

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Calidad del agua en fuentes usadas para consumo humano en 14 comunidades del El Viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020

Water quality in sources used for human consumption in fourteen communities of El Viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020

César Aguirre

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria (UNA), Nicaragua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9363-6627/caguirre@ci.una.edu.ni>



RESUMEN

En el país la contaminación relacionada con actividades socioeconómicas y procesos naturales, afecta la calidad del agua de consumo humano. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del agua en fuentes empleadas para el uso doméstico en comunidades del municipio El Viejo, con el propósito de generar recomendaciones que contribuyan a reducir el riesgo de enfermedades de origen hídrico. En 2020 se realizó el estudio en 14 comunidades de El Viejo, como parte del convenio de colaboración entre la Universidad Nacional Agraria y la Agencia Católica Irlandesa para el Desarrollo (Trocaire). El estudio de carácter cualitativo evaluó la calidad del agua para consumo humano, utilizando 10 parámetros físico-químicos (mediante cintas indicadoras y multímetro HACH) y dos microbiológicos (utilizando Phatoscreen y Readycult Coliforms) en 12 pozos perforados que abastecen miniacueductos y ocho pozos excavados a mano para uso familiar o comunitario. Las fuentes estudiadas abastecen a 1 496 familias (5 760 personas). Los valores obtenidos de los parámetros físico – químicos indican que el agua de la mayoría de las fuentes es aceptable para el consumo, según las Normas de calidad del agua para consumo humano (Norma regional CAPRE) y las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, para reducir altos valores de dureza y salinidad en algunos pozos se sugiere realizar tratamiento al agua destinada al consumo. Desde el punto de vista de la calidad biológica, entre el 75 % (muestreo de julio) y el 85 % de las fuentes (muestreo de noviembre), el consumo de agua representaba riesgo para la salud debido a la contaminación con bacterias del grupo coliformes y/o *Escherichia coli*, causantes de enfermedades diarreicas. La presencia de fosfato, amonio y/o nitrato en varias de las fuentes muestra una

ABSTRACT

In the country, pollution related to socio-economic activities and natural processes affects the quality of water for human consumption. The objective of this research was to evaluate the quality of water in sources used for domestic use in communities of the municipality of El Viejo, with the purpose of generating recommendations that contribute to reducing the risk of diseases of water origin. In 2020, the study was carried out in 14 communities of El Viejo, as part of the Collaboration Agreement between the Universidad Nacional Agraria and the Irish Catholic Agency for Development (Trocaire). The qualitative study evaluated the quality of water for human consumption, using 10 physico-chemical parameters (using indicator tapes and HACH multimeter) and two microbiological parameters (using Phatoscreen and Readycult Coliforms) in 12 drilled wells that supply mini-aqueducts and eight wells dug by hand for family or community use. The sources studied supply 1 496 families (5 760 people). The values obtained from the physical-chemical parameters indicate that water from most sources is acceptable for consumption, according to the Water Quality Standards for Human Consumption (CAPRE Regional Standard) and the World Health Organization Guidelines for the Quality of Water for Human Consumption. However, to reduce high values of hardness and salinity in some wells, it is suggested to treat the water intended for consumption. From the point of view of biological quality, between 75% (July sampling) and 85% of the sources (November sampling), water consumption posed a health risk due to contamination with bacteria of the coliform group and/or *Escherichia coli*, which cause diarrhoeal diseases. The presence of phosphate, ammonium and/or nitrate in several of the sources shows a trend of contamination by organic and inorganic waste,

Recibido: 12 de agosto del 2021
Aceptado: 6 de julio del 2022



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

tendencia de contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos, arrastrados por el agua de áreas aledañas. Los resultados sugieren la necesidad de elaborar el Plan de Seguridad del Agua para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano.

Palabras clave: características fisicoquímicas y microbiológicas, agua para consumo.

washed away by water from surrounding areas. The results suggest the need to develop the Water Security Plan for each source, in order to ensure the application of good practices in the supply of water for human consumption.

