Artículo científico

Calidad y estado sanitario del agua distribuida para consumo humano en Guastatoya, El Progreso

Quality and sanitary status of the water distributed for consumption
Human in Guastatoya, El Progreso

Luis Arturo Méndez
Universidad de San Carlos de Guatemala
lmendez0727gmail.com

Referencia

Méndez, L. A. (2023). Calidad y estado sanitario del agua distribuida para consumo humano en Guastatoya, El Progreso. Revista Científica Internacional, 6(1), 23-34. https://doi.org/10.46734/revcientifica.v6i1.60

Recibido: 16/10/2022
Aceptado: 05/03/2023
Publicado: 16/03/2023

Resumen

PROBLEMA: en Guatemala y el mundo se contamina el agua por acciones humanas como agricultura, industria, detergentes, disolventes, desechos orgánicos, contaminándola fisicoquímica y microbiológicamente, su consumo incrementado el índice de mortalidad infantil y la contaminación de muchas fuentes naturales. Consumir agua contaminada afecta la salud poblacional, y enfermedades como fiebre tifoidea, cólera, hepatitis, rotavirus, son indicadores del consumo de agua contaminada. OBJETIVO: evaluar el estado sanitario del agua y del entorno ecológico de dos fuentes abastecedoras del sistema de distribución para consumo humano, a través de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, que definen su calidad. MÉTODO: se utilizó enfoque mixto analizando información cuantitativa de parámetros de calidad del agua y cualitativa del entorno ecológico; la investigación fue descriptiva, caracterizándose atribu-

ISSN: 2708-8103

tos ambientales y actividades socioeconómicas del entorno ecológico, el estudio fue no experimental, de corte longitudinal y secuencial. RESULTADOS: cuantitativamente el agua cumple con los parámetros físicos y químicos, pero no con parámetros microbiológicos, se considera agua sanitariamente no apta para consumo humano de manera directa, presentando cierta cantidad de coliformes totales. CONCLUSIÓN: los parámetros fisico-químicos cumplen con los estándares establecidos en la norma guatemalteca 29001, los microbiológicos no cumplieron con los estándares requeridos, se trata de agua no apta para consumo humano de manera directa, siendo necesario realizar tratamiento previo a su distribución.

Palabras clave

calidad, análisis, contaminación, parámetros, calidad del agua

Abstract

PROBLEM: in Guatemala and the world, water is contaminated by human actions such as agriculture, industry, detergents, solvents, organic waste, contaminating it physicochemically and microbiologically, its consumption increased the infant mortality rate and the contamination of many natural sources. Consuming contaminated water affects the health of the population, and diseases such as typhoid fever, cholera, hepatitis, rotavirus, are indicators of the consumption of contaminated water. OBJECTIVE: to evaluate the water sanitary status and the ecological environment of two supply sources of the distribution system for human consumption, through the physicochemical and biological parameters that define its quality. METHOD: a mixed approach was used, analyzing quantitative information on water quality parameters and qualitative information on the ecological environment; the research was descriptive, characterizing environmental attributes and socioeconomic activities of the ecological environment; the study was non-experimental, longitudinal and sequential. RESULTS: quantitatively, the water complies with the physical and chemical parameters, but not with microbiological parameters, it is considered water unfit for human consumption in a direct way, presenting a certain amount of total coliforms. CONCLUSION: the physicochemical parameters comply with the standards established in the Guatemalan standard 29001, the microbiological parameters did not comply with the required standards, and the water is not suitable for direct human consumption, requiring treatment prior to distribution.

Keywords

quality, analysis, pollution, parameters, water quality

Introducción

Guatemala es un país muy biodiverso y rico en agua, y gracias a varios factores como la geografía, el clima y los diversos ecosistemas, constituye un recurso natural abundante, sin embargo, la inadecuada administración y gestión local del recurso hídrico, limitan la disponibilidad y sobre todo la calidad del agua para el consumo humano, exponiendo a la población al padecimiento de morbilidad de tipo gastrointestinal y al surgimiento de conflictividad social por el acceso al agua, sobre todo al considerar que la mayoría de las enfermedades gastrointestinales de origen parasitario, son transmitidas por el consumo de agua contaminada.

