

# EVALUACIÓN DE LA DUREZA COMO INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA EN EL DISTRITO DE TONOSÍ, PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ

**Gómez-Zanetti, Natasha A.**

Universidad Tecnológica de Panamá  
Panamá, Rep. De Panamá  
natasha.gomez@utp.ac.pa

**Henríquez, Dina**

Universidad Tecnológica de Panamá  
Panamá, Rep. De Panamá  
dina.henriquez@utp.ac.pa

**Olmos, Jorge E.**

Universidad Tecnológica de Panamá  
Panamá, Rep. De Panamá  
jorge.olmos@utp.ac.pa

**Mack-Vergara, Yazmin L.**

Universidad Tecnológica de Panamá, SNI  
Panamá, Rep. De Panamá  
yazmin.mack@utp.ac.pa

## Abstract

The consumption of minerals, through drinking water, depends on the needs of the body, affecting health in beneficial or unfavorable ways. The World Health Organization does not establish minimum or maximum concentrations of minerals in drinking water in its “Guidelines for the Quality of Drinking Water” due to the lack of evidence and the contradiction between studies on their effects. The objective of this study is to evaluate the hardness of water in the community of Tonosí, Los Santos with portable analytical equipment and to show the possible effects caused by the consumption of drinking water in the area. Four tours were carried out, collecting samples at 21 points of community use. The analyses were carried out simultaneously with the support of the Unidad Técnica de Calidad Hídrica (UTECH). The results indicated hardness concentrations above 200 mg/L (as CaCO<sub>3</sub>) in communities such as Cambutal, Guánico, El Bebedero, El Cacao and Tonosí, exceeding the limit established by the DGNTI COPANIT 21-2019 technical regulation

for drinking water. Also, the concentrations of barium, antimony, manganese and iron exceeded the values allowed in some sites. Calcium with a minimum average of 11.5 mg/L and a maximum average of 213.3 mg/L, depending on the sampling point, reflected higher concentrations with respect to the other minerals evaluated. Communities must be informed of the mineral composition of their water, because its contribution can influence the health of the population.

**Keywords:** Water quality, hardness, minerals, soil geology, and portable analytical equipment.

## Resumen

La ingesta de minerales, a través del agua potable, depende de las necesidades del cuerpo, afectando la salud de manera beneficiosa o desfavorable. La Organización Mundial de la Salud no establece concentraciones mínimas o máximas de estos minerales en sus “Directrices para la Calidad del Agua Potable” debido a la falta de evidencia concluyente y a la contradicción entre estudios sobre sus efectos. El objetivo de este estudio es evaluar la dureza del agua en la comunidad de Tonosí, Los Santos con equipos analíticos portátiles y detallar los posibles efectos que puede conllevar el consumo del agua potable en la zona. Se realizaron cuatro giras, recolectando muestras en 21 puntos de uso comunitario. Los análisis fueron realizados de manera simultánea con el apoyo de la Unidad Técnica de Calidad Hídrica (UTECH). Los resultados indicaron concentraciones de dureza superiores a 200 mg/L (como  $\text{CaCO}_3$ ) en comunidades como Cambutal, Guánico, El Bebedero, El Cacao y el centro de Tonosí, superando el límite establecido por el reglamento técnico DGNTI COPANIT 21-2019 para agua potable. También, las concentraciones de bario, antimonio, manganeso y hierro excedían los valores permitidos en algunos sitios. El calcio con un promedio mínimo de 11.5 mg/L y un promedio máximo de 213.3 mg/L, dependiendo del punto de muestreo, reflejó concentraciones mayores con respecto a los demás minerales evaluados. Las comunidades deben estar informadas de la composición mineral de su agua, debido a que su aporte puede influir en la salud de la población.

**Palabras claves:** Calidad del agua, dureza, minerales, geología del suelo y equipos analíticos portátiles.

## 1. INTRODUCCIÓN

La dureza del agua está relacionada con la presencia de iones disueltos, principalmente calcio y magnesio. La Organización Mundial de la Salud (OMS) no establece concentraciones mínimas o máximas de estos minerales en sus “Directrices para la Calidad del Agua Potable” debido a la falta de evidencia concluyente y a la contradicción entre estudios sobre sus efectos.

La ingesta adecuada depende de las necesidades del cuerpo, las interacciones hormonales y los nutrientes, afectando la salud humana de manera beneficiosa o desfavorable [1]. La presencia de estos minerales suele deberse a la filtración del agua a través de las rocas erosionadas, pero también puede ser causada por actividades antropogénicas. Es fundamental que las comunidades conozcan la composición mineral del agua que consumen, con el fin de evaluar posibles medidas de adecuación de su calidad para uso doméstico.

Este estudio se llevó a cabo en el marco del proyecto “Morbilidad vs la calidad del agua para consumo humano en Tonosí: un estudio piloto” con el objetivo de evaluar la dureza del agua en el distrito de Tonosí, provincia de Los Santos en Panamá con equipos analíticos portátiles y detallar los posibles efectos que puede conllevar el consumo del agua potable en la zona.