Keywords: physicochemical and microbiological characteristics, water for consumption.

En el marco de las discusiones sobre el desarrollo y ambiente, se reconoce que además de los mecanismos financieros para la adaptación y mitigación de los efectos adversos del cambio climático, se requiere de procesos de educación, concienciación, comunicación y participación ciudadana, transferencia de tecnologías, en los que las Universidades juegan un papel fundamental.

La experiencia del proyecto UNA – TROCAIRE “Fortalecimiento de capacidades de entidades socias Trocaire para el desarrollo de medios de vida sostenibles y resilientes” refleja que las actuaciones para enfrentar la pobreza, exclusión y deterioro de los medios de vida en los territorios de incidencia de las entidades socias demanda un abordaje integral, incluyendo procesos de investigación-extensión que identifique las causas de los problemas y las alternativas de solución.

Entre las intervenciones de los proyectos de las entidades socias Trocaire, se encuentra el apoyo al mejoramiento del acceso al agua en las comunidades de los territorios de intervención, que incluye equipos (bombas de mecate, bombas eléctricas) y materiales (cemento, ladrillos, arena) para la construcción o mejoramiento de la infraestructura de pozos y manantiales; además, desde hace varios años se vienen realizando estudios de calidad de agua, como parte de la estrategia para la toma de decisiones en agua y saneamiento. Se ha detectado que generalmente los pobladores no perciben fácilmente el riesgo de contaminación de las fuentes de agua por un mal manejo de ésta; no obstante, cuando se les presenta los resultados del monitoreo de la calidad del agua de las fuentes que utilizan, toman conciencia de los riesgos de contaminación y se disponen a aplicar medidas de manejo del agua para evitar enfermedades.

La calidad del agua se refiere a las características fisicoquímicas y microbiológicas, que determinan su aceptación o rechazo. Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2018), “la evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo humano se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia” (p. 30). Afortunadamente, en lo que respecta a la mayor parte de sustancias químico que podrían estar presentes en el agua, éstas constituyen un peligro cuando ocurre una exposición prolongada a dichas sustancias.

En lo que se refiere a la calidad microbiológica del agua, ésta “se basa en el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, usualmente se elige *Escherichia coli* o coliformes termotolerantes” (WHO, 2018, p. 30). La presencia de la bacteria *Escherichia coli* constituye una prueba concluyente de reciente contaminación fecal, por lo cual no debe estar presente en el agua de consumo humano. La *E. coli* es causante de enfermedades diarreicas, principalmente en grupos vulnerables como niños menores de cinco años y personas de la tercera edad.

El análisis de la calidad microbiológica del agua es particularmente importante en condiciones de acuíferos poco profundos, como es el caso del municipio El Viejo, donde las fuentes están expuestas a diversos focos contaminantes. Martínez-Santos *et al.* (2017) señala que “la densidad de población, pozos y letrinas son identificados como predictores estadísticos de la contaminación fecal a diferentes escalas espaciales”.

De acuerdo con el Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST, 2013), “se conocen cinco métodos para analizar la calidad del agua: observación, equipos portátiles, laboratorio móvil, laboratorio comercial y montaje de laboratorio propio para un proyecto”.

El presente estudio consistió en una evaluación de la calidad física-química y bacteriológica del agua para consumo humano, en las fuentes donde se abastece mayor cantidad de población de 14 comunidades atendidas por la Asociación para el Desarrollo Integral de la Mujer (APADEIM) en el municipio El Viejo – Chinandega, Nicaragua, con el propósito de generar información que contribuya a la toma de decisiones para el acceso al agua segura por parte de las familias de esas comunidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de El Viejo está ubicado en el extremo occidental del país, cuenta con una extensión territorial de 1 274.91 km², clima subtropical cálido, altitud promedio de 43 msnm. Las principales actividades económicas son la agricultura (principalmente el cultivo de caña de azúcar, maní, plátano y granos básicos), turismo y pesca (FIDEG, 2012).

