

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL PUNTO FINAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN MUNICIPIOS DE NORTE DE SANTANDER

María Paula Areniz Carvajalino - Monica Andrea Prada Ortiz - Andres Mauricio Puentes Velasquez
Tecnocademia Cucuta

Resumen

Se realiza un muestreo en 14 municipios de Norte de Santander teniendo como base el registro del boletín de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano del 2020, dicho muestreo se lleva a cabo gracias a la colaboración de algunos instructores de áreas transversales del Centro de desarrollo rural y minero CEDRUM, que viajan constantemente a estos municipios. Se miden 7 parámetros fisicoquímicos, en donde se utilizan métodos volumétricos y colorimétricos y 2 parámetros microbiológicos usando placas Petri film y con esta información se calcula el índice de riesgo de la calidad del agua de cada municipio y se realiza una comparación con el boletín del Instituto Nacional de Salud del 2020. La mayoría de los municipios cuentan con un índice de riesgo de la calidad de agua no significativo, pero también se evidencia un puntaje medio en Bóchamela y Tibú.

Palabras Claves: contaminación hídrica, agua residual, agua potable, enfermedades diarreicas, IRCA.

Abstract

A sampling is carried out in 14 municipalities of Norte de Santander based on the registration of the bulletin of the surveillance of the quality of water for human consumption in 2020. This sampling is carried out thanks to the collaboration of some instructors from transversal areas of the Center of rural and mining development CEDRUM, who constantly travel to these municipalities. 7 physicochemical parameters are measured, where volumetric and colorimetric methods and 2 microbiological parameters are used using petrifilm plates and with this information the water quality risk index of each municipality is calculated and a comparison is made with the bulletin of the National Institute of Health of 2020.

Keywords: water pollution, residual water, drinking water, diarrheal diseases, IRCA.

Introducción

La vigilancia por parte de las autoridades de la calidad del recurso hídrico que llega a los hogares del departamento es un deber y para esto es necesaria la evaluación constante de la calidad de este recurso [1]. En el mes de mayo del año 2020, se reportaron al Instituto Nacional de Salud, 884.545 casos de enfermedad diarreica

aguda (EDA), esta enfermedad sigue siendo un problema de salud pública, ya que es la segunda causa de mortalidad en niños menores de 5 años, y, según el INS, entre los factores de riesgo podemos encontrar el consumo de alimentos y agua contaminadas que pueden ser producto de la deficiencia de los sistemas de acueducto en las ciudades

[2]. La OMS también habló al respecto, mencionando que esta enfermedad mata a 525 000 niños menores de 5 años cada año, además más de 780 millones de personas en todo el mundo, carecen de acceso de agua potable, y 2500 millones, carecen de sistemas de saneamiento apropiados. La diarrea causada por infecciones es frecuente en países en desarrollo [3].

Teniendo en cuenta el problema anteriormente mencionado, y que una de sus principales causas es la ingestión de agua contaminada [4], se buscan leyes nacionales que ayuden en la regulación de esta problemática. Desde el 2007, se crea el decreto 1575 que regula los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más importantes relacionados con la salud humana y se establecen las responsabilidades con relación a este tema [5] y en la resolución 2115 del mismo año se describen los parámetros a evaluar y los rangos para establecer la calidad del recurso [6].

Este proyecto de investigación quiere evaluar la calidad de las aguas para consumo humano de diferentes municipios de Norte de Santander, gracias al cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua IRCA, definido también en la resolución 2115, aprovechando de forma transversal a los instructores que viajan constantemente a estos municipios y que pueden apoyar con la toma de muestras y finalmente comparar los resultados con otras investigaciones. Se evaluarán parámetros físicos, químicos y microbiológicos a nivel de laboratorio, siguiendo protocolos establecidos, los cuales son referentes importantes para garantizar la calidad de este recurso [7].

En consiguiente, en esta investigación se plantea la siguiente pregunta:

¿Las aguas que consumimos como ciudadanos de Norte de Santander realmente cumplen con las características necesarias del agua potable?