## 2. MÉTODO

Del proyecto realizado del 2021-2024, se seleccionaron 21 puntos de muestreo en diferentes corregimientos del distrito de Tonosí y se realizaron cuatro giras de campo (2 en temporada seca y 2 temporada lluviosa). La dureza del agua se analizó a través de la titulación digital portátil y las concentraciones de minerales en el agua se analizaron mediante la técnica de fluorescencia de rayos X por reflexión total (Fig. 1). Adicional, se tomaron las condiciones ambientales del agua, in situ.



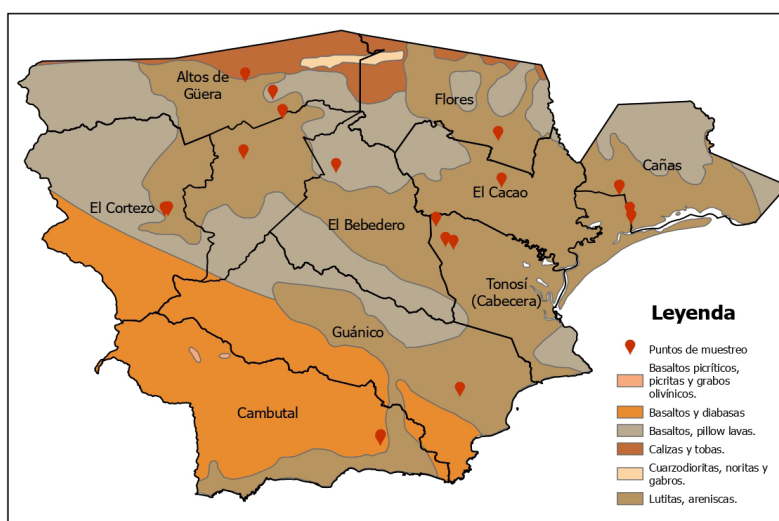
**Fig. 1 Equipos de calidad de agua. (a) Titulador Digital HACH; (b) Espectrómetro TXRF S2Picofox.**

Los muestreos y análisis se realizaron de manera simultánea gracias a la Unidad Técnica de Calidad Hídrica (UTECH), que facilita el acceso a zonas limitadas [2]. Para conocer el origen de los minerales en el agua potable, se evaluó, a través de mapas geológicos, la composición química de las rocas del área de estudio y se estableció una posible relación con las concentraciones de minerales en las muestras de agua. También, se realizó una búsqueda de literatura sobre los efectos de la dureza del agua en la salud, observando discrepancia en los resultados. Además, se evaluó el índice de riesgo no cancerígeno, por ingesta de ciertos minerales en las personas (a diferentes rangos de edad).

### 3. RESULTADOS

#### A. Composición geológica del suelo

El distrito de Tonosí se caracteriza por tener un suelo formado sobre rocas sedimentarias (lutita y arenisca) y rocas ígneas (basaltos, diabasa y pillow lavas) (Fig. 2).



**Fig. 2** Mapa geológico del distrito de Tonosí y los puntos de muestreo.

La composición química del suelo está dominada por Si, Al y O, con aportes de Ca, Fe y Mg. También, el Ba y Sb se concentran en rocas como la lutita negra.

#### B. Análisis de la calidad del agua

La comunidad de Tonosí se abastece de fuentes de agua superficiales y subterráneas, dependiendo de la disponibilidad y la calidad. Por lo que la calidad del agua y las

concentraciones de minerales varían no solo por la zona, sino, por la fuente. Se realizó un promedio de los puntos muestreados y se comparó con el valor máximo permitido del Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-2019 sobre agua potable (Fig. 3) [3].

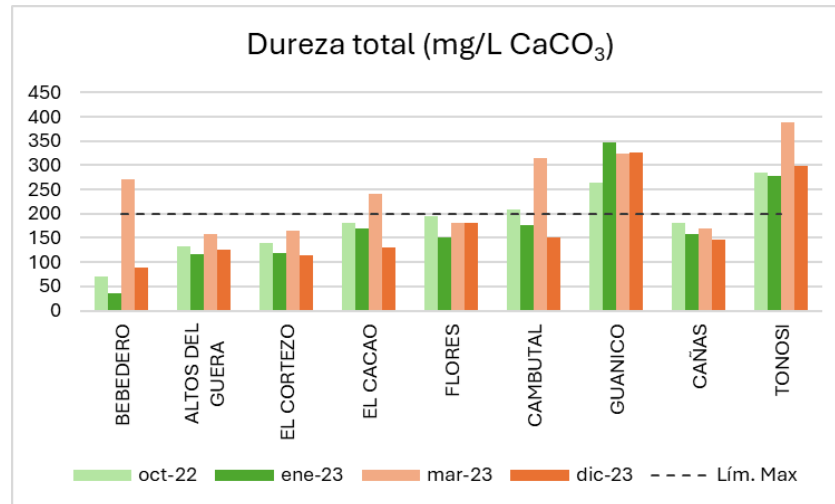


Fig. 3 Valores de dureza total en cada corregimiento del distrito de Tonosí.