El estudio se realizó en 20 fuentes de 14 comunidades del municipio El Viejo (Figura 1); 12 corresponden a pozos perforados, la mayoría abastece mini acueductos por bombeo

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

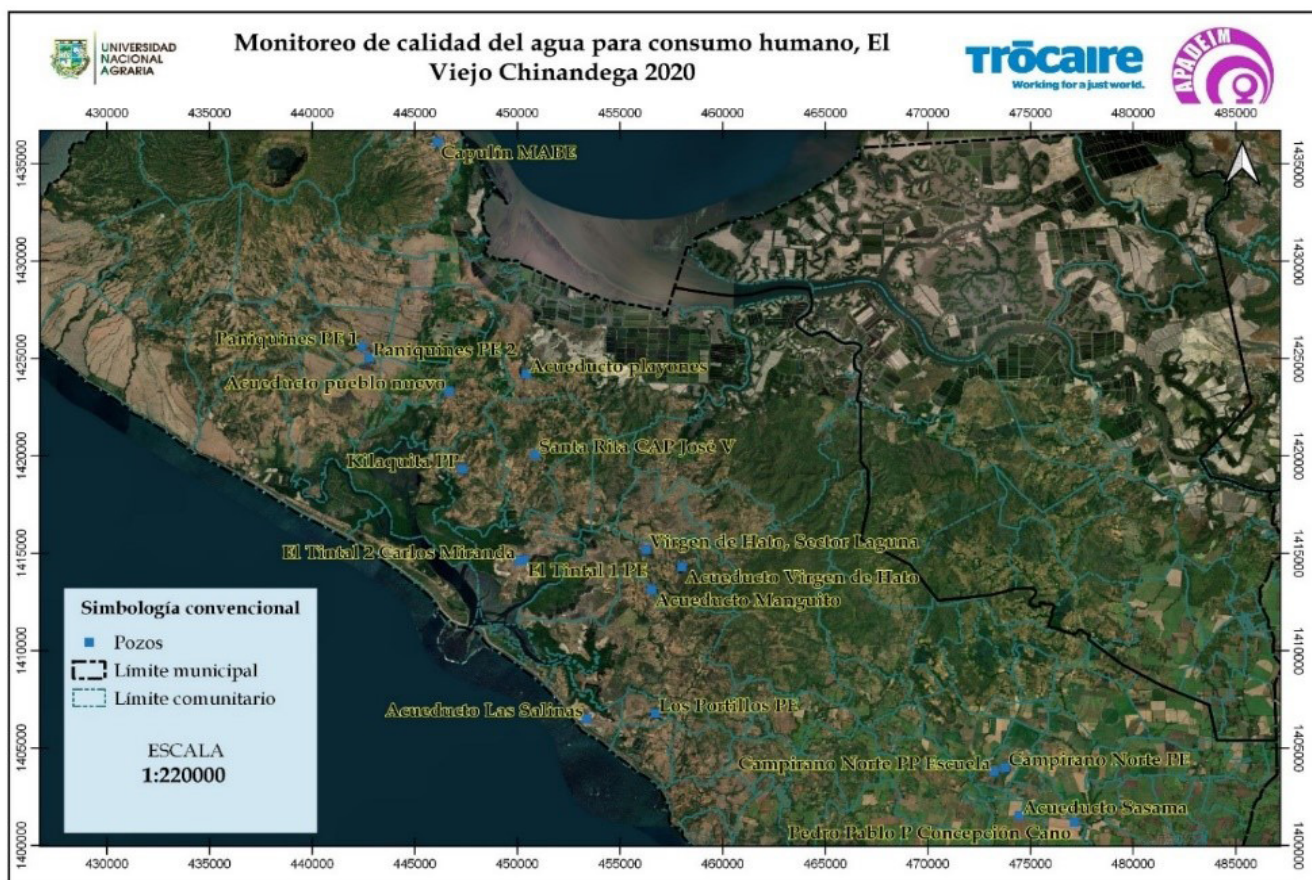


Figura 1. Mapa de ubicación de fuentes de agua evaluadas en el municipio El Viejo, Chinandega, Nicaragua.

eléctrico, y ocho son pozos excavados a mano, ambos de uso familiar y/o comunitario. La selección de las fuentes se realizó en conjunto con la entidad social Trocaire, la Asociación para el Desarrollo Integral de la Mujer (APADEIM), tomando como criterio su importancia en el abastecimiento de agua para consumo humano por parte de beneficiarios/as de APADEIM y habitantes de las comunidades mencionadas.

