg/L |
| | Tanque de Almacenamiento | 3.20 ± 0.01 mg/L |
| | Grifo 1 | 1.88 ± 1.38 mg/L |
| | Grifo 2 | 4.97 ± 3.5 mg/L |
| | Grifo 3 | 2.44 ± 0.01 mg/L |
| Conductividad eléctrica | Obra Toma | 342.00 ± 23.64 μ s/cm |
| | Tanque de Almacenamiento | 331.00 ± 32.35 μ s/cm |
| | Grifo 1 | 338.33 ± 30.00 μ s/cm |
| | Grifo 2 | 342.00 ± 26.85 μ s/cm |
| | Grifo 3 | 334.00 ± 28.35 μ s/cm |

La tabla 7 resume que el contenido de nitrógeno amoniacal NTK, se encuentran bajo los límites permisibles de los parámetros para sustancias no deseadas de la Norma Técnica de Agua de Honduras (1995); que recomienda 25 mg/L de NTK como límite inferior de detección. Sin embargo, esta normativa no aplica para el contenido de fosforo total, en relación a los parámetros físicos y químicos que esta establece.

Tabla 7. Contenido de fosforo total y nitrógeno amoniacal (NTK)

| Variable de prueba | Punto de aplicación | Concentración (media \pm desviación) |
|-------------------------|---------------------|---|
| Nitrógeno amoniacal NTK | Obra Toma | 3.12 ± 2.33 mg/L |
| Fosforo total | Obra Toma | 1.25 ± 0.5 mg/L |

La tabla 8 resume que el índice de calidad de agua (ICA) en la zona de estudio, es de 71.94 ± 5.04 , categorizándose como buena según lo establecido por Norma técnica de agua de Honduras (1995) (Tabla 1). Estos resultados fortalecen lo expuesto por Cardona (2003); que declaró que es difícil verter criterios acerca del estado de salud de un cuerpo de agua mediante el análisis individual de cada indicador o parámetro y que la calidad del agua es continuamente modificada, temporal y espacialmente por diversos factores que interactúan en sinergias complejas difíciles de predecir y evaluar.

Además, esta investigación determino los caudales presentes en la obra toma con velocidad de salida de agua desde la obra toma de 0.156 m³/s y un caudal de entrada de 0.12 m³/s, generando una eficiencia de flujo del 76.92 %.

Tabla 8. Índice de calidad de agua (ICA) de obra toma en el caserío de Las Quebradas, La Unión, Lempira

| Parámetro | Unidad de Medida | Muestreo I | | | Muestreo II | | | Muestreo III | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|---------|-----------|------------------|---------|------------|------------------|---------|--------------|
| | | Lectura original | Valor Q | ICA I (%) | Lectura original | Valor Q | ICA II (%) | Lectura original | Valor Q | ICA III |
| Coliformes | UFC /100ml | 37,000 | 85 | 12.75 | 82 | 90 | 13.5 | 60 | 95 | 14.25 |
| DBO | Mg/L | 1.4 | 84 | 8.4 | 9.34 | 87 | 8.7 | 4.5 | 90 | 9 |
| Oxígeno Disuelto | Mg/L | 7.8 | 96 | 16.32 | 7.76 | 80 | 13.6 | 7.25 | 98 | 16.66 |
| pH | U.de pH | 7.18 | 87 | 10.32 | 7.39 | 83 | 9.96 | 7.53 | 80 | 9.6 |
| Turbidez | UNT | 0.62 | 63 | 10.44 | 2.08 | 91 | 7.28 | 0.1 | 60 | 4.8 |
| Temperatura | °C | 17 | 23 | 5.04 | 19 | 21 | 2.1 | 14 | 18 | 1.8 |
| Nitratos | Mg/L NO ₃ | 4.97 | 97 | 2.3 | 0.49 | 70 | 7 | 3.9 | 85 | 8.5 |
| Fosforo | Mg/LP | | | 9.7 | 1 | 40 | 4 | 1.5 | 98 | 9.8 |
| Media parcial ICA | | | | 75.27 | | | 66.14 | | | 74.41 |
| Media final ± desviación | | | | | | | | | | 71.94 ± 5.04 |

4. CONCLUSIÓN

Los tipos de contaminación más influyente en la calidad de agua del sistema de potabilización del municipio de la Unión, Lempira, en Honduras, son de tipo microbiológico, además presenta condiciones físicas irregulares como el aumento de la turbidez, esto debido al arrastre de partículas de suelo a través de la escorrentía durante temporada de lluvia y el deficiente control de limpieza del tanque de almacenamiento. Por lo anterior esta investigación genera evidencia científica para la creación de una propuesta de control de calidad físico-química y microbiológica del agua de esta zona, por el riesgo que genera a la salud pública de la población.