Basterrechea & Noriega (2019), indican que, Guatemala es en un territorio con excedentes de agua dulce, pero dicha condición no se refleja en la disponibilidad ni en el acceso para la población, afectando consecuentemente el bienestar social y económico y, consecuentemente, la calidad de vida. Por lo tanto, aunque existe una abundancia física del agua, a la vez existe una "escasez económica" del agua. Por su lado la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) et al. (2018), mencionan que en los últimos 15 años se ha incrementado la cobertura de servicios de agua, pero no se refleja una mejora en la calidad del líquido que se distribuye, ya que según lo reporta el Banco Mundial (2017), las estimaciones actuales indican que solo el 15 % de las fuentes de agua son desinfectadas antes de su distribución

El Banco Mundial (2017), indica que Guatemala desde el 2015 se unió al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS-, vigentes hasta el 2030, en los cuales el objetivo seis prioriza la disponibilidad y el manejo sostenible del agua y el saneamiento para todos, aspirando alcanzar el acceso universal y equitativo al agua potable, implementando la gestión integrada de los recursos hídricos, proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua, todo al año 2030. Por su parte Córdoba, Del Coco y Basualdo (2010), indican que el agua es un líquido incoloro e inodoro y el principal solvente universal presente en todas las formas existentes de vida, por lo que la calidad de la misma repercutirá en la salud de las personas y del ambiente.

El Instituto de Ambiente y Recursos Naturales -IARNA- y la Universidad Rafael Landívar –URL- (2012), mencionan que para los años 2009 y 2010, había 14 cuencas con alta contaminación física, biológica y contaminantes tóxicos, mientras que la Red Interamericana de Academias de Ciencias –IANAS- (2015), indica que el deterioro de la calidad del agua es un problema grande en el país, que afecta la salud de la población, de los ecosistemas acuáticos y las actividades económicas, por lo que mejorar la calidad del agua requiere voluntad política, fortalecimiento institucional, aplicación de la reglamentación y fuertes inversiones financieras.

La OMS (2008), indica que en es necesario reducir el impacto de la sociedad sobre el agua, y que las consecuencias de no hacerlo repercuten en la salud de la población, mientras que Córdoba, Del Coco y Basualdo (2010), mencionan que su escasez y mala calidad provocan cerca del 80% de la morbilidad en la sociedad, por lo que resulta necesario conservar las fuentes de agua para reducir o evitar la contaminación y con ello preservar la salud de la población; así mismo Monahan, citado por Escobar (2015), indica que la calidad del agua es un factor determinante del bienestar humano

ISSN: 2708-8103

El estudio tuvo un enfoque mixto de investigación, se evaluó el estado sanitario del agua y del entorno ecológico de dos fuentes que abastecen el sistema de distribución municipal para consumo humano, a través de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que definen su calidad, los resultados indican que física y químicamente el agua de ambas fuentes cumple con los estándares establecidos en la norma COGUANOR 20001 (2010), pero no cumple los parámetros microbiológicos requeridos por la norma, por lo que se considera agua no apta para consumo humano de manera directa, en el entorno ecológico no existen actividades socioeconómicas que sean fuentes de contaminación del agua de ambas fuentes.

Materiales y métodos

Se aplicó un enfoque mixto de investigación, analizando datos cuantitativos de parámetros que definen la calidad del agua, el alcance fue descriptivo y permitió describir cualitativamente las principales actividades socioeconómicas del entorno ecológico de las fuentes de agua. El estudio fue de tipo no experimental, no se manipularon variables, de corte longitudinal ya que la toma de datos se realizó en diferente temporalidad, y secuencial porque inicialmente se realizó el estudio longitudinal capturando información cuantitativa y posteriormente la recolección de datos cualitativos a través de entrevistas y observación directa en campo.