Para responderla, se consideraron los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo general:

Evaluar la calidad del agua para el consumo humano en el punto final de la red de distribución en municipios de Norte de Santander.

Objetivos específicos:

1. Obtener muestras de agua para consumo humano en el punto final de la red de distribución de hogares en municipios de Norte de Santander.
2. Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente las muestras de agua recolectadas.
3. Comparar los resultados obtenidos con resultados de otras evaluaciones realizadas al agua potable de los municipios estudiados.

Metodología

Se desarrolló una metodología cuantitativa, ya que se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que tienen un rango cuantitativo.

Para la realización de la investigación y desarrollo del proyecto, se planteó la siguiente metodología:

Objetivo específico 1:

Se contactó por vía telefónica o WhatsApp a los instructores que tuvieron la disponibilidad de participar en la toma de muestras. Después, se capacitaron de forma presencial o a través de un video a los instructores participantes. Por último, se le brindó a cada uno de ellos un frasco ámbar de 1000 ml esterilizado con alcohol al 90 %, gasa estéril, guantes y cava para mantener el frío.

La capacitación a cada uno de estos colaboradores se basó en la explicación del procedimiento para la toma de muestras de agua potable de grifo intradomiciliario, en donde se desinfecta la boquilla del grifo, se deja correr el agua durante 3 minutos, luego se enjuaga tres veces el frasco a utilizar con el agua de muestra para finalmente llenar hasta el tope el frasco ámbar, se realiza etiqueta y se transporta en la cava.

A continuación, se presentan los materiales utilizados para la realización de este objetivo:

- o Gasa estéril
- o Alcohol al 90 %
- o Frasco ámbar de 1000 ml esterilizado
- o Guantes
- o Cava

Objetivo específico 2:

Se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, en donde se analizó pH, alcalinidad total, dureza total, nitratos, entre otros parámetros con disponibilidad para medir en el laboratorio e importante para el cálculo del IRCA.

A continuación, se presenta los materiales utilizados para cada uno de los parámetros:

Parámetro	Método a utilizar
pH	Medición con multiparámetro, pHmetro
Alcalinidad total	Titulación, método volumétrico
Dureza Total	Titulación, método volumétrico
Turbiedad	Kit de Hanna, método colorimétrico
Hierro	Kit de Hanna, método colorimétrico
Nitratos	Kit de Hanna, método colorimétrico
Fosfatos	Kit de Hanna, método colorimétrico
Cloro libre residual	Kit de Hanna, método colorimétrico
Coliformes totales	Sustrato definido
Escherichia coli	Sustrato definido

Tabla 1: Métodos y materiales utilizados en la medición de parámetros

Para la medición y análisis de las muestras recolectadas, se inició con la medición del pH, el cual se realizó a través del multiparámetro ORION VERSASTAR PRO, generando una medida exacta del pH de la muestra.

La alcalinidad total se realizó con un proceso de titulación colorimétrica, apoyándonos del indicador anaranjado de Metilo, en donde a 50ml de muestra se le agregan 4 gotas de este, y eso puede dar 2 coloraciones: naranja o amarillo, si da naranja, es porque el pH de la muestra se encuentra por debajo de 4,5 y si da amarillo, es porque el pH está por encima de 4,5 y se necesita titular con ácido sulfúrico para bajarlo a 4,5 o menos. Después de realizar el proceso de titulación, la muestra va a arrojar la coloración naranja que se necesitaba, y luego de eso, se calcula la alcalinidad total, en donde se tiene en cuenta, los ml de ácido sulfúrico gastados, la normalidad de este y el volumen de la muestra.

El proceso de medición de Nitratos se realizó gracias al kit de Hanna que usa método colorimétrico, en donde a 10 ml de muestra se le agrega el contenido ya medido de una mezcla de disulfato de potasio, ácido sulfanílico, sulfato de cobre pentahidratado y cadmio, que reduce el nitrato a nitrito dando una coloración naranja que mide su concentración dependiendo de su intensidad en una escala de 0 a 50 mg/l de Nitratos.

