

Calidad del agua para consumo humano en la comunidad indígena de Kara, Nicaragua

Drinking water quality in the indigenous community of Kara, Nicaragua

 **Katrin Tashani Ignacio English¹**

ignaciokatty3@gmail.com

 **Leonardo Daniel Wallace-Morales²**

leonardo.morales@bicu.edu.ni

 **Billy Francis Ebanks Mongalo³**

billy.ebanks@bicu.edu.ni

 **Weslie Mauricio James Abraham⁴**

wesliejames6@gmail.com

Fecha de Recepción: 02-09-2024

Fecha de Aprobación: 18-11-2025

RESUMEN

En la comunidad indígena de Kara, los pobladores se abastecen de agua a través de la construcción de pozos excavados a mano (PEM), sin estudios bacteriológicos que demuestren su potabilidad. El estudio consistió en evaluar la calidad bacteriológica del agua para consumo humano, a través del análisis fisicoquímico (pH, salinidad, turbidez) y bacteriológico empleando la técnica de cultivo doble concentrado para detectar presencia/ausencia (análisis mínimo *E. coli*) en el agua de 3 pozos comunales y 3 de uso familiar. Por otro lado, se evaluó el cumplimiento de la Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense (NTON) 09006–11 y 066 del Ministerio de Salud (MINSa) sobre la infraestructura y distancia de focos de contaminación de pozos PEM. El estudio abarcó la aplicación de un formato de encuesta a pobladores para identificar los tipos de tratamientos aplicados al agua en los hogares para su desinfección. Los resultados indicaron que los pozos no cumplen con la calidad bacteriológica al presentar *E. coli* en las muestras; en la infraestructura, solamente los pozos comunales cumplen con lo indicado en la normativa MINSa, todos los pozos presentaron al menos un foco de contaminación a una distancia no recomendada. La mayoría de los comunitarios (75 %) utilizan cloro comercial como mecanismo de desinfección del agua, sin embargo, no cumplen con la dosis mínima requerida, por lo que es prioritario implementar intervenciones urgentes de agua, saneamiento e higiene que enfatizan la correcta cloración y el manejo seguro del agua a nivel domiciliario, junto a medidas estructurales para proteger las fuentes.

¹ Bluefields Indian & Caribbean University. Área del Conocimiento de Ciencia y Tecnología. Bluefields, Nicaragua.

² Bluefields Indian & Caribbean University. Departamento de Universidad en el Campo, Bluefields, Nicaragua.

³ Bluefields Indian & Caribbean University. Área del Conocimiento de Ciencia y Tecnología, Centro de Investigaciones y Estudios Acuáticos. Bluefields, Nicaragua

⁴ Gobierno Territorial Indígena Awaltara Luhpia Nani Tasbaya. Asesor técnico. Karawala, Nicaragua.



Palabras claves: agua, agua residual, calidad del agua, consumo de agua, contaminación del agua

ABSTRACT

In the indigenous community of Kara, residents obtain their water supply through hand-dug wells (HDWs), without bacteriological studies demonstrating their potability. The study consisted of evaluating the bacteriological quality of water for human consumption through physicochemical (pH, salinity, turbidity) and bacteriological analysis using the double-concentrated culture technique to detect the presence/absence (minimum *E. coli* analysis) in the water from three communal wells and three household wells. Compliance with Ministry of Health (MINSa) regulations Mandatory Nicaraguan Technical Standards (NTON) 09006–11 and 066 regarding the infrastructure and distance from sources of contamination in HDWs was also assessed. The study included the application of a survey format to residents to identify the types of water treatments applied in homes for disinfection. The results indicated that the wells did not meet the bacteriological quality standards, with *E. coli* present in the samples; In terms of infrastructure, only communal wells comply with MINSa regulations; all wells had at least one source of contamination at an impermissible distance. The majority of community members (75%) use commercial chlorine as a water disinfection mechanism; however, they do not comply with the minimum required dosage. Therefore, urgent water, sanitation, and hygiene interventions emphasizing proper chlorination and safe water management at the household level, along with structural measures to protect sources, are a priority.

Keywords: wastewater, water, water consumption, water pollution, water quality

Para citar en APA: Ignacio English, K. T., Wallace-Morales, L. D., Ebanks Mongalo, B. F., & James Abraham, W. M. (2025). Calidad del agua para consumo humano en la comunidad indígena de Kara, Nicaragua. *Wani*, (83), e21474. <https://doi.org/10.5377/wani.v1i83.21474>

INTRODUCCIÓN

La comunidad indígena de Kara se encuentra ubicada en el municipio de La Desembocadura del Río Grande, dentro del Territorio Indígena Awaltara Luhpia Nani Tasbaya (GTA). Su cabecera regional corresponde a la ciudad de Bluefields, en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). En esta comunidad, la principal fuente de agua para consumo humano y uso doméstico proviene de pozos excavados a mano (PEM), algunos de uso familiar y otros de carácter comunal.