El estudio tuvo un carácter cualitativo, ya que consistió en la observación en las fuentes y la medición mediante kit portátil 10 parámetros fisicoquímicos y dos microbiológicos, los cuales están relacionados con la calidad del agua para consumo humano. El método de observación es fácil, rápido, económico y brinda información sobre las causas de la contaminación; mientras que el uso de kit portátil es fácil, menos costoso, se obtienen resultados en poco tiempo y permiten la participación de actores locales en el proceso de análisis.

La interpretación de resultados se hizo mediante la comparación de los valores obtenidos en el muestreo con lo establecido en la Normas de calidad del agua para consumo

humano (Norma regional CAPRE) y las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (WHO). Se realizaron dos muestreos, uno en julio y el otro en noviembre de 2020.

Cuadro 1. Parámetros de calidad del agua y métodos de medición

Parámetros	Test de campo
Fisicoquímico	
Cloro total y residual	HACH, Test Strips for 5-in-1
pH, dureza, sólidos totales disueltos, alcalinidad, salinidad	Multitester Hach, Test Strip 5 in 1
Nitrato y Nitrito	Test strip for Nitrate Nitrite HACH
Fosfato	Test strip for Phosphate HACH
Amonio	Test strip for Ammonia HACH
Arsénico	Hach Arsenic Test Kit HACH
Bacteriológico	
Coliformes totales	Presencia/ausencia PathoScreen HACH
Escherichia coli	Readycult Coliforms (segundo muestreo)

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ubicación de las fuentes de agua y factores de riesgo.

Las 20 fuentes de agua por comunidad corresponden a: Las Parcelas (1), Capulines (1), Paniquines (2), Pueblo Nuevo (1), Playones (1), Kilaquita (1), Santa Rita (1), Virgen de Hato (2), El Manguito (1), El Tintal (2), Los Portillos (1), Las Salinas (1), Campirano (2), Sasama (2), Pedro Pablo (1), las cuales suministran agua a un aproximado de 1 496 familias (5 760 personas). Doce fuentes corresponden a pozos perforados, la mayoría abastece mini acueductos por bombeo eléctrico, presentan infraestructura de concreto y cerca de protección; ocho son pozos excavados a mano ubicados en patios de las viviendas, la mayoría con brocal, bomba de mecate y delantal, pero algunos carecen de delantal. En varias de las fuentes (Figuras 2 y 3) se observaron factores de riesgo, tales como desechos orgánicos e inorgánicos, áreas de cultivo donde se usan agroquímicos, animales domésticos, charcas y aguas grises.



Figura 2. Pozo perforado, comunidad Campirano Norte.



Figura 3. Pozo excavado a mano, comunidad Paniquines.

Los valores obtenidos de la evaluación de parámetros físico – químicos en agua de los pozos perforados (Cuadro 2 y 3) y excavados a mano (Cuadro 4), indican que el agua de la mayoría de las fuentes es aceptable para el consumo, ya que están por debajo del Valor Recomendado o Máximo Admisibles establecidos en la Norma regional CAPRE (1994) y/o las Guías de Calidad de Agua de la OMS (WHO, 2018). Según la WHO (2018, p. 8), “puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo humano; sin embargo, solo unos pocos representan un peligro inmediato para la salud en alguna circunstancia determinada”. Pero, es necesario analizar el comportamiento de ciertos parámetros que a mediano a largo plazo pueden representar riesgo para la salud de los habitantes que utilizan el agua de las fuentes estudiadas.