Para el proceso de fosfatos, también se utilizó el kit de Hanna y los 10 ml de muestra a los cuales se le adiciona una porción ya medida de disulfato de potasio, que reacciona con los ortofosfatos mostrando a través de una coloración azul la concentración de fosfatos en un rango de 0 a 5 mg/l de este.

Para la medición de hierro, también se usa el Kit de Hanna y 10 ml de muestra, aquí se le agrega sulfito de sodio, que reduce los iones férricos a ferrosos y a través del indicador de fenantrolina nos arroja un color anaranjado y según su intensidad se demuestra su concentración en un rango de 0 a 5mg/l de hierro.

Para la medición de Cloro libre residual, el kit de Hanna tiene 2 reactivos líquidos, y uno es un buffer que lleva los 10 ml de muestra

a un pH de 6,3 ya que en estas condiciones el dietilfenilediamina es oxidado y se produce una coloración roja que indica la concentración del cloro libre residual en un rango de 0 a 2,5 mg/l de este.

Para el análisis de dureza total, se realizó una titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) donde el indicador era negro de eriocromo, el cual nos indica con una coloración Vinotinto, la presencia de iones metálicos en el agua. Finalmente para los parámetros microbiológicos en donde se analizó la presencia de coliformes totales y *Escherichia Coli* se usaron placas petrifilm las cuales son placas con medios específicos para cada grupo bacteriano y listas para el análisis de muestras de alimentos y agua potable, en donde se inocularon con 1 ml de agua en placas específicas para coliformes totales y *Escherichia Coli* y se incubaron a 36° C por 24 horas y con reconfirmación a las 48 horas.

Se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros, y posteriormente, se realizó la tabla de datos, con ayuda de la plataforma de Microsoft Excel. También, se tuvo en cuenta los valores máximos aceptables de cada parámetro, propuestos por la resolución 2115 del 2007.

Objetivo específico 3:

Se realizó una búsqueda bibliográfica en plataformas educativas y repositorios de investigaciones en donde se hayan realizado evaluaciones al agua potable de los municipios en estudio y se compararon los resultados obtenidos con estos.

Resultados y discusión

Objetivo específico 1:

Se logró capacitar a varios instructores, mediante capacitaciones individuales y/o grupales, ya que no se logró reunirlos a

todos en un mismo día por los diferentes horarios. Los instructores participantes fueron de gran ayuda para la toma de muestras en los diferentes municipios de Norte de Santander.



Fig. 1. Capacitación grupal de instructores CEDRUM.



Fig. 2. Toma de muestras del corregimiento de Campo Dos, municipio de Tibú.

Objetivo específico 2:

Según la resolución 2115 del 2007 se establecen unos rangos permitidos para cada uno de los parámetros estudiados. Para el pH el valor comprendido es entre 6,5 a 9,0. Para los nitratos, el valor máximo aceptable es 10mg/l. Para la alcalinidad total, 200 mg/l. Para Hierro, 0,3 mg/l. Para fosfatos, 0,5 mg/l. Para cloro libre residual, el valor comprendido es entre 0,3 y 2,0 mg/l., y para dureza, el valor máximo aceptable es 300 mg/l., los resultados que estén por fuera de estos rangos no son satisfactorios.

Parámetro	Rangos permitidos según resolución 2115/2007
Ph	6,5 a 9
Alcalinidad total	200 mg/L de CaCO ₃
Dureza total	300 mg/L de CaCO ₃
Hierro	0,3 mg/L de Fe
Nitratos	10 mg/L de NO ₃ -
Fosfatos	0,5 mg/L de PO ₄ 3-
Cloro libre residual	0,3 y 2,0 mg/L.
Coliformes totales	0 UFC
Escherichia coli	0 UFC

Tabla 2: Rangos permitidos por la resolución 215 del 2007 para el agua potable.

Después de realizar cada uno de los procedimientos para los parámetros con disponibilidad para medir en el laboratorio, se realizó la tabla de datos.