La comunidad en mención no cuenta con un sistema de potabilización de agua que garantice la calidad bacteriológica y fisicoquímica mínima exigida. Los pozos de esta comunidad, en su mayoría, están contruidos cerca de charcas, pantanos y letrinas, lo que supone indicadores de focos de contaminación que vendrían a provocar enfermedades gastrointestinales y contaminación con coliformes fecales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), alrededor de 1700 millones de personas en el mundo consumen agua proveniente de fuentes contaminadas con heces, lo que representa el principal riesgo de toxicidad microbiana.

En la comunidad de Kara, los mecanismos de extracción de agua se realizan principalmente mediante el uso de baldes sostenidos por mecates, lo cual puede favorecer la introducción directa de contaminación microbiológica, especialmente cuando estas fuentes se encuentran próximas a



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

residuos contaminantes y no reciben una limpieza ni mantenimiento adecuados. Según el Kemper (2013), en Nicaragua se reportan anualmente más de un millón de casos de diarrea en menores de 5 años como resultado de la mala condición del agua potable, saneamiento e higiene. Por ello, resulta fundamental efectuar evaluaciones periódicas de la calidad del agua destinada al consumo humano y al uso doméstico.

El valor científico del estudio reside en proporcionar evidencia sobre la calidad bacteriológica del agua de consumo humano en una comunidad indígena que depende de pozos excavados a mano (PEM) sin controles previos. Asimismo, contribuye al conocimiento local y regional sobre los riesgos sanitarios asociados al consumo de agua contaminada con *E. coli*, un indicador directo de contaminación fecal, y aporta información que puede ser utilizada para diseñar políticas de salud pública, mejorar normativas y fortalecer las prácticas comunitarias de saneamiento básico. Por otro lado, demuestra la necesidad de relacionar el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con el cumplimiento de normativas nacionales (NTON y MINSA), lo que brinda un sustento científico-técnico para acciones de prevención y mitigación de enfermedades de origen hídrico.

El estudio se justifica en la atención a una problemática real y apremiante: el abastecimiento de agua potable en comunidades rurales e indígenas que carecen de sistemas de potabilización y controles sanitarios. La presencia de *E. coli* evidencia riesgos inmediatos para la salud pública, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, ancianos y mujeres embarazadas. Además, a través de los resultados, se podría diseñar e implementar programas de intervención en Agua, Saneamiento e Higiene (WASH), centrados en la cloración domiciliaria correcta, la mejora de infraestructura de pozos, y la educación comunitaria sobre manejo seguro del agua.

Entre las limitaciones del estudio, se encuentra que las variables se centraron en un número reducido de pozos (seis en total), lo que limita la generalización de los resultados a otras comunidades. Además, los análisis bacteriológicos se enfocaron en la detección mínima de *E. coli*, sin ampliar a otros microorganismos patógenos de interés sanitario. Asimismo, la investigación se restringió a un periodo temporal específico, por lo que no considera variaciones estacionales en la calidad del agua. Finalmente, la evaluación de las prácticas domiciliarias de desinfección se basó en autorreporte de los pobladores, lo que puede introducir sesgos en la información.

En Nicaragua, las enfermedades diarreicas agudas (EDA), que generalmente se asocian a la calidad del agua utilizada para consumo humano, tuvieron una incidencia de 1,906,233 casos durante el periodo de 1992 a 1999. Esto representó un promedio de 240,000 casos al año. Los departamentos más afectados por las EDA fueron Managua (23 %), Matagalpa (15 %) y Chinandega (9 %); mientras que las muertes por las EDA reportadas durante ese mismo periodo ascendieron a 3,276 (CEPIS-OPS 2000 citado por Barrera & Aguirre, 2011, p. 1).

De igual manera, en la comunidad indígena de Kamla, Nicaragua, se realizó, a través de muestras para análisis de parámetros fisicoquímicos, un estudio sobre la calidad del agua potable y su efecto en la salud, encontrándose que el pH y DBO5 son los elementos que alteran la calidad. Al realizarse el análisis bacteriológico, el resultado fue *C. fecales* y *E. coli*, según las comparaciones con la NTON 0900199 y Normas CAPRE. Los resultados muestran que el agua no es apta para el

consumo humano, requiriendo tratamiento de desinfección intensiva. Por lo anterior, se establecen medidas preventivas y de mitigación para mejorar la calidad del agua en la comunidad, lo que redundará en mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad (Taylor & Córdón, 2017).

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad bacteriológica de agua para consumo humano y uso doméstico en la población de Kara, Nicaragua, en el año 2023 a través del análisis de la carga bacteriana (*E. coli*), parámetros fisicoquímicos del agua, la descripción de la infraestructura y su relación con posibles focos de contaminación local identificados en la zona de estudio, así como los tratamientos de desinfección utilizados por las familias en los hogares.