Dureza. El 20 % de las fuentes de agua presentan valores de dureza igual o mayor a los 400 mg/L, que es el Valor Recomendado por la Norma regional CAPRE (1994). La dureza en el agua se debe a una alta concentración de varios compuestos, principalmente carbonatos de calcio y magnesio. Aunque no hay consenso en cuanto a los efectos perjudiciales de consumir aguas duras; Mora *et al.* (2000) reportan una correspondencia entre los cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en comunidades rurales de Costa Rica, concluyendo que el consumo prolongado de aguas que presentaban concentraciones mayores de 120 mg/l de CaCO₃ (carbonato de calcio), representa un factor de riesgo para el padecimiento de este tipo de enfermedad. Un punto a dar seguimiento es el consumo de aguas muy duras por parte de las personas que trabajan en el campo; según la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Boston (2009), es conocido que los cálculos renales ocurren más comúnmente en personas que trabajan a altas temperaturas ambientales, por lo que puede haber un mayor riesgo de padecer este problema y posiblemente está relacionado con la Enfermedad Renal Crónica en Nicaragua.

Partiendo del principio de precaución, que exige en caso de amenaza a la salud y en una situación de incertidumbre científica se requiere tomar las medidas apropiadas para prevenir el daño, analizar opciones de tratamiento del agua que reduzcan la dureza del agua. Rodríguez y Rodríguez (2010), “recomienda el pre-tratamiento de las aguas muy duras aplicando la técnica de ablandamiento con Cal - Soda, para reducir la dureza temporal y la dureza permanente, respectivamente” (p. 26).

Por otro lado, su uso afecta actividades domésticas y de aseo personal; según Rodríguez y Rodríguez (2010) el agua dura no produce espuma con el jabón por lo que dificulta la limpieza, formando un residuo duro y grisáceo en las superficies, telas, piel y cabello cuando se realiza el lavado.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Cuadro 2. Resultado de parámetros evaluados en pozos perforados en comunidades de El Viejo – Chinandega

Análisis	Capulín		Las Parcelas		Manguito		Las Salinas		Pueblo Nuevo		Los Playones		VR (VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	425	425	425	400	330	180	180	80	310	330	330	330	400
Alcalinidad (ppm)	210	210	240	240	210	150	150	100	210	180	180	150	
pH	7.2	7.4	7.7	7.8	7	7.2	7	7	7	6.7	7.2	7.2	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos (ppm)	940	885	1275	1115	425	412	213	141	383	316	385	335	(1000)
Conductividad eléctrica (uS/cm)	-	1240	1830	1620	606	590	306	205	550	445	550	478	400
Salinidad (ppm)	1350	580	915	812	290	281	143	94	260	213	248	227	
Nitrato (ppm)	0	5	0	0	2	0	2	0	1.5	3	2	2	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1)
Fosfato (ppm)	30	5	50	5	15	5	20	5	30	10	30	10	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0	1	3	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0.25	0.05 (0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0.01	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0 (0.01)
Coliformes	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	0
Escherichia coli	-	Si	-	Si	-	No	-	No	-	Si	-	Si	0

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

Cuadro 3. Resultado de parámetros evaluados en pozos perforados en comunidades de El Viejo - Chinandega

Análisis	Santa Rita		Kilakita		Campirano Norte		Virgen de Hato		Loma Burro - Sasama		Sasama		VR (VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	180	80	80	180	400	330	180	180	330	180	330	180	400
Alcalinidad (ppm)	150	60	60	150	240	210	210	150	210	150	210	150	
pH	6.7	6.6	6.5	6.8	7.2	7.3	7.1	7.4	7.3	7.4	7.1	7.7	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos (ppm)	259	142	138	232	443	470	280	368	242	250	212	260	(1000)
Conductividad eléctrica (uS/cm)	377	206	145	334	634	477	400	527	346	358	310	345	400
Salinidad (ppm)	170	156	89	156	303	325	190	227	166	170	139	163	
Nitrato (ppm)	0.5	3	3	0	10	15	3	5	7	10	3	2	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	(1)
Fosfato (ppm)	20	30	5	5	30	5	20	5	50	15	30	5	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.05 (0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0 (0.01)
Coliformes	No	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	No	0
Escherichia coli	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	0