Los corregimientos de Guánico y Tonosí cabecera reflejaron altas concentraciones durante todas las giras. En marzo 2023, hay mayor concentración de dureza en la mayoría de las zonas estudiadas. También, se midieron los parámetros de pH y temperatura con un promedio de 7.07 y 28.66 °C, respectivamente. Estos valores son adecuados para agua potable.

En la tabla 1, se detalla el promedio por cada mineral evaluado en toda el área de estudio. Los valores marcados (color rojo) muestra niveles mayores a los permitidos por el Reglamento Técnico.

Tabla 1. Valores de minerales en cada gira para todo el distrito de Tonosí.

Parámetros (mg/L)	Octubre 2022	Enero 2023	Marzo 2023	Diciembre 2023	Valores máx. (mg/L)
Ca	11,509	652,653	252,694	213,333	-
Al	No Det.	No Det.	No Det.	No Det.	0,20
Ba	0,040	<b>1,635</b>	<b>1,003</b>	0,498	0,70
Mn	0,071	<b>0,683</b>	<b>0,913</b>	<b>0,279</b>	0,10
Fe	<b>0,326</b>	<b>5,094</b>	<b>3,718</b>	<b>1,165</b>	0,30
Sb	<b>0,216</b>	<b>3,965</b>	<b>1,618</b>	<b>2,260</b>	0,02
Zn	0,033	1,373	0,288	0,045	5

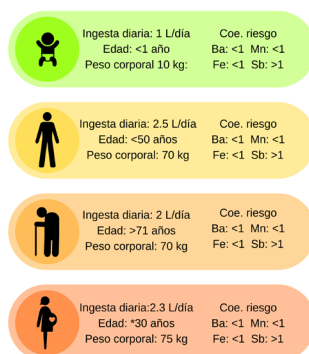
Los valores de bario, manganeso, hierro y antimonio presentaron concentraciones por encima del valor máximo permitido. El Bario y el Antimonio se consideran tóxicos para la

salud.

### CC. álculo del índice de riesgo y efectos de la dureza en la salud

El coeficiente de riesgo es un valor utilizado para determinar los posibles riesgos no cancerígenos, debido a la exposición a largo plazo, de la población. Se evaluó si los niveles de bario, manganeso, hierro y antimonio encontrados en el agua potable causan riesgos en la salud.

#### Riesgo de posibles efectos no cancerígenos



**Fig. 4 Índice de riesgo no cancerígeno por la ingesta de agua potable.**

Si el índice CR <1 no hay riesgo significativo para la salud y si es CR >1 indica que la dosis de ingesta es mayor a la dosis de referencia, causando efecto adverso en la salud humana [4]. El índice de riesgo de antimonio dio CR >1 presentando posibles riesgos hematológicos (Fig. 4).

Los efectos de la dureza del agua potable en la salud han sido objeto de una amplia investigación, debido a que estudios sugieren que altos niveles de calcio y magnesio se correlaciona con menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y efecto protector en riesgo de cáncer, pero también, riesgo de cálculos renales y riesgo de enfermedades de Alzheimer.



Fig. 5 Efectos de la dureza del agua potable en la salud según estudios previos.

## 4. CONCLUSIONES

La calidad del agua se ve influenciada por diversos factores (sociales, ambientales y climatológicos). Para la dureza del agua no se sugiere un valor máximo permitido debido a que sus efectos dependen de las condiciones ambientales y del consumidor. El distrito de Tonosí presenta una dureza significativa por la composición geológica del suelo, que aporte una amplia variedad de minerales al agua potable. Si bien, las concentraciones de calcio y magnesio que caracterizan el agua dura no causan un efecto directo en la salud, la presencia de otros minerales como el bario y el antimonio si son tóxicos y pueden promover el desarrollo de enfermedades a largo plazo. Es importante conocer la composición mineral del agua potable para adoptar medidas, en el sistema de distribución y en los hogares, a beneficio de la comunidad.

## Referencias

- [1] World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. 2022. Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240045064>
- [2] J. E. O. Guevara, K. Broce, N. A. Gómez Zanetti, D. Henríquez, C. Ellis, y Y. L. Mack-Vergara, «The Impact of a Mobile Laboratory on Water Quality Assessment in Remote Areas of Panama», Sustainability, vol. 17, n.o 15, p. 7096, ene. 2025, doi: 10.3390/su17157096.
- [3] Ministerio de Comercio e Industrias, «Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-2019 Tecnología de los Alimentos, Agua Potable. Definiciones y Requisitos Generales». 2019. [En línea]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan190168.pdf>

- [4] H. El Baroudi et al., «Evaluation of drinking water quality and potential health risks on the population in Morocco», *Desalination and Water Treatment*, vol. 320, p. 100715, oct. 2024, doi: 10.1016/j.dwt.2024.100715.

## Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XVIII 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 XVIII ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.