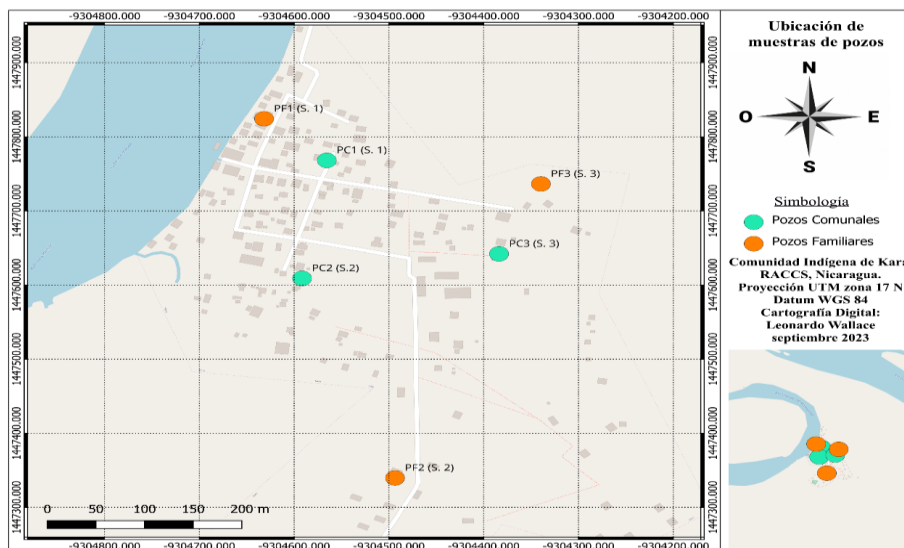
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de localización del estudio es el municipio de la Desembocadura de Río Grande, Región Autónoma Costa Caribe Sur de Nicaragua. La comunidad de intervenida por el estudio fue la comunidad indígena de Kara, la cual se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 12°53'44" de Latitud Norte y 83°35'05" de Longitud Oeste.

Figura 1

Ubicación de los puntos de muestro de los pozos en la comunidad indígena de Kara



Enfoque y tipo de estudio

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, fundamentado en la recolección y análisis de datos medibles mediante instrumentos y técnicas de laboratorio estandarizadas. Se trata de un estudio descriptivo, orientado a caracterizar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua de los pozos, sin manipulación de variables. El diseño es no experimental, ya que las variables

se analizan en su contexto natural, con el objetivo de generar información objetiva que contribuya al diagnóstico de la calidad del agua de pozos en la comunidad de Kara.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por los pozos de agua existentes en la comunidad indígena de Kara, ubicada en el municipio de la Desembocadura de Río Grande. Para la selección de la muestra, se aplicó un muestreo por conveniencia, considerando los pozos de mayor uso por parte de los habitantes. Con el fin de garantizar representatividad territorial, se incluyeron los tres sectores que conforman la comunidad, seleccionando en cada uno un pozo de uso comunal y uno de uso familiar. En total, la muestra quedó constituida por seis pozos: tres comunales y tres de uso familiar (ver figura 1).

Técnica de recolección de muestra y traslado

Para la recolección de las muestras de agua se siguieron protocolos estandarizados de muestreo microbiológico de aguas de consumo humano con el fin de garantizar la representatividad de la muestra y minimizar el riesgo de contaminación externa. Durante el proceso, se emplearon guantes estériles de látex para manipular los materiales, asegurando condiciones asépticas. Las muestras fueron colectadas en frascos estériles de polietileno con tapa roscada hermética, de capacidad entre 200 – 500 ml. Cada frasco fue llenado aproximadamente a tres cuartas partes de su capacidad ($\frac{3}{4}$), dejando un espacio de cámara de aire de $\frac{1}{4}$ para permitir la homogeneización por agitación previa al análisis y asegurar un adecuado contacto con el oxígeno, lo cual es crucial para la detección de bacterias aerobias *Escherichia coli* (American Public Health Association et. al., 2017).

Una vez recolectadas, las muestras fueron conservadas en un contenedor isotérmico (termo portátil) con hielo en condiciones de cadena de frío a 4 ± 2 °C, con el objetivo de mantener la viabilidad microbiana y evitar el crecimiento o muerte diferencial de los microorganismos presentes. El tiempo máximo de traslado al laboratorio no superó las 24 horas posteriores a la recolección.

Para las muestras de pozos excavados a mano (PEM), cuando la extracción se realizó mediante baldes, se descartaron los dos primeros volúmenes de extracción a fin de eliminar el agua en contacto directo con las paredes y bordes del brocal, lo que reduce la probabilidad de contaminación externa. La muestra se tomó del tercer balde, evitando contacto del envase estéril con superficies externas.

Finalmente, cada frasco fue rotulado de manera codificada, registrando: comunidad y sector, tipo de pozo (familiar o comunal), hora y fecha de muestreo (18 de octubre, 2023; 4:00-5:00 p.m.), así como los análisis fisicoquímicos y microbiológicos a realizar según los lineamientos de trazabilidad exigidos en normas nacionales (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2013; MINSA, 2011). Para la estimación de la calidad de agua de los pozos mediante análisis fisicoquímico y bacteriológico en laboratorio, se aplicó el protocolo de análisis de calidad de agua utilizado en el Centro de Investigaciones y Estudios Acuáticos de la Bluefields Indian & Caribbean University (CIAB-BICU).



Medición de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos medidos son: turbidez, pH y salinidad; para ellos se utilizaron los siguientes instrumentos y unidades de medida:

Salinidad: El instrumento utilizado fue el refractómetro portátil manual (General Portable Refractometer ATC). La unidad de medida utilizada fue en porcentaje de salinidad (% sal).

