

---

# Evaluación de la calidad del agua para consumo humano por medio de un laboratorio móvil

## **Mack, Yazmin**

UTP, CEMCIT-AIP, SNI  
Panamá, Rep. de Panamá  
[yazmin.mack@utp.ac.pa](mailto:yazmin.mack@utp.ac.pa)

## **Olmos, Jorge**

UTP  
Panamá, Rep, de Panamá  
[jorge.olmos@utp.ac.pa](mailto:jorge.olmos@utp.ac.pa)

## **Broce, Kathia**

UTP, SNI  
Panamá, Rep. de Panamá  
[kathia.broce@utp.ac.pa](mailto:kathia.broce@utp.ac.pa)

## **Gómez, Natasha**

CEMCIT-AIP  
Panamá, Rep. de Panamá  
[natasha.gomez@utp.ac.pa](mailto:natasha.gomez@utp.ac.pa)

## **Henríquez, Dina**

UTP  
Panamá, Rep. de Panamá  
[dina.henriquez@utp.ac.pa](mailto:dina.henriquez@utp.ac.pa)

## **Abstract**

Due to uncertainty about the quality of water for human consumption in Tonosí, Los Santos province; the project “Morbidity vs the quality of water for human consumption in Tonosí: a pilot study” is carried out, which aims to evaluate water quality including the identification and quantification of unconventional parameters such as heavy metals and organic compounds in remote areas, with advanced instrumental analytical techniques by means of a mobile laboratory operated by qualified technical personnel. The mobile laboratory is a van-type vehicle that is equipped with compact equipment, with state-of-the-art technology, quick response and with a minimum of waste generated. Thanks to this equipment, it is possible to evaluate organic compounds by chromatography; heavy metals

by X-ray fluorescence; biological contamination using a membrane filtration technique; physicochemical parameters by titrimetry and spectrophotometry; in addition to the evaluation of environmental conditions. In this way, this study seeks to respond to the concern of the population regarding the quality of water for consumption.

**Keywords:** Water quality, organic compounds, inorganic compounds, heavy metals, and pesticides.

## Resumen

Debido a la incertidumbre sobre la calidad del agua para consumo humano en Tonosí, provincia de Los Santos; se lleva a cabo el proyecto “Morbilidad vs la calidad del agua para consumo humano en Tonosí: un estudio piloto”, el cual tiene como objetivo evaluar la calidad del agua incluyendo la identificación y cuantificación de parámetros no convencionales como metales pesados y compuestos orgánicos en zonas remotas, con técnicas analíticas instrumentales avanzadas a través de un laboratorio móvil operado por personal técnico calificado. El laboratorio móvil es un vehículo tipo van que está equipado con equipos compactos, con tecnología de punta, respuesta rápida y con un mínimo de residuos generados. Gracias a este equipo, es posible evaluar compuestos orgánicos por cromatografía; metales pesados por fluorescencia de rayos X; contaminación biológica mediante la técnica de filtración por membranas; parámetros fisicoquímicos mediante titulación y espectrofotometría; además de la evaluación de las condiciones ambientales. De esta manera, se busca dar respuesta a la preocupación de la población respecto a la calidad del agua para consumo.

**Palabras claves:** Calidad del agua, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos, metales pesados y plaguicidas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del agua incluyendo la identificación y cuantificación de parámetros no convencionales como metales pesados y compuestos orgánicos, en zonas alejadas con técnicas analíticas instrumentales avanzadas por medio de un laboratorio móvil operado por personal técnico calificado.

Debido a la incertidumbre respecto a la calidad del agua para consumo humano en Tonosí, provincia de Los Santos; se lleva a cabo el proyecto “Morbilidad vs la Calidad del agua para Consumo Humano en Tonosí: un estudio piloto” que cuenta con equipos compactos, tecnología de punta, de rápida respuesta y con un mínimo de desechos generados.

Además, se tiene la posibilidad de desplazar dicho instrumental especializado a campo en una unidad móvil habilitada como laboratorio para obtener resultados in situ, en corto tiempo y sin comprometer las muestras durante largos periodos de transporte. De esta forma, se busca dar respuesta a la inquietud de la población respecto a la calidad del agua para consumo. Si bien, ya se realizan mediciones, esta investigación nos permite ir más allá evaluando contaminantes orgánicos e inorgánicos que requieren equipos con límites de detección bajos y de alta precisión.