El universo de trabajo lo constituyó el agua proveniente de las dos fuentes que abastecen el sistema de distribución para el consumo humano en el casco urbano del municipio de Guastatoya, departamento de El Progreso, que son manantial o nacimiento natural y un pozo mecánico perforado con maquinaria especializada para extraer agua desde el manto freático local. De cada una de las fuentes productoras de agua (manantial y pozo mecánico), se tomaron tres muestras de agua en diferente temporalidad climática anual y se enviaron al laboratorio para el análisis físico-químico y microbiológico respectivo.

Resultados y Discusión

Según el Acuerdo Ministerial No. 523-2013 del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2013), se establece en Guatemala como norma de referencia para efectos de la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 "Agua para consumo humano o agua potable", la cual define los términos de Límite Máximo Aceptable –LMA- y Límite Máximo Permisible –LMP-, como rangos establecidos a tomar en cuenta en las características del agua que se utiliza para consumo humano.

ISSN: 2708-8103

Tabla 1

Principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos indicados en la norma COGUANOR 29001 que definen el "agua para consumo humano"

ANÁLISIS/PARÁMETRO	PARÁMETROS DE LA NORMA TÉCNICA COGUANOR NTG 29001	
	LMA	LMP
Color	5.00 u Pt/co[1]	35.00 u Pt/co
Olor	No rechazable	No rechazable
Conductividad	750 µS/cm[2]	1500 µS/cm
Dureza total ($CaCO_3$)	100.0 mg/L	500.0 mg/L
Nitratos (NO_3)	----------	45.0 mg/L
Nitritos (NO_2)	----------	3.0 mg/L
pH	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
S. totales disueltos	500.0 mg/L[3]	1000.0 mg/L
Turbiedad	5.0 UNT[4]	15.0 UNT
Hierro (Fe)	----------	0.3 mg/L
Calcio (Ca)	75 mg/L	150.0 mg/L
Magnesio (Mg)	50.0 mg/L	100 mg/L
Manganeso (Mn)	0.1 mg/L	0.4 mg/L
Sulfatos (SO_4^{-2})	100.0 mg/L	250.0 mg/L
Cloruros (Cl)	100 mg/L	250.0 mg/L
Coliformes Totales	No detectable en 100 mL de agua	
Coliformes Fecales	No presenta límites	
Escherichia coli	No detectable en 100 mL de agua	

Nota. Tomado de Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR 29001:2013

1 = Unidades de Platino y Cobalto (u Pt/Co) 2 = µS/cm

3 = miligramos por litro (mg/L) 4 = Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)

La tabla 1 muestra los valores del LMA y del LMP para los principales parámetros físicos y químicos, así como los parámetros microbiológicos que indica la norma COGUANOR 29001, cuyo rango marca los extremos de cada parámetro para ser considerada como agua apta para el consumo humano.

El análisis fisicoquímico del agua incluye la evaluación de aspectos como: olor, color, conductividad, turbiedad, sólidos totales disueltos, potencial de hidrógeno (pH), dureza total, nitratos, nitritos, hierro, calcio, magnesio, manganeso, cloruros y sulfatos, mientras que dentro del análisis microbiológico se evalúa la presencia de los Coliformes totales, Coliformes fecales y la Escherichia coli. El análisis de dichos aspectos permite determinar la calidad del agua que actualmente se distribuye para consumo humano en la cabecera municipal de Guastatoya, El Progreso.

ISSN: 2708-8103

Tabla 2

Comparación anual de resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos en muestra de agua del nacimiento El Amate, mayo 2019, octubre 2020 y junio 2021.