Turbidez: el instrumento utilizado fue el turbidímetro (Marca: HACH; Modelo: 2100N), siendo su unidad de medida las unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

Potencial de hidrógeno (pH): El instrumento utilizado fue medidor portátil de pH (Marca Milwaukee Instruments; Modelo: pH55 Waterproof pH Tester). Su unidad de medida es según grado de alcalinidad (neutralidad o acidez); esta se midió según escala de 0 a 14, considerando un pH de 7 como neutro, menor a 7 como ácido y mayor a 7 como alcalino.

Identificación de Escherichia coli

Para el análisis de la contaminación fecal en agua, se implementó la técnica de cultivo doble concentrado en caldo MacConkey para detectar presencia o ausencia de bacterias *E. Coli*. Se incubó a 37 grados Celsius durante 24 horas. En la lectura del cultivo, se interpretan cambios de coloración y presencia de gases en la campanita de Durham o en la parte superior del cultivo.

Protocolo de aplicación de encuestas a pobladores objeto de estudio en la comunidad indígena de Kara.

Con el objetivo de recopilar información sobre los hábitos y prácticas de manejo del agua de los pozos antes de su consumo, se aplicaron encuestas estructuradas a adultos residentes de los hogares de la comunidad indígena de Kara. Las encuestas fueron administradas en lengua miskitu, asegurando la comprensión plena de las preguntas y respetando las características culturales de los participantes. Este procedimiento permitió obtener datos confiables sobre las prácticas domésticas de tratamiento del agua, contribuyendo al análisis del riesgo de exposición a contaminantes.

Caracterización de la infraestructura de pozos y su relación con la contaminación

Se realizó un levantamiento de información detallada sobre pozos comunales y familiares en una zona determinada. Mediante el uso de GPS, fotografías y fichas técnicas, se documentaron las siguientes características: El objetivo principal fue determinar si las características de los pozos y su entorno están relacionadas con la presencia de focos de contaminación. Esta información se comparó con las normativas ambientales (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2013; MINSA, 2011) para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua e infraestructura de los pozos PEM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de agua de los pozos comunales y familiares

La tabla 1, muestra los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos; estos dieron los siguientes resultados: En los pozos comunales (1, 2 y 3), la salinidad fue de 0 %, igual que los pozos familiares (2 y 3). Solo el pozo familiar 1 presentó 1 % de salinidad. Asimismo, el valor pH de los pozos comunales no registró mucha variedad, presentando valores desde 5.8 a 6 en contraste con los pozos familiares, donde el valor pH varió desde 4.7 (PF 3), 5.2 (PF 2) hasta 6.5 (PF 1).

Por otra parte, la turbidez de los pozos comunales registró valores desde 0.002 (2 y 3) hasta 0.003 (PC 1) UNT; el pozo familiar 3 registró el valor de 0.007 UNT comparado con las de (PF 1 y 2) que registraron el valor de 0.003 (relativamente cercana a las de pozos comunales).

En el caso del análisis bacteriológico por *Escherichia coli*, todos los pozos muestreados dieron resultados positivos al análisis.

Tabla 1

Resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de los pozos muestreados

Análisis	Unidad de medida	Valores del análisis físico químico por pozo						Valor recomendado	Valor admisible
		PC1	PC2	PC3	PF1	PF2	PF3		
Salinidad	%	0	0	0	1	0	0	0	0.05
pH	5.8	6	6	6.5	5.2	4.7	6.5	8.5
Turbidez	UNT	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.007	1	5
Resultado de análisis bacteriológico por pozo									
<i>E. coli</i>	+/-	+	+	+	+	+	+	Negativo	Negativo

Nota. PC (Pozo comunal), PF (Pozo familiar), + (Positivo), - (Negativo)

Estos resultados pueden deberse a diversos factores. La infraestructura de los pozos podría considerarse una de ellas. No obstante, los pozos comunales cuentan con infraestructura y cercas de protección adecuados (ver tabla 2). Otro factor podría deberse al mecanismo de extracción de agua (balde y mecate) que, al entrar en contacto con elementos externos (ambiente, manipulación, etc.), podrían haberse contaminado y transmitido al agua de pozo. Otras posibles razones pueden ser los focos de contaminación encontrados cerca de los pozos, incluidos entre estos: letrinas a distancias no adecuadas, charcos activos de origen antropogénico, depósitos de basura inapropiadas, así como baños y lavanderías para higiene personal.

Cabe destacar que la calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede contribuir en gran medida al aumento de la contaminación microbiana en aguas de origen, generando también brotes frecuentes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe

tomarse en cuenta en la interpretación de los resultados de los análisis, considerando que las fechas en las que se recolectaron las muestras de agua corresponden a épocas lluviosas.

En cuanto a los parámetros físicos, los valores bajos pueden estar asociados al agua de infiltración reciente que tiene valores de pH muy parecidos a los del agua de lluvia, por lo cual, para futuras investigaciones, se recomendaría un análisis fisicoquímico completo para evaluar el contenido de iones y cationes y tener mejor conocimiento de la calidad de las aguas.