Muestra	Arboledas	Bochalema	Cácota	Chinacota	Cúcuta	Durania	El Zulia
Parámetro							
pH	7,867	7,39	7,5	7,8	8,06	7	7,5
Alcalinidad total	138 mg/l CaCO ₃	98 mg/l CaCO ₃	105 mg/l CaCO ₃	112 mg/l CaCO ₃	170 mg/l CaCO ₃	105 mg/l CaCO ₃	105 mg/l CaCO ₃
Dureza total	190 mg/l CaCO ₃	150 mg/l CaCO ₃	175 mg/l CaCO ₃	188 mg/l CaCO ₃	200 mg/l CaCO ₃	175 mg/l CaCO ₃	170 mg/l CaCO ₃
Hierro	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l	-0,3 mg/l
Nitratos	-10 mg/l	-10 mg/l	-10 mg/l	-10 mg/l	-10 mg/l	-10 mg/l	-10 mg/l
Fosfatos	1 mg/l	-0,5 mg/l	2 mg/l	2 mg/l	-0,5 mg/l	-0,5 mg/l	2 mg/l
Cloro libre residual	+0,5 y -1,5 mg/l	3 mg/l	-0,5 mg/l	1,5 mg/l	+0,5 Y -1,5 mg/l	-0,5 mg/l	-0,5 mg/l
Coliformes totales	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
Escherichia coli	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC

Tabla 3: Resultados obtenidos en el análisis de cada parámetro del agua potable

Observando las tablas de datos, los parámetros como el pH, hierro, nitratos y Escherichia coli se evidencian que, en todas las muestras analizadas, están dentro del rango permitido. Pero en alcalinidad total, la muestra de Tibú se encuentra fuera

del rango, en dureza total, las irregulares fueron en las muestras de Tibú y Villa del Rosario; en fosfatos, en Arboledas, Cacota, Chinacota, El Zulia, Mutiscua y Tibú; en cloro libre residual, sólo la de Bochalema; y en coliformes totales, Tibú, con 3 UFC.

Muestra	Arboledas	Bochalema	Cácota	Chinacota	Cúcuta	Durania	El Zulia
Parámetro							
pH	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad total	0	0	0	0	0	0	0
Dureza total	0	0	0	0	0	0	0
Hierro	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos	0	0	0	0	0	0	0
Fosfatos	1	0	1	1	0	0	1
Cloro libre residual	0	15	0	0	0	0	0
Coliformes totales	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL IRCA (62)	1,61	24,19	1,61	1,61	0	0	1,61

Muestra	Los Patios	Mutiscua	Pamplona	Puerto Santander	Salazar	Tibú	Villa del Rosario
Parámetro							
Ph	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad total	0	0	0	0	0	1	0
Dureza total	0	0	0	0	0	1	1
Hierro	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos	0	0	0	0	0	0	0
Fosfatos	0	1	0	0	0	1	0
Cloro libre residual	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	0	0	0	0	0	15	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL IRCA (62)	0	1,61	0	0	0	29,03	1,61

Tabla 4: Resultados del IRCA de cada municipio.

Al analizar las tablas con los puntajes fisicoquímicos y microbiológicos del IRCA, el cual nos da un valor para cada parámetro incumplido y nos arroja una sumatoria y un porcentaje final del índice de riesgo de la calidad del agua.

Objetivo específico 3:

Durante la búsqueda bibliográfica se encontraron varias investigaciones, pero no se encontraron estudios en donde se evaluarán los mismos municipios y parámetros, por esa razón solo comparamos

con el Boletín de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, estudio que nos sirvió para seleccionar los municipios a estudiar, ya que nos brindaba información del IRCA calculado en el año 2020.

Los municipios estudiados fueron 14 entre estos Los Patios, Mutiscua, Pamplona, Puerto Santander, Salazar, Tibú, villa del rosario, Arboledas, Bochalema, Cacota, Chinácota, Cúcuta, Durania y El Zulia.

Dentro del análisis de resultados se evidenciaron varias similitudes, entre estas que el índice de riesgo de calidad del agua para el municipio de Bochalema se mantiene en un rango medio, con un valor de 24,19, lo que cataloga a esta agua como un agua no apta para consumo humano.