## 2. MÉTODO

Inicialmente se adquirieron los equipos e insumos, se realizaron capacitaciones y se adecuó un vehículo tipo van como laboratorio móvil que incluye piso antideslizante, mobiliario, plomería y sistema eléctrico alimentado por paneles solares (Figura 1).

Posteriormente se identificaron 22 puntos de muestreo a lo largo del distrito de Tonosí, donde se incluyen los corregimientos de El Bebedero, Altos De Güera, El Cortezo, El Cacao, Flores, Cambutal, Guánico, Cañas y Tonosí centro. Los puntos de muestreo incluyen fuentes de agua de pozos privados, pozos públicos y de captaciones de ojos de agua. Los muestreos se realizan en su mayoría en las casas de los habitantes de la zona de estudio.



Fig. 1 Laboratorio móvil acondicionado y en uso.

El laboratorio móvil, también llamado Unidad Técnica de Evaluación de Calidad Hídrica (UTECH), viaja hasta la zona de estudio. Mediante la unidad se realizaron dos giras inicialmente, una en octubre (temporada lluviosa) y la otra en enero (temporada seca). Las giras duran cinco días incluyendo viaje de ida desde la Ciudad de Panamá hacia Tonosí, muestreos y ensayos y el viaje de regreso.

La calidad de agua se determina basándose en los parámetros convencionales establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 21-2019 [1], que incluye los parámetros fisicoquímicos, químicos inorgánicos y biológicos. Por otro lado, los parámetros no convencionales son determinados según las características y actividades económicas desarrolladas en la zona de estudio, como lo son los metales pesados y compuestos orgánicos [2], [3].

Estos análisis se realizaron en sitio para garantizar la confiabilidad de los resultados y de detectarse algún resultado erróneo, tomar las muestras y correr los análisis nuevamente lo que solo es posible por medio de un laboratorio móvil siguiendo la metodología presentada en la Figura 2.