En lo que respecta a las aguas destinadas para uso doméstico, en Nicaragua existe una norma que rige los límites de pH y turbidez admisibles, estableciendo el rango mínimo de 6 y un máximo de 8.5 de valor pH. En el caso de la turbidez, se admite un rango menor a 5 unidades nefelométricas (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2000). Con base en los resultados obtenidos a través de estos datos, se encontró que solamente el pozo comunal 1 y los pozos familiares 2 y 3 se encuentran fuera de los rangos mínimos admisibles de valor pH (tabla 1). No obstante, certificar su aptitud para uso doméstico, requerirá estudios adicionales que abarquen otros parámetros por cumplir.

Con relación a lo antes expuesto, las normas CAPRE y normativa 066 del MINSA establecen que, para que el agua sea apta para el consumo humano, además del análisis de estos parámetros fisicoquímicos, el análisis bacteriológico, como es el caso del *E. coli*, el cual es un indicador de coliformes fecales, deben arrojar resultados negativos. En consecuencia, según este criterio específico, el agua de los seis pozos analizados en este estudio no cumple con las condiciones para ser apta para consumo humano.

Infraestructura de los pozos y su relación con los focos de contaminación local

En la tabla 2, se puede apreciar la infraestructura de los pozos comunales y familiares. Por un parte, los pozos comunales cuentan con una mejor infraestructura física, contruidos con material de concreto, con base y brocal, así como techo y perímetro cercado con mallas. El método utilizado para la extracción del agua consiste en utilizar un balde con mecate o una rueda con manija (se usan ambos según preferencia del usuario), excepto con el pozo comunal 2, que solo cuenta con extracción del agua por medio de balde con mecate.

En el caso de los pozos familiares, la construcción de la infraestructura varía desde brocal y base de concreto, sin techo ni cerca (como es el caso del pozo familiar uno), hasta construcción del pozo sin base, pero con brocal y tapa de madera, como es el caso del pozo familiar dos. El método de extracción del agua es principalmente con balde y mecate; solo en pozo familiar 3 posee, además, la extracción del agua por bombeo (de uso exclusivamente del dueño directo del pozo; los demás usuarios la extraen por el método de balde con mecate).

Focos de contaminación

Adicionalmente, tal como se observa en la tabla 2, a cuatro metros del pozo comunal uno existe un baño y lavandería de ropa en general, así como un depósito de residuos del hogar al aire libre. También existe un tanque séptico a 14.4 metros de distancia del pozo. Asimismo, a tres metros de distancia del pozo comunal 2, se encuentra un depósito de basura al aire libre, y a dos metros, está

una lavandería de ropa. Además, el terreno alrededor del pozo es pantanoso a cinco metros de distancia.

En el pozo comunal 3, también existe una lavandería comunitaria; esta se encuentra a un metro de distancia. Finalmente, a tres metros de distancia se encuentra un depósito de basura, y a cuatro metros, un árbol de coco (esta última se incluyó no por efecto directo de posible contaminante, sino para considerar posible alteración de pH del agua de pozo).

Basado en la información recopilada por los responsables de hogares (12 familias) sobre los tipos de pozos (de acuerdo con el método de construcción), uso y mecanismo de extracción existentes, se encontró que el 100 % de los pozos muestreados en la comunidad indígena de Kara son del tipo excavado (PEM). De estas, el 50 % de los consultados extraen agua de pozos comunales y el restante son de uso familiar (privado). Los mecanismos de extracción de agua utilizados se distribuyen de la siguiente manera: 58.3 % es mediante el uso de balde con cuerda, el 33.3 % utiliza la rueda con manija, y un 8.3 % se realiza a través de bomba de extracción.

Tabla 2

Infraestructura de pozos comunales/familiares y posibles focos de contaminación

No.	Tipo de pozo	Tipo de material de construcción	Posible foco de contaminación	Distancia	Observaciones
1	Pozo comunal 1 (sector 1)	Concreto (posee caseta, brocal, techo de zinc, cercado con malla)	Tanque séptico	14.4 metros	Método de extracción de agua por balde y rueda con manija
			Lavandería y baño	4 metros	
			Depósito de residuos del hogar	4 metros	
2	Pozo comunal 2 (sector 2)	Concreto (posee caseta, brocal, techo de zinc, cercado con malla)	Lavandería	2 metros	Método de extracción de agua por balde
			Terreno bajo pantanoso	5 metros	
3	Pozo comunal 3 (sector 3)	Concreto (posee caseta, brocal, techo de zinc, cercado con malla)	Depósito de basura	3 metros	Método de extracción de agua por balde y rueda con manija
			Lavandería	1 metro	
			Árbol de coco	4 metros	
4	Pozo familiar 1 (sector 1)	Posee brocal y base de concreto (sin techo, cerca, ni perímetro al descubierto)	Rio grande de Matagalpa	25 metros	Extracción de agua por balde
			Lavandería	3 metros	
			Charco (origen domiciliar)	2 metros	
			Local de ebanistería	16 metro	
5	Pozo familiar 2 (sector 2)	Brocal y tapa de madera (sin base)	Árbol de coco	1 metro	Método de extracción de agua por balde
6			Letrina seca	15 metros	

No.	Tipo de pozo	Tipo de material de construcción	Posible foco de contaminación	Distancia	Observaciones
	Pozo familiar 3 (sector 3)	Brocal de concreto y tapa de madera (sin base)	Humedal	30 metros	Método de extracción de agua por balde y bombeo