Se evidencia que, en los municipios de Arboledas, Cacota, Chinácota, el Zulia y Mutiscua hay un ligero incremento del IRCA debido a que el análisis de fosfatos estuvo fuera del rango, parámetro que puede deberse a el exceso de uso de agroquímicos, con un puntaje de 1,61, categorizando el agua como apta para consumo humano.

También se evidencia un ligero crecimiento en el nivel del IRCA en el municipio de Villa del Rosario por incremento de la dureza total, incremento que puede deberse a que la muestra fue obtenida de un punto de la red de distribución alimentada por agua subterránea, con un puntaje de 1,61, categorizando el agua como apta para consumo humano.

Finalmente se evidencia un gran incremento en el IRCA del municipio de Tibú ya que pasa en el 2020 de un 8,96, reflejando un riesgo bajo a un 29,03, que refleja un riesgo medio, lo que cataloga a esta agua como un agua no apta para consumo humano.

El resto de los municipios obtienen un puntaje de 0, categorizando el agua como apta para consumo humano.

Los análisis realizados a las muestras de agua potable obtenidas del punto final de la red de distribución de los diferentes municipios deberían realizarse como soporte a la investigación en un laboratorio certificado y realizar la comparación con los obtenidos en la investigación.

En la resolución 2115 del 2007 no se especifican los métodos que deben usarse para los análisis fisicoquímicos, la mayoría de los análisis realizados en este estudio fueron análisis colorimétricos que dependían de la perspectiva del investigador.

Conclusiones

Es indispensable realizar una evaluación regular al sistema de potabilización de agua de cada uno de los municipios de Norte de Santander, no solo en el punto de distribución final sino durante todo el recorrido desde la salida de la planta hasta la entrega de este recurso a los usuarios. La mayoría del agua potable muestreada en el punto final de la red de distribución de los municipios estudiados tienen un puntaje del IRCA que no representa riesgo para la salud humana.

Los municipios que obtuvieron un resultado por fuera del rango establecido por la resolución 2115 del 2007 para el parámetro de los fosfatos, son municipios agrícolas y según bibliografía esta actividad laboral puede estar relacionada con este resultado.

Los Municipios de Bochalema y Tibú obtuvieron un puntaje medio en el IRCA lo cual establece que esta agua no es potable y es perjudicial para la salud humana, en Bochalema se evidencia un rango superior del establecido en el cloro libre residual lo cual puede deberse a una falla en la dosificación del químico en el proceso de desinfección. Con relación a Tibú, este municipio presenta varios parámetros fuera del rango la alcalinidad, la dureza, los fosfatos y en la parte microbiológica

los coliformes totales, lo cual si requiere una evaluación completa del proceso de potabilización.

Referencias

[1] J. J. Paéz Paéz, «Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de agua potable del municipio de Abrego Norte de Santander,» 2 julio 2020. [En línea]. Available: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5500/1/P%c3%a1ez_2021_TG.pdf.

[2] Instituto Nacional de Salud, «Boletín de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano,» octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/boletin-vigilancia-calidad-del-agua-octubre-2020.pdf>.

[3] M. Y. Dueñas-Celis, L. M. Dorado-González, P. Espinosa-Macana y S. H. Suescún-Carrero, «Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá Colombia 2004-2013,» Revista Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 36, nº 3, pp. 100-108, 2018.

[4] Instituto Nacional de Salud, «Boletín epidemiológico semanal,» 10 mayo 2020. [En línea]. Available: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_20.pdf.

Departamento Administrativo de la Función Pública, «Decreto 1575 de 2007,» mayo 2007. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>. [Último acceso: octubre 2023].

[5] Departamento de Función Pública, «RESOLUCIÓN NÚMERO 2115,» 22 junio 2007. [En línea]. Available: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>. [Último acceso: 2023].

[6] S. Ríos Tobón, R. Agudelo Cadavid y L. Gutierrez Builes, «Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano,» Fac. Nac. Salud Pública, vol. 35, nº 2, pp. 36-247, 2017.