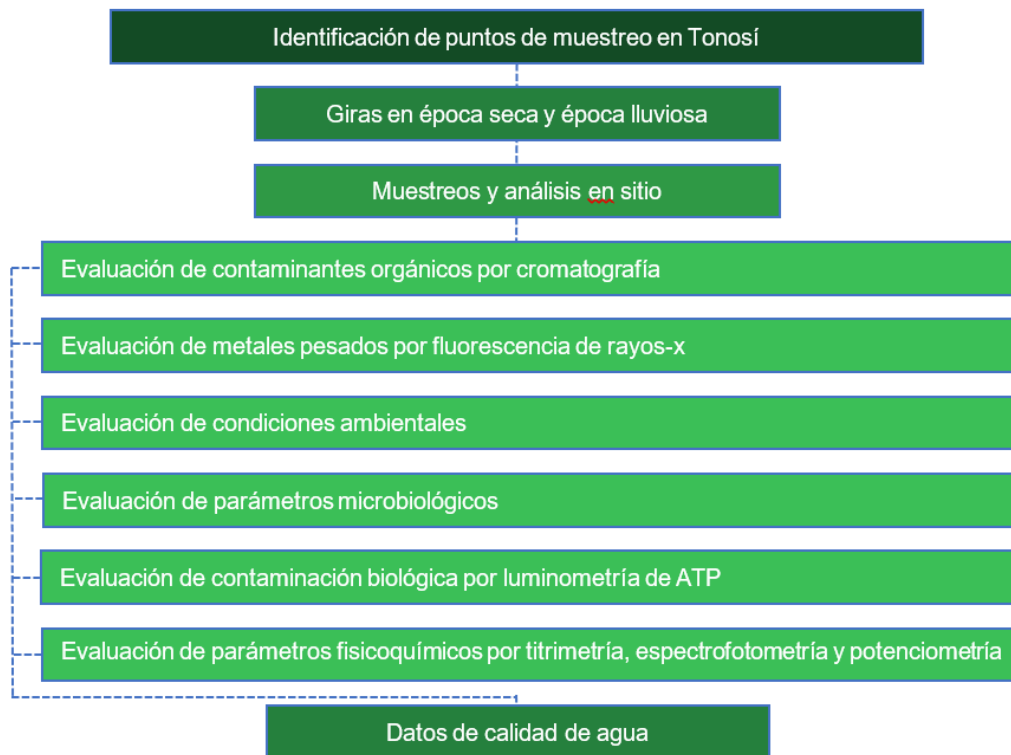


Fig. 2 Resumen del esquema metodológico utilizado en el estudio.

### 3. RESULTADOS

Las fuentes de agua en la zona de estudio son diversas, el agua de consumo proviene tanto de fuentes superficiales como subterráneas. Se observó que, en su mayoría, las comunidades utilizan las captaciones de ojos de agua para abastecerse. Sin embargo, por la falta de agua potable, otra parte de la población opta por hacer pozos comunales sobre todo en época seca. A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos en las dos primeras giras del proyecto.

#### A. Parámetros convencionales

En la Tabla 1, se muestra algunos de los parámetros medidos por el laboratorio móvil basándose en el Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 21-2019 [1].

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua según temporada climática.**

Tipo de fuente	Temporada lluviosa				Temporada seca			
	pH	Turbiedad (NTU)	Cloro residual (mg/L)	Dureza total (mg/L)	pH	Turbiedad (NTU)	Cloro residual (mg/L)	Dureza total (mg/L)
Ojo de agua	7,22	0,48	0	130	7,22	1,76	0,01	118
Pozo 1	7,05	25,2	0,51	265	7,27	2,72	0,04	346
Pozo 2	7,16	0,91	0,01	130	7,04	0,86	0,01	118
Pozo 3	7,41	2,04	0,15	310	7,51	0,93	0,15	372

Los valores de turbiedad y dureza total marcados de color naranja arrojan valores superiores a los valores máximos permisibles establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 21-2019 [1]. Por otro lado, la cantidad de cloro residual marcados de color azul no llega al rango establecido, por lo que se percibe que el agua de las comunidades carece de un método básico de desinfección adecuado.

En la Tabla 2, se observa la cantidad de colonias de coliformes fecales obtenidas a través del método de filtración por membrana para cada una de las fuentes de agua.

**Tabla 2. Presencias de coliformes fecales en muestras de agua.**

Presencia de contaminación bacteriana (NMP)	
Tipo de fuente	Temporada seca
Ojo de agua	82
Pozo 1	31
Pozo 2	9
Pozo 3	1

Se puede observar que existe presencia de contaminación bacteriana en el agua de consumo humano (Figura 3), posiblemente asociada a la carencia de un método de desinfección adecuado [4].



Fig. 3 Ensayo microbiológico por filtración de membrana.

## B. Parámetros no convencionales

### Compuestos orgánicos

Mediante la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (Figura 4), es posible identificar compuestos orgánicos como tolueno, xileno y benceno entre otros. La presencia de compuestos orgánicos en el agua puede deberse a residuos de combustible y al uso de plaguicidas [5].

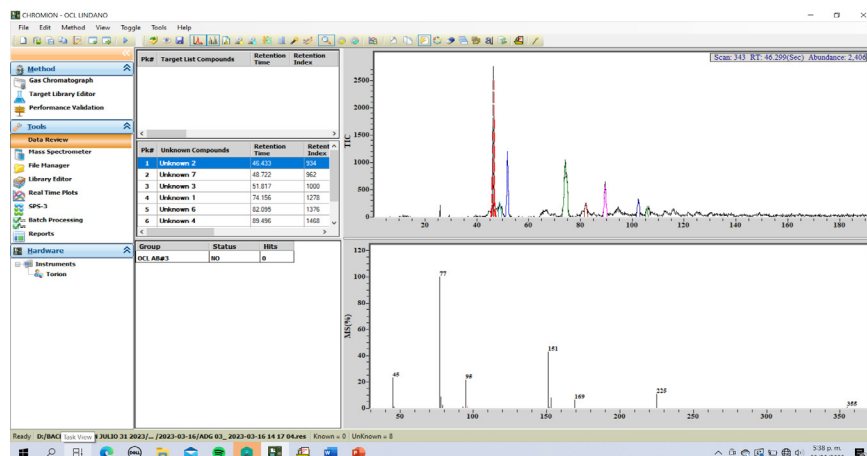


Fig. 4 Cromatograma de gases/espectro de masas.