En referencia a lo anteriormente expuesto, el estudio realizado por Barrera y Aguirre (2011) indica que, en las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua (RACCS y RACCN), el 76.5 % y el 32 % de las viviendas, respectivamente, se abastecen de agua proveniente de pozos excavados. La mayoría de estos pozos no cumplen con criterios sanitarios, ya que suelen ubicarse cerca de letrinas, sin control sobre la escorrentía del acuífero, lo que favorece la contaminación. Estos hallazgos coinciden con los observados en la zona de estudio, donde en las proximidades de los pozos comunales y familiares se identificaron posibles focos de contaminación, tales como letrinas, charcos, depósitos de basura al aire libre, lavanderías y tanques sépticos a distancias inadecuadas. Por tanto, la ubicación de los pozos no cumple con los criterios de distancia mínima establecidos en la normativa nacional (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2013; MINSA, 2011).

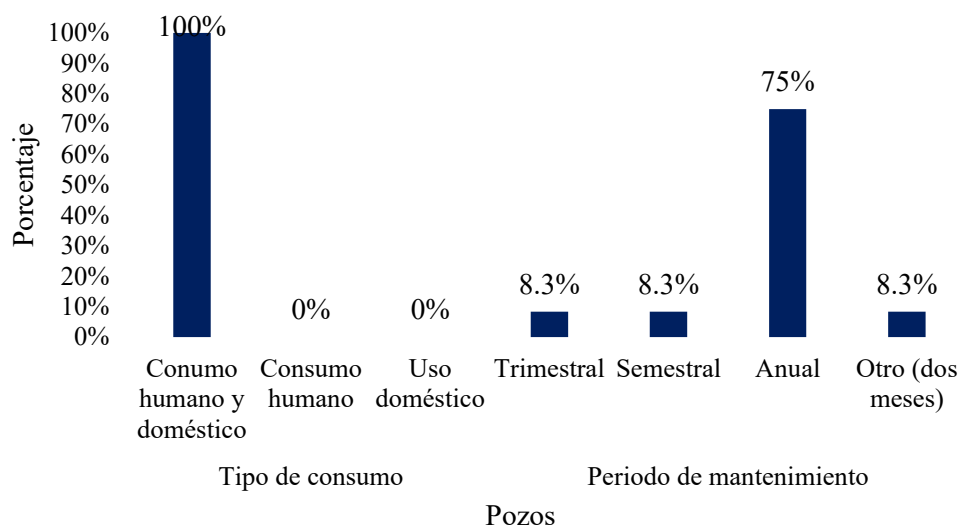
Por lo general, en los pozos excavados, el mecanismo de extracción del agua es través de balde con mecate (muy común en las comunidades, y en algunos casos, en zonas urbanas donde no se cuenta con suministro de agua potable a través de tuberías). Este mecanismo puede obedecer a diversos motivos; una de ellas, el bajo costo en comparación con otros mecanismos como la de bombeo o rueda con manija (no muy común en estas zonas para pozos de uso familiar).

Periodicidad del mantenimiento de los pozos en la comunidad de Kara

En la figura 2, se puede apreciar que tanto los pozos comunales como los de uso familiar de la comunidad indígena de Kara, son utilizadas por los pobladores para consumo por ingesta, cocina, baño y lavandería en general. En su mayoría, el periodo entre mantenimientos de estos pozos es anual, con un 75 %. Hasta el momento, en las normativas y/o acuerdos ministeriales existentes sobre la calidad de agua e infraestructura de pozos PEM (Nicaragua), no se hace mención del periodo de mantenimiento que se debe dar. En algunas revisiones literarias, recomiendan una limpieza anual; otras sugieren cada dos años, incluso proponiendo realizarse según la necesidad *in situ*.

Figura 2

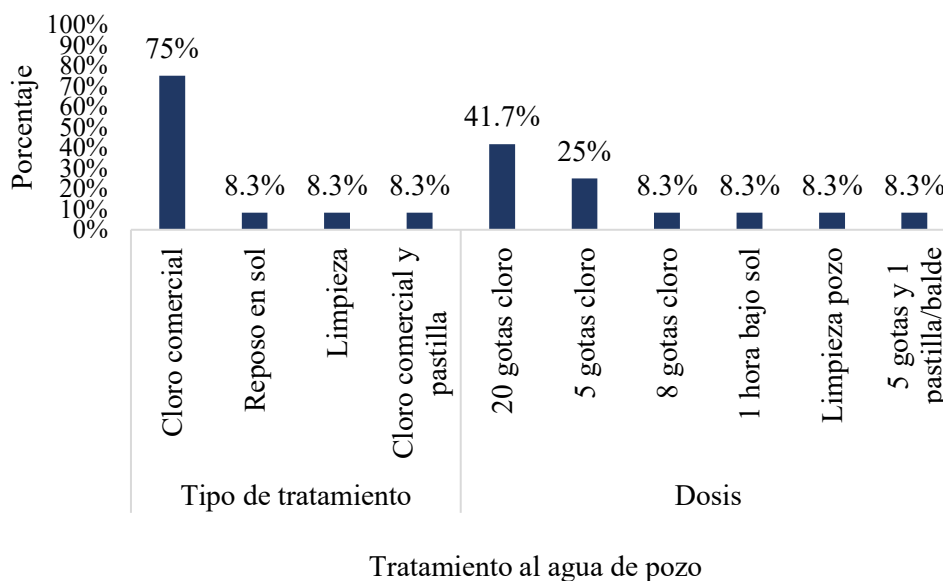
Tipo de uso y periodo de mantenimiento de la infraestructura a los pozos