ANÁLISIS	LIMITES COGUANOR NTG 29001: 2013		RESULTADOS MUESTRAS DE AGUA		
	LMA	LMP	Mayo 2019	Octubre 2020	Junio 2021
Color	5.00 u Pt/Co*	35.00 u Pt/Co	1.0	< 1	0.0
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Conductividad	750 µS/cm	1500 µS/cm	612.6	394	394.7
Dureza total ($CaCO_3$)	100.0 mg/L	500.0 mg/L	513.2	209.6	492.0
Nitratos (NO_3)	----------	45.0 mg/L	1.4	7.0	0.7
Nitritos (NO_2)	----------	3.0 mg/L	0.19	< 0.011	0.013
pH	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5	7.4	7.08	7.59
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L	299.7	-------	193.9
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT	0.09	< 0.5	0.10
Hierro (Fe)	----------	0.3 mg/L	0.02	< 0.036	0.032
Calcio (Ca)	75 mg/L	150.0 mg/L	102.75	59.93	166.97
Magnesio (Mg)	50.0 mg/L	100 mg/L	62.34	14.55	18.21
Manganeso (Mn)	0.1 mg/L	0.4 mg/L	0.002	< 0.012	0.021
Sulfatos (SO_4^{-2})	100.0 mg/L	250.0 mg/L	15.0	8.0	0.0
Cloruros (Cl)	100.0 mg/L	250.0 mg/L	14.6	4.7	4.1
Coliformes totales	No detectable en 100 mL de agua		Detectables (14.6 NPM)	Detectables (4.6 NPM)	Detectables (17.0 NPM)
Coliformes fecales	No presenta límites		No detectables	No detectables	No detectables
Escherichia coli	No detectable en 100 mL de agua		No detectables	No detectables	No detectables

Nota: datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)
NMP = Número Más Probable

La tabla 2 muestra los resultados anuales obtenidos para los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua proveniente del nacimiento El Amate, así como los valores estandarizados del LMA y del LMP indicados en la norma COGUANOR 29001 cuyo rango marca los extremos de cada parámetro para ser considerada como agua para consumo humano.

Para el caso del agua proveniente del nacimiento El Amate, los parámetros físicos como color, olor, turbidez y sólidos disueltos, que corresponde a pruebas de tipo organoléptico, cumplen con la norma nacional COGUANOR NTG 29001, resaltando en este sentido que una turbidez alta evita que los tratamientos químicos sean efectivos contra el control de bacterias, mientras que la dureza total, que se refleja en la presencia de carbonatos de calcio, los resultados se acercan al Límite Máximo Permisible, tratándose entonces de un tipo de agua Dura, ya que, según la definición, se considera que el agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L.

Los parámetros químicos como la conductividad, el pH, elementos minerales y nitrogenados, sulfatos y cloruros, igualmente cumplen con la norma COGUANOR 29001, ya que la concentración de los mismos no se encuentra dentro de los rangos indicados tanto por el LMA y LMP, haciendo resaltar que en el ecosistema aledaño no se refleja el uso de fertilizantes químicos o de actividad agrícola, ya que no se presentan altas concentraciones tanto de nitraros como de nitritos. Así mismo, el agua no presenta problemas respecto a las concentraciones de Sulfatos, ya que se cumple con la norma específica y por lo tanto se está libre de padecimientos a la salud como purgante, vómitos y deshidratación por diarrea severa. Respecto al potencial de hidrógeno (pH), dicho parámetros también cumple con la norma específica lo cual es beneficioso para el manejo del sistema de distribución de agua, ya que según la Organización Mundial de la Salud –OMS- (2006), un valor de pH inferior a 6.5 produce intensa corrosión en las tuberías del sistema de distribución, y en

ISSN: 2708-8103

el otro extremo, un valor de pH superar los 8.5, reduce la eficacia de la desinfección del agua utilizando cloro.