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

Como puede apreciarse en los Cuadros 2 y 3, en siete de los 12 pozos perforados, se encontró que el valor de la conductividad eléctrica está por encima del Valor Recomendado; sin embargo, tanto en la Norma regional CAPRE (1994), así como en la Guías de Calidad de Agua de la OMS (WHO, 2018), no se hace referencia a un valor máximo admisible, al parecer porque a la fecha no se ha establecido

relación con enfermedades de origen hídrico. Asimismo, resalta el hecho de que en el muestreo de julio alrededor de la mitad de estos pozos no mostraron presencia de bacterias del tipo coliformes, pero en el muestreo de noviembre en la mayoría se encontró contaminación por coliformes y *E. Colli*.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Cuadro 4. Resultado de parámetros evaluados en pozos excavados a mano en comunidades de El Viejo, Chinandega

Análisis	Virgen Hato		El Tintal		El Tintal 2		Paniquines		Paniquines 2		Los Portillos		Campirano Norte		Pedro Pablo		VR* (VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	330	330	425	330	330	330	330	330	280	180	180	180	400	330	330	330	400
Alcalinidad (ppm)	210	150	210	210	210	210	210	210	180	180	150	200	240	210	210	210	
pH	7	7.1	7.2	7.6	7.2	7.2	7.7	7	7	7	7	7.3	7.2	7.2	7	7.4	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos (ppm)	410	1022	805	667	401	620	527	578	383	350	272	420	546	590	244	431	(1000)
Conductividad eléctrica (Us/cm)	586	1463	1145	951	575	882	753	803	549	498	341	603	783	851	358	603	400
Salinidad	280	718	566	461	274	427	365	387	260	242	185	291	376	414	167	295	
Nitrato (ppm)	2	15	3	2	3	10	5	5	15	5	2	3	10	5	5	3	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1)
Fosfato (ppm)	15	0.5	15	5	20	5	30	5	22	5	20	5	30	5	30	5	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0	0.25	0	0.23	0	0.25	0.25	0.3	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.05 (0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Coliformes	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
<i>Escherichia coli</i>	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-	-	SI	

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

En el Cuadro 4 se aprecia que en los pozos excavados a mano se encontró que al igual que en los pozos perforados el valor de la conductividad eléctrica está por encima del Valor Recomendado. De igual manera, es notorio que en los dos muestreos se registró contaminación por coliformes y *E. Colli*.

Conductividad y salinidad. La mayoría de las fuentes presentan valores de conductividad por encima del valor recomendado, expresado en microSiemens por centímetro (400 uS/cm); asimismo, en varias se presentaron valores altos de salinidad, lo cual indica una relación estrecha entre estos parámetros. Tal como plantea Zhen (2009), la conductividad es un indicador de infiltración de aguas salinas (sencillo, rápido y barato). En este sentido, se puede decir que los valores altos de conductividad se relacionan con la intrusión de aguas salinas, considerando que varias de las comunidades están cercanas a la costa y la mayoría de las fuentes se encuentran por debajo de 40 metros sobre el nivel del mar (msnm). A futuro, sería recomendable investigar si la invasión del agua de mar en los acuíferos cercanos a la costa también está vinculada al bombeo excesivo de agua, puesto que en los alrededores de las fuentes estudiadas se realiza el riego de amplias áreas de cultivo de caña de azúcar y/o hay granjas de cultivo de camarón.