Tratamiento y dosis para el agua de consumo humano extraído de pozos excavados

Figura 3

Tipo de tratamiento y dosis para el agua de consumo humano extraído de pozos excavados



En la figura 3, se puede apreciar los tipos de tratamientos aplicados al agua de pozo una vez extraída por los comunitarios en la zona de estudio. Se encontró que el 75 % (la mayoría) de los comunitarios optan por usar como desinfectante el cloro comercial líquido; el 8.3 % combina el cloro comercial con pastillas de cloro; otros 8.3 % la dejan reposando en sol por una hora. Con

respecto a la dosis de cloro comercial, el 42 % agrega 20 gotas por balde (capacidad de 20 litros de agua); el 25 % añade 5 gotas; y el 8.3 % mezcla 8 gotas por balde. Cabe mencionar que uno de los encuestados (8.3 %) relaciona el mecanismo de limpieza dado a los pozos en sí como tratamiento único.

Considerando lo expuesto previamente, el uso del cloro como mecanismo de tratamiento o desinfección de agua para consumo humano utilizado por la mayoría de los consultados coincide con lo mencionado por (MINSA, 2011) en su manual para la vigilancia sanitaria de agua para consumo humano. En ella, se especifica que el cloro, en sus diferentes presentaciones, ha sido el desinfectante más utilizado para el tratamiento de las aguas destinadas al consumo humano. Esta característica está relacionada con su accesibilidad, costo relativamente bajo y facilidad de manejo.

En cuanto a lo anterior, la OMS recomienda medidas de tratamiento para la calidad de agua de consumo humano en los hogares, entre ellas incluye la desinfección basada en el cloro (ácido hipocloroso). La dosis adecuada de cloro para el tratamiento del agua en la vivienda se recomienda 2 mg/l de cloro libre para aclarar el agua (< 10 unidades nefelométricas de turbiedad [UNT]) y el doble (4 mg/l) si el agua está turbia (> 10 UNT) (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) en su cartilla sobre uso y manejo de agua segura y métodos de desinfección, el método SODIS (el calor combinado con la radiación del sol sirve para inactivar los microorganismos que provocan enfermedades presentes en el agua). Asimismo, recomienda utilizar para este método botellas de plástico transparente reciclables o botellas de vidrio con los siguientes criterios: a) Lavar el recipiente y tapadera; b) Llenarlo de agua sin dejar aire; y c) Colocar las botellas horizontalmente y exponerlas directamente al sol. Si recibe luz solar directa, dejar la botella 6 horas y si está nublado, dejarla durante dos días.

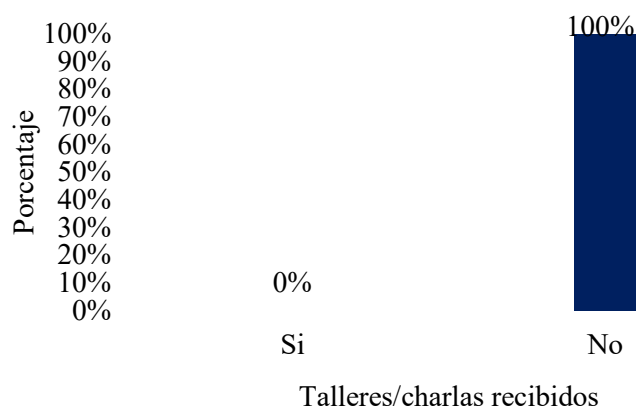
En la zona de estudio, el 8.3 % de los pobladores consultados utilizan este mecanismo de desinfección, no obstante, no coincide con las recomendaciones de tiempo y cantidad de agua (litros) a desinfectar. Los comunitarios, por lo general, después de llenar el balde de agua (20 litros), la dejan reposando al sol por una hora, por lo que podríamos deducir que el balde de agua no ha sido desinfectado adecuadamente.

También es importante mencionar que no todas las tecnologías de tratamiento de agua domiciliarios tienen alta eficacia para la reducción de los agentes patógenos transmitidos (bacterias, virus, protozoos y helmintos). Por ejemplo, el cloro es ineficaz para inactivar ooquistes de protozoo *Cryptosporidium*, el cual es transmitido a través del agua. Asimismo, algunos métodos de filtración, como los filtros de cerámica, tela o fibra, son ineficaces para eliminar virus entéricos. Finalmente, después del tratamiento domiciliario, es indispensable complementar con almacenamiento seguro.

Sensibilización sobre agua y saneamiento en la comunidad indígena de Kara

Figura 4

Actividades de sensibilización sobre agua y saneamiento desarrolladas en la comunidad indígena de Kara



En la Figura 4 se observa que, en la comunidad indígena de Kara, el 100 % de las 12 familias encuestadas reportó no haber participado en talleres, charlas o actividades relacionadas con el control de la calidad del agua. Esta ausencia de formación incluye tanto aspectos de saneamiento básico como alternativas de desinfección del agua destinada al consumo humano y al uso doméstico.