REFERENCIAS

Ayres, R. y Wescot, D. (2002). La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO: Riego y Drenaje. Roma, Italia. p.8-101.

Banco Interamericano de Desarrollo, BID. (2018). Proceso Regional de las Américas. Foro Mundial del Agua, Informe Regional de América Latina y el Caribe, Informe Ejecutivo.

Beltrán, L., Montero, I., Saravia, S., Morales, D., Portillo, D., Arriaga, N. (2019). Characterization of Water Quality Indicators in the Micro-basin of the Arizona River, Atlántida (Honduras). *Journal of Agricultural Science*; 11(6); 394-400. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n6p394>

Bracho Fernández, Irguin A., & Fernández Rodríguez, Moraima. (2017). Assessment of water quality for human consumption in the venezuelan community of San Valentin, Maracaibo. *Minería y Geología*, 33(3), 339-349. Recuperado en 26 de junio de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000300007&lng=es&tlng=en.

Brooks, K. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Ames, IA USA. IOWA State University Press. 392p.

Canter, L. (2000). Manuel de evaluación de impacto ambiental; Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Editorial Mc Graw Hill.

Cardona, A. (2003). Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras, (en línea). (Tesis inédita de posgrado). Escuela de posgrado manejo integrado de cuencas hidrográficas. Honduras.

Carmena, D.; Aquinagalde, X.; Zigorraga, C., Fernández, J. C., Ocio, J. A. (2007). Presence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocyst in drinking water supplies in northern Spain. *J Appl Microbiol*; 102(3): 619-29.

Codex Alimentarius (2007). Aguas, primera edición; Norma Codex para las aguas minerales naturales, CODEX STAN 108-1981. Roma, Italia, 1-6.

Craun, G. F.; Nwachuku, N.; Calderon, R. L., Craun, M. F. (2002). Outbreaks in drinking-waters systems, 1991-1998. *J Environ Health*; 65(1): 16-23.

Garduño, H. (1994). Uso eficiente del agua: un enfoque multidimensional. (Tesis inédita). UNESCO. México.

Marcía Fuentes, J., Chavarría Carrión, L., & Zumbado, H. (2019). Análisis del proceso de harina de yuca, sobre las propiedades sensoriales y nutricionales del casabe (Artículo Profesional). *Nexo Revista Científica*, 32(01), 88-93.

Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995). Parámetros de calidad de agua, (en línea). Tegucigalpa, Honduras. p 8-17. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/hon175672.pdf>
Prüs, A.; Kay, D.; Fewtrell, L., Bartram, J. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect*; 110(5): 537-42.

Roldan, G. (2003). Los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*; 40(155):254-274. doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Sigler, W. & Bauder, J. (2017). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales, (en línea). (Trabajo inédito). Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos

de la Tierra y Ciencias Ambientales. Disponible en:
http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

UNIAGUA (Universidade da Água). (2018). Água no Planeta. Retrieved from <http://www.uniagua.org.br/aguanoplaneta.htm>

World Health Organization, WHO. (2003). Domestic Water Quantity, Service Level and Health, (en línea). Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



Freddy Alberto Barrientos Castellanos: Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente en la Universidad Nacional de Agricultura en Honduras. Especialista en manejo de indicadores en control de calidad de agua.



Jhunion Abrahan Marcía Fuentes: Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Master en Procesamiento de Alimentos en la Universidad Nacional de Ingeniería de Managua, Nicaragua. Candidato a Doctor en el grado Científico en Alimentos en la Universidad de La Habana, Cuba. Actualmente se desempeña como profesor de la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras (UNAG), en la Facultad de Ciencias Tecnológicas, en la carrera de Ingeniería en Alimentos. Ganador del Premio Joven Investigador Latinoamericano 2019, del Grupo COIMBRA de Universidades Europeas. Investigador colaborativo de prestigiosas Universidades y Centros de Investigación entre las que destacan *Louisiana State University* de los Estados Unidos, El Centro de Investigación para el Desarrollo del Alimento Funcional y Nutracéutico, CIDAF y la Universidad de Granada, España. En la actualidad desarrolla investigaciones en compuestos bioactivos con plantas nativas del continente americano, en las que destacan plantas del Amazona de Brasil y plantas endémicas de Honduras, para su potencial uso como nutraceuticos y bioconservantes alimenticios.



Leonardo Chavarría Carrión, Ingeniero Químico (UNI, 2000). Master en Procesamiento de Alimentos (UNI-2003), Master en Gestión Universitaria (UNI, 2009) coautor del artículo, Investigador en las áreas de: Desarrollo de Nuevos Productos y Seguridad Alimentaria y Nutricional, Profesor titular de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Nicaragua, Director del Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica (P-VIT).