## Metales pesados

En los ensayos se encontró presencia de manganeso (Mn), hierro (Fe), níquel (Ni), cobre (Cu) y zinc (Zn) en algunas de las muestras. Dentro de las normativas internacionales sobre presencia de metales en agua para consumo humano [6], ni el Ni y Cu son considerados como químicos inorgánicos de importancia para la salud. Sólo el Cu se considera un contaminante inorgánico, mientras que el Fe es considerado una sustancia que puede causar molestias entre los usuarios dependiendo de la concentración. En naranja se indican los valores que sobrepasaron los valores permitidos según el Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 21-2019 [1].

**Tabla 3. Concentración de metales pesados en muestras de agua.**

	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Fe</i> (mg/L)	<i>Ni</i> (mg/L)	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)
Ojo de agua	0,029	0,666	0,103	2,617	0,192
Pozo 1	0,000	5,4	0,950	1,980	0,900
Pozo 2	0,004	1,049	0,000	0,006	0,011
Pozo 3	0,208	0,267	0,004	0,079	0,055

## 4. CONCLUSIONES

En este estudio se evaluó la calidad del agua incluyendo la identificación y cuantificación de metales pesados y compuestos orgánicos, en zonas alejadas con técnicas analíticas instrumentales avanzadas por medio de un laboratorio móvil operado por personal técnico calificado.

Los resultados preliminares muestran variaciones en los valores de los parámetros fisicoquímicos en función de la localización del punto de muestreo y de la temporada (seca o lluviosa), posible carencia en los niveles adecuados de cloro (método empleado para la desinfección), presencia de contaminación bacteriana y algunos compuestos orgánicos volátiles.

Aún son necesarios más muestreos y análisis para establecer tendencias en cuanto a la variación de la calidad del agua, dependiendo de la ubicación de la toma y de las condiciones climáticas de la zona. Se recomienda complementar este estudio con el análisis de otras variables no contempladas, tales como contaminantes no volátiles de origen agrícola o residuos de hormonas y antibióticos.



## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Comercio e Industrias, “Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-2019 Tecnología de los alimentos, agua potable.” 2019.
- [2] D. Henríquez-Rivera, K. Broce, J. Olmos, and Y. Espinosa, “Preliminary Evaluation of the Content of Heavy Metals in Rural Aqueducts of the District of Tonosí, Province of Los Santos, Panama,” in *2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, Oct. 2022, pp. 426–431. doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00073.
- [3] J. Bundschuh *et al.*, “Arsenic in Latin America: New findings on source, mobilization and mobility in human environments in 20 countries based on decadal research 2010-2020,” *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 51, no. 16, pp. 1727–1865, Aug. 2021, doi: 10.1080/10643389.2020.1770527.
- [4] I. M. Ramírez-Sánchez, S. Doll, and E. R. Bandala, “Drinking Water and Sanitation in Central America: Challenges, Perspectives, and Alternative Water Treatment,” in *Water Challenges and Solutions on a Global Scale*, vol. 1206, 0 vols., in ACS Symposium Series, no. 1206, vol. 1206. , American Chemical Society, 2015, pp. 53–70. doi: 10.1021/bk-2015-1206.ch004.
- [5] A. Sarafraz-Yazdi, A. H. Amiri, and Z. Es’haghi, “Separation and determination of benzene, toluene, ethylbenzene and o-xylene compounds in water using directly suspended droplet microextraction coupled with gas chromatography-flame ionization detector,” *Talanta*, vol. 78, no. 3, pp. 936–941, May 2009, doi: 10.1016/j.talanta.2008.12.069.
- [6] P. A. Truque B., “Armonización de los Estándares de Agua Potable en las Américas.” Organización de Estados Americanos, 2011.

## AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.