Por otra parte, la Figura 3 evidencia la existencia de algunos mecanismos o métodos de desinfección aplicados por los habitantes en sus hogares. La adopción de estas prácticas podría atribuirse a la transmisión intergeneracional de conocimientos, o bien a otros medios de comunicación y divulgación presentes en comunidades o municipios cercanos. No obstante, los resultados ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer las medidas de vigilancia, control y saneamiento del agua en la zona de estudio.

Al respecto, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2005) menciona que, para garantizar el acceso a suficiente agua potable, es importante saber cómo conservar, proteger, almacenar y purificar el agua. Pero el conocimiento no es suficiente. Es necesario que la comunidad se motive a realizar cambios sustentables mediante la organización y la implementación de acciones comunitarias para concientizar a la comunidad. No obstante, para generar conciencia, es importante identificar la raíz del problema: muchas enfermedades relacionadas con seguridad del agua son el reflejo de la pobreza y la explotación.

CONCLUSIONES

En la comunidad indígena de Kara, la extracción de agua de los pozos muestreados, son aprovechados para consumo humano y uso doméstico. Sin embargo, la infraestructura de los pozos comunales cumple solo parcialmente con lo establecido por el MINSA en su manual para la vigilancia sanitaria de agua para consumo humano, a diferencia del pozo de uso familiar. Además, los pozos muestreados no cumplen con la distancia mínima requerida respecto a posibles focos de contaminación detectados en la zona de estudio.

Los análisis de laboratorio demuestran que el agua de los 6 pozos muestreados (3 comunales y 3 de uso familiar), no cumplen con la calidad bacteriológica (*E. coli*) y fisicoquímica (pH, turbidez, salinidad), por tanto, no son aptos para consumo humano basado en las normas CAPRE y MINSA.

Finalmente, la mayoría de los comunitarios utilizan el cloro comercial como mecanismos de desinfección del agua para consumo humano; no obstante, no cumplen con la dosis mínima requerida, lo que podría representar contaminación por bacterias presentes en el agua. Por consiguiente, según los resultados, la calidad bacteriológica del agua y las condiciones de infraestructura de los pozos muestreados, no cumplen con los estándares para consumo humano basado en las normas CAPRE, NTON 09 006 -11 y la normativa 066 del MINSA.

Para futuros estudios, se recomienda implementar técnicas que permitan no solo la detección de presencia/ausencia de *Escherichia coli*, sino también la cuantificación de coliformes totales y termo tolerantes. En este contexto, el uso de placas 3M™ Petrifilm™ representa una alternativa técnica adecuada, ya que proporciona resultados en unidades de colonias formadoras (UFC/mL), permitiendo establecer comparaciones temporales más precisas entre muestreos sucesivos. Esto resulta particularmente importante, ya que con el método de presencia/ausencia no es posible determinar diferencias en la magnitud de la contaminación, lo que limita el análisis epidemiológico y el diseño de estrategias de desinfección. Asimismo, cuantificar coliformes termo tolerantes o *E. coli* facilitará calcular con mayor precisión la dosis óptima de cloro requerida en los procesos de potabilización a nivel domiciliario y comunitario.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2017). *8020 Quality Assurance and Quality Control in Laboratory Toxicity Test*. <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.151>
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2013). *Norma técnica obligatoria Nicaragüense requisitos ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos de extracción de agua* (NTON 09 006 -11). <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/09cf45d6fc893868062572650059911e/8f95712340246921062586d40051210c?OpenDocument>



- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2000). *Norma técnica obligatoria Nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos (NTON 05 007-98)*
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/1A3A99B77290B980062573DF00594022?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/1A3A99B77290B980062573DF00594022?OpenDocument)
- Kemper, K. E. (2013). Salud ambiental en Nicaragua: abordando los principales desafíos ambientales. Banco Mundial. <http://documents.worldbank.org/curated/en/787231468265801845>
- Barrera, Y., & Aguirre, C. (2011). *Calidad del agua de pozos y aguas superficiales en la micro cuenca Las Jaguas, municipio de Ciudad Antigua*.
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENPI0B272.pdf>
- FAO. (2012). *Cartilla de uso y manejo de agua segura para consumo y la producción en huertos familiares*. <https://www.fao.org/3/ar649s/ar649s.pdf>
- PNUD. (2005). *Agua para Vivir: cómo porteger el agua comunitaria*. Fundación Hesperian & Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Water_ES.pdf
- MINSA. (2011). *Manual para la vigilancia sanitaria de agua para consumo humano (Normativa -066)*. <https://n9.cl/0c0kh>
- Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2012). *Requisitos ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos de extracción de agua (NTON 09 006 - 11)*.
<https://n9.cl/0m9jw>
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad de agua de consumo humano*.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Organización Mundial de la Salud. (13 septiembre, 2023). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Taylor Tórrez, A. R., & Cordon Suárez, E. (2017). Calidad de agua potable y su efecto en la salud de la comunidad de Kamla, Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 78-93. <http://dx.doi.org/10.5377/rci.v20i1.4855>