Nitrato, nitrito y amonio. En la mayoría de las fuentes se registra nitrato por debajo de nivel recomendado (25 mg/L) y amonio (en al menos uno de los muestreos) por debajo del nivel máximo admisible (0.5 mg/L); sólo en una fuente se detectó nitrito por debajo del nivel máximo admisible (1 mg/L). Esto puede estar relacionado con la presencia de letrinas, estiércol y el uso de fertilizantes nitrogenados en áreas de cultivo aledañas. Según la OMS (2018, p. 466), “el nitrato puede llegar tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas debido a la actividad agrícola (incluida la aplicación excesiva

de fertilizantes nitrogenados inorgánicos y estiércol), a la disposición de aguas residuales y a la oxidación de desechos nitrogenados en excretas humanas y de animales”. Parte de la importancia de las sustancias nitrogenadas en el agua, tiene que ver con la dinámica de este elemento; cuando se ingiere agua con nitratos, éstos se transforman en nitritos en el intestino, los cuales se pasan a la sangre y ahí oxidan al hierro de la hemoglobina. En particular, “se debe evitar que los niños menores de seis meses consuman agua con nitritos por encima del Valor Máximo Admisible, para proteger contra la metahemoglobinemia inducida por nitrito tanto de fuentes endógenas como exógenas a los lactantes alimentados con biberón” (OMS, 2018, p. 467).

Fosfatos. En todas las fuentes se detectó la presencia de fosfatos en el agua por debajo del nivel máximo admisible (30 mg/L). Aunque no se reporta efectos perjudiciales a la salud de las personas por el consumo de agua con este compuesto, interesa conocer la manifestación de este compuesto en el agua en vista que es un indicador de contaminación. De acuerdo con el CAWST (2013), el fosfato es usado en fertilizantes agrícolas, en dentífricos y detergentes. Agregar niveles elevados de fosfato al entorno natural puede tener consecuencias ecológicas significativas. En este sentido, al igual que las sustancias nitrogenadas, el origen del fosfato en el agua parece estar relacionado con el uso fertilizantes y la descomposición de la materia orgánica en áreas de cultivo aledañas, así como, del arrastre de aguas grises proveniente de lavaderos y baños ubicados cerca de las fuentes.

Coliformes y *Escherichia coli*. En el muestreo de julio, alrededor del 75 % de las fuentes se encontró contaminación por bacterias del grupo coliformes, mientras que en el mes de noviembre el 85 % de las fuentes presentó contaminación por coliformes y *E. Colli*, lo cual indica que el consumo de

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

agua de dichas fuentes representa un riesgo para la salud, ya que estos organismos son responsables de enfermedades gastrointestinales, principalmente en grupos vulnerables. Según la OMS (2018, p. 2) “los que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños pequeños, las personas debilitadas y los adultos mayores”.

El segundo muestreo realizado en noviembre (23 y 24) se hizo posterior al paso de los huracanes Eta (5 de noviembre) y Iota (17 de noviembre) que impactaron en la Región del Caribe Norte de Nicaragua, pero que generaron precipitaciones torrenciales en la mayor parte del país. Al parecer, las fuertes lluvias originadas por estos huracanes causaron el arrastre de bacterias de los grupos Coliformes y *E. coli* hacia la fuente, provenientes de letrinas o estiércol ubicado aguas arriba de las fuentes y áreas aledañas. De acuerdo con la OMS (2018, p. 31), “la *Escherichia coli* proporciona pruebas concluyentes de reciente contaminación fecal y no debe estar presente en el agua de consumo humano”. Por su parte, Martínez-Santos *et al.* (2017), indican que las fuentes de agua mejoradas pueden proporcionar algún tipo de protección adicional sobre los pozos domésticos, pero también es igual de probable que se contaminen si están sujetas a una carga contaminante significativa.

Como puede apreciarse, la calidad del agua para consumo en las comunidades estudiadas se ve afectada por la contaminación de los acuíferos, procedente de factores de riesgo alrededor de las fuentes. Tal como plantean Montenegro y Jiménez (2009), las aguas subterráneas en la planicie de Occidente se presentan en un manto acuífero somero que ha sido contaminado desde la zona no saturada, desde los pozos excavados artesanalmente, o desde los ríos que han recibido la escorrentía superficial de los campos de cultivo.