El contenido de Hierro (Fe) en el agua indica que se cumple con lo requerido por la norma COGUANOR, resaltando que las acumulaciones de hierro en las canalizaciones y en los depósitos puede ser motivo de crecimiento de bacterias, indicando Clesceri, citado por Barahona (2017), que dicho elemento es una fuente de energía para muchas de las bacterias. Finalmente, el análisis microbiológico indica que no se cumple con la norma técnica, y se considera por lo tanto como agua sanitariamente no segura para el consumo humano de manera directa, ya que hay presencia de bacterias de tipo coliformes totales, y según lo comentan Rock y Rivera (2014), la presencia de dichos organismos en el agua, son indicadores de enfermedades gastrointestinales que afectan severamente la

Tabla 3

Comparación anual de resultados de los tres análisis fisicoquímicos en muestra de agua del Pozo mecánico Los Mangos, mayo 2019, octubre 2020 y junio 2021

ANÁLISIS	LÍMITES COGUANOR NTG 20001: 2013		RESULTADOS MUESTRAS DE AGUA		
	LMA	LMP	Mayo 2019	Octubre 2020	Junio 2021
Color	5.00 u Pt/Co[1]	35.00 u Pt/Co	1.0	< 1	0.0
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Conductividad	750 µS/cm	1500 µS/cm	610.6	516	508.0
Dureza total ($CaCO_3$)	100.0 mg/L	500.0 mg/L	513.2	238.8	399.2
Nitratos (NO_3)	----------	45.0 mg/L	1.4	5.0	6.7
Nitritos (NO_2)	----------	3.0 mg/L	0.19	< 0.011	0.016
pH	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5	7.4	7.34	7.5
S. totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L	299.7	---------	249.4
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT	0.09	< 0.5	0.20
Hierro (Fe)	----------	0.3 mg/L	0.02	0.047	0.026
Calcio (Ca)	75 mg/L	150.0 mg/L	102.76	66.20	85.28
Magnesio (Mg)	50.0 mg/L	100 mg/L	62.34	17.85	45.21
Manganeso (Mn)	0.1 mg/L	0.4 mg/L	0.002	< 0.012	0.011
Sulfatos (SO_4^{-2})	100.0 mg/L	250.0 mg/L	15.0	27	8.0
Cloruros (Cl)	100.0 mg/L	250.0 mg/L	14.6	24.2	6.09
Coliformes totales	No detectable en 100 mL de agua		Detectables (2.0 NPM)	No Detectables	Detectables (2.0 NPM)
Coliformes fecales	No presenta límites		No detectables	No detectables	No detectables
Escherichia coli	No detectable en 100 mL de agua		No detectables	No detectables	No detectables

Nota: datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (*LAFYM*)
NMP = Número Más Probable

La tabla 3 muestra los resultados anuales obtenidos para los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua proveniente del pozo mecánico Los Mangos, así como los valores estandarizados del LMA y del LMP indicados en la norma COGUANOR 29001 cuyo rango marca los extremos de cada parámetro para ser considerada como agua para consumo humano.

Para el caso del agua proveniente del pozo mecánico Los Mangos, el comportamiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, es similar a los resultados del nacimiento El Amate, ya que los parámetros físicos como color, olor, turbidez y sólidos disueltos, cumplen con la norma nacional COGUANOR NTG 29001, resaltando en este caso que igualmente la dureza se acercan al Límite Máximo Permisible, tratándose por lo tanto tam-

ISSN: 2708-8103

bién de agua tipo Dura, en base a la concentración de carbonatos de calcio presente en el agua de dicha fuente.

Los parámetros químicos como la conductividad, el pH, elementos minerales y nitrogenados, sulfatos y cloruros, al igual que para el caso del nacimiento El Amate, se cumplen con la norma COGUANOR 29001, ya que la concentración de los mismos no se encuentra dentro de los rangos indicados tanto por el LMA y LMP, e igualmente se evidencia la inexistencia de actividad agrícola alguna o uso de fertilizantes químicos en el ecosistema aledaño a la fuente en referencia. Tanto los Sulfatos como el pH y los cloruros, no están afectando la calidad del agua del pozo mecánico Los Mangos, ya que la concentración de los mismos se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional específica, por lo que no se corre el riesgo de ciertos padecimientos de la salud derivado de altas concentraciones de dichos elementos, y tampoco es una amenaza para el manteamiento de la tubería del sistema de distribución de agua y no afectan el proceso de tratamiento químico del agua previa a su distribución

Finalmente, el análisis microbiológico del agua que proviene del pozo mecánico Los Mangos, igualmente indica que no se cumple con las especificaciones contenidas en la norma técnica nacional COGUANOR 29001, considerándose entonces de manera similar que la otra fuente, como agua sanitariamente no segura para el consumo humano de manera directa, ya que es detectable cierta cantidad de bacterias del tipo coliformes totales, las que de hecho son indicadores de la presencia en las personas que consumen dicha agua, de enfermedades de tipo gastrointestinal que favorecen la morbilidad estomacal de la población.

Cárdenas (2016), citando a la OMS, indica que el agua en su recorrido de infiltración por el interior del suelo, recoge materia en suspensión y microorganismos vivos como bacterias, que luego son depositados en el agua subterránea, convirtiéndose esta situación, en una posible causa de la presencia o detección de dichas bacterias en el agua de esta y la anterior fuente productora. Por su parte Cervantes (2004), realizó un estudio sobre evaluación de la calidad del agua potable de Guastatoya, El Progreso, llegando a la conclusión que física y químicamente, el agua distribuida se encuentra dentro de los límites LMA y LMP, no así para el examen bacteriológico debido a la presencia de las diferentes bacterias que generan contaminación biológica, notándose el mismo comportamiento en el presente estudio, al determinarse igualmente que el agua desde el punto de vista microbiológico, no es apta para el consumo humano de manera directa.

ISSN: 2708-8103

Tabla 4

Principales actividades socioeconómicas del entorno ecológico alrededor de las fuentes de agua.

FUENTES DE AGUA	COORDENADAS	ALTITUD (msnm)	ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS DEL ENTORNO (50 metros alrededor)				
			NORTE	SUR	ESTE	OESTE	Régimen de la propiedad
Nacimiento El Amate	Latitud N: 14° 50' 07.55" Longitud W: 90° 04' 22.47"	525	Vegetación natural arbórea	Vegetación natural arbórea	Balneario y rio, corriente permanente, calle de terracería de por medio	Monte seco, matorral,	Privado
Pozo mecánico Los Mangos	Latitud N: 14° 50' 19.25" Longitud W: 90° 04' 18.82"	530	Viviendas particulares	Calle de terracería	Río, corriente permanente,	Monte seco, matorral, calle pavimentada de por medio	Privado

Nota. **Información** obtenida en campo a través de observación directa y entrevista con autoridades municipales

La tabla 4 muestra una descripción general de las principales actividades socioeconómicas identificadas alrededor de las fuentes productoras de agua, que definen el entorno ecológico predominante en un radio de 50 metros a la redonda a partir de cada fuente de agua.

El ecosistema aledaño ubicado alrededor de las fuentes de agua, no representa una amenaza que atente contra la integridad o calidad del agua de las mismas, ya que ninguna de las actividades socioeconómicas identificadas alrededor de cada fuente, en un radio de 50 metros alrededor, implica la utilización de materiales que puedan perjudicar física, química o microbiológicamente el agua de las fuentes, ya que hay predominio de presencia de bosques frondosos protegidos que proporcionan sombra natural a las fuentes, y presencia de bosque bajo seco, tipo matorral, que no ha tenido ningún tipo de manejo o uso en los últimos cinco años, por lo que igualmente no representa amenaza que altere la calidad del agua de las fuentes.