La situación descrita refleja la necesidad de tratar el agua de consumo, ya sea mediante el uso de filtro o clorando el agua para consumo en el hogar. Al respecto la OMS (2018, p. 168), plantea que “el abordaje del tratamiento domiciliario del agua tiene el potencial de impactar de manera positiva y rápida en la salud donde no hay posibilidades de tener agua entubada y las personas dependen de fuentes de agua que podrían estar contaminadas”. En el caso de las fuentes con aguas muy duras y/o con influencia de aguas salinas, una respuesta a mediano plazo podría ser la construcción de pozos perforados de mayor profundidad donde no haya incidencia

de la contaminación. Según Delgado y Martínez (2003), como se citó en Montenegro y Jiménez (2009), la dinámica del acuífero profundo, basado en la infiltración desde la elevación de la cordillera de los Maribios, posibilita a través de pozos perforados mecánicamente, acceder a agua de mejor calidad.

Partiendo de los resultados obtenidos, se ve la necesidad de elaborar un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano. La OMS (2018, p. 54) establece que los principales objetivos de un PSA son la “prevención o minimización de la contaminación en las fuentes de agua, la reducción o eliminación de la contaminación a través de procesos de tratamiento y la prevención de la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la gestión del agua”.

CONCLUSIONES

La evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, mediante los métodos de observación y kit portátil permitió generar información del estado de la calidad del agua en las fuentes de agua, de manera rápida y relativamente económica, así como los supuestos acerca de las causas de la contaminación.

Los valores obtenidos de la evaluación de parámetros físico – químicos indican que el agua de la mayoría de las fuentes de agua es aceptable para el consumo, en vista que están por debajo del valor recomendado o máximo admisible establecidos en las Normas de calidad del agua para consumo humano (Norma regional CAPRE) y las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (WHO). Sin embargo, para reducir los altos valores de dureza y salinidad en algunos de las fuentes, es pertinente valorar alternativas de tratamiento del agua, adecuadas al contexto.

La mayoría de las fuentes presentó contaminación por bacterias del grupo coliformes y *E. Colli*, lo cual es un indicio de que el consumo de agua de dichas fuentes representa un riesgo para la salud, en vista de que estos patógenos son responsables de enfermedades gastrointestinales, principalmente en grupos vulnerables como son los bebés, niños pequeños y personas de la tercera edad.

Se requiere de la elaboración de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST). (2013). *Manual Introducción al análisis de la calidad del agua de consumo*. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduccion_al_analisis_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_2013.pdf
- Escuela de Salud Pública Universidad de Boston. (2009). *Informe Final de Estudio de Alcance Epidemiología de Enfermedad Renal Crónica en Nicaragua*. http://www.cao-ombudsman.org/cases/document-links/documents/03B_BU_FINAL_report_scopestudyCRI_Dec18_2009_SPANISH.pdf

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Fundación Internacional para el Desafío Económico Global FIDEG. (2012). *Caracterización de 15 municipios pobres de Nicaragua*. https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/31_caracterizacion.pdf
- Martínez-Santos, P., Martín-Loeches, M., García-Castro, N., Solera, D., Díaz-Alcaide, S., Montero, E. y García-Rincón, J. (2017). A survey of domestic wells and pit latrines in rural settlements of Mali: Implications of on-site sanitation on the quality of water supplies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220 (7), 1179–1189
- Montenegro Guillén, S. y Jiménez García, M. (2009). Residuos de plaguicidas en agua de pozos en Chinandega, Nicaragua. *Revista Científica Universidad y Ciencia* (7), 37-45. <https://repositorio.unan.edu.ni/2461/>
- Mora Alvarado, D., Alfaro Herrera, N., Portuquez, C. y Peinador Brolatto, M. (2000). Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. *Revista costarricense de salud pública*, 9(17). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292000000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Norma Regional CAPRE. (1994). *Normas de calidad del agua para consumo humano*. https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua_nicaragua.pdf
- Rodríguez, S. y Rodríguez, R. (2010). *La dureza del agua*. Universidad Tecnológica Nacional–Argentina. http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf
- World Health Organization. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*.
- Zhen Wun, Y. (2009). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* [Tesis de maestría, Universidad Estatal a Distancia Costa Rica].