ISSN: 2708-8103

Referencias

Banco Mundial. (2017). Diagnóstico de agua, saneamiento e higiene y su relación con la pobreza y nutrición en Guatemala. Washington, D.C. http://documentos.bancomundial.org/curated/es/845711520948334504/pdf/124240-WP-PUBLIC-WWPDGuatemalaSP.pdf

Basterrechea, M., & Noriega, A. G. (2019). Recursos hídricos. Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. Guatemala: Editorial Universitaria UVG, 86-107. https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/07/1RepCCGuaCap5.pdf

Barahona Santos, L. O. (2017). Análisis de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua del pozo que distribuye a una colonia de la zona 2 de Boca del Monte, Villa Canales, Guatemala. [Tesis de licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/library/index.php?title=7887&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=GARCIA%20BOLANOS,%20JULIA%20@mode=&recnum=3

Cardenas Garrido, J. (2016). Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable que se distribuye en el municipio de Zaragoza, Chimaltenango. [Tesis de licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/library/index.php?title=3560&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=GARCIA%20BOLANOS,%20JULIA%20@mode=&recnum=7

Cervantes Martínez, S. M. (2004). Evaluación de la calidad del agua potable de Guastatoya cabecera departamental, El Progreso. [Tesis de licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/library/index.php?title=1312&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=GARCIA%20BOLANOS,%20JULIA%20AMPARO%20@mode=&recnum=33

Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2010). Agua para consumo humano. Especificaciones. Guatemala.
https://dokumen.tips/documents/coguanor-ntg-29-0012010061 1.html?page=1

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), & Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). La economía del cambio climático en Guatemala - Documento técnico 2018. Ciudad de México. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43725/1/S1800650_es.pdf

Córdoba, M., Del Coco, V. y Basualdo, J. (2010). Agua y salud humana. Química Viva, 9(3), 105-119. https://www.redalyc.org/pdf/863/86315692002.pdf

Escobar, A. P. (2015). Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Análisis Microbiológico del Agua del Pozo Municipal Ubicado en la Aldea de La Faja, del Municipio de Chiquimulilla, Departamento de Santa Rosa. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/library/index.php?title=4946&lang=en&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=GARCIA%20BOLANOS,%20JULIA%20AMPARO%20@mode=&recnum=37

ISSN: 2708-8103

Hernández Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana. https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf

Instituto de Ambiente y Recursos Naturales -IARNA-, Universidad Rafael Landívar -URL (2012). Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40177

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). (2013) Acuerdo Ministerial Número 523-2013. Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano. Guatemala. https://leyes.infile.com/index.php?id=182&id_publicacion=68847#:~:text=ACUERDO%20MINISTERIAL%20523%2D2013&text=Se%20acuerda%20emitir%20%22Manual%20de,del%20Agua%20para%20consumo%20Humano%22.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). Guías para la calidad del agua potable. https://hdl.handle.net/20.500.12543/4624

Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). (2015). Desafíos del agua urbana en las Américas. México, D.F. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002452/245202s.pdf

Rock, C. & Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. coli y su salud.
https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf

Sobre el autor

Luis Arturo Méndez
Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, actualmente profesor interino en la carrera de Agronomía del Centro Universitario de El Progreso de la USAC, docente investigador registrado con número de RUI 1354 en la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos. Ocupó por dos años el puesto de coordinador de la Unidad de Investigación del Centro Universitario de El Progreso y se coordinó en el año 2020 la ejecución de tres proyectos financiado con fondos de la DIGI. Maestría en Investigación.

Declaración de intereses

Declaro no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

ISSN: 2708-8103

Copyright (c) 2023 Luis Arturo Méndez

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.
Fomentamos la ciencia abierta, usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: usted debe reconocer el créditode una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.

Descargo de responsabilidad: las opiniones expresadas en los manuscritos son responsabilidad exclusiva de los autores. No necesariamente reflejan las opiniones de la editorial ni la de sus miembros.

ISSN: 2708-8103