



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Calidad de agua para consumo humano del casco urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, correspondiente al II semestre del año 2024

Cruz; H, Gutiérrez; G, Rayo; N.

Asesor/Tutor

Dr. Kenny López Benavides

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELI

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR - ESTELI**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

**Calidad de agua para consumo humano del casco urbano del
Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, correspondiente
al II semestre del año 2024**

Tesis para optar al grado de
Ingeniero Ambiental

Autor/es

Harold Antonio Cruz Méndez
Glenda Azucena Gutiérrez Castro
Naraly Sofia Rayo Romero

Asesor/es

Dr. Kenny López Benavides

Diciembre, 2024



Dedicatoria

Primeramente, dedicamos nuestro trabajo a Dios, creador de todas las cosas, el que nos ha dado sabiduría y fortaleza para continuar cuando hemos estado a punto de caer; por ello, le estamos eternamente agradecidos.

De igual forma a nuestros padres, a quien le debemos la vida, cariño, apoyo incondicional y sobre todo comprensión ya que ellos son quienes han sabido formarnos con buenos sentimientos, hábitos, principios y valores lo cual nos ha ayudado a vencer muchos retos y salir adelante buscando siempre lo mejor.

A nuestros esfuerzos ya que fue la parte fundamental para el éxito y la realización de nuestra investigación, obteniendo resultados positivos y satisfactorios gracias a nuestro desempeño.

Agradecimiento

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el período de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestros profesores, por su apoyo y esfuerzo que han realizado para nosotros poder superarnos y ser mejores personas ante la sociedad.

A nuestros padres y demás familiares ya que nos brindaron el apoyo, la dedicación y los consejos necesarios para fortalecernos y motivarnos para seguir adelante.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS Y SALUD

"2024: Universidad Gratuita y de Calidad para seguir en Victorias"

Estelí, 05/12/2024

CONSTANCIA

Por este medio estoy manifestando que la investigación: Calidad de agua para consumo humano del casco urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, correspondiente al II semestre del año 2024, cumple con los requisitos académicos de la clase de Seminario de Graduación, para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Los autores de este trabajo son las/os estudiantes: Harold Antonio Cruz Méndez (20510257), Glenda Azucena Gutiérrez Castro (20510675) y Naraly Sofía Rayo Romero (18510983); y fue realizado en el II semestre de 2024, en el marco de la asignatura de Seminario de Graduación, cumpliendo con los objetivos generales y específicos establecidos, que consta en el artículo 9 de la normativa, y que contempla un total de 60 horas permanentes y 240 horas de trabajo independiente.

Considero que este estudio será de mucha utilidad para la gestión del recurso hídrico, la comunidad estudiantil y las personas interesadas en esta temática.

Atentamente,

Dr. Kenny López Behavides
<https://orcid.org/0009-0003-6736-3244>
CUR-Estelí, UNAN-Managua

Cc/Archivo

Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL, Tel 27137734, Ext 7430
Cod. Postal 49 – Estelí, Nicaragua
dcts.curcestelo@unan.edu.ni

Resumen

El objetivo de la investigación fue realizar un análisis detallado de la calidad del agua destinada al consumo humano en el municipio de San Nicolás, departamento de Estelí, para lograr este objetivo, se estableció un contacto directo con la Alcaldía municipal de San Nicolás para recopilar información sobre los diversos puntos de abastecimiento de agua que sirven a la población, incluyendo fuentes superficiales como subterráneas. Asimismo, se extendió una carta formal de solicitud a la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL), con el propósito de obtener el acceso a su laboratorio con equipos y el personal capacitado para llevar a cabo los análisis pertinentes de las muestras de agua recolectadas. En el desarrollo de este proceso investigativo, se tomó en cuenta de manera rigurosa la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 05 007 98), la cual define de manera precisa los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los niveles de calidad del agua para ser considerada apta para el consumo humano en el territorio nacional. Esta norma establece los límites máximos permisibles para una amplia gama de contaminantes y microorganismos. De manera complementaria, se consideró la Norma Regional Centroamericana (CAPRE), que también especifica criterios de calidad del agua y que permite una perspectiva comparativa a nivel regional. La aplicación de ambas normativas garantiza la rigurosidad y la validez de los resultados obtenidos, contribuyendo a un conocimiento más profundo sobre la calidad del agua en San Nicolás y a la posible implementación de medidas correctivas o preventivas si fueran necesarias.

Palabras clave: Agua, Calidad, Consumo, Contaminante, Salud.

Abstract

The main objective of this research is to carry out a detailed analysis of the quality of water intended for human consumption in the municipality of San Nicolas, Estelí department, to achieve this objective, direct contact was established with the Municipal Mayor's Office of San Nicolas to collect essential information on the various water supply points that serve the population, including surface and underground sources. Likewise, a formal letter of request was sent to the Nicaraguan Water and Sewerage Company (ENACAL), with the purpose of obtaining access to its laboratory with equipment and trained personnel to carry out the relevant analysis of the water samples collected. In the development of this research process, the Nicaraguan Mandatory Technical Standard (NTON 05 007 98) was rigorously taken into account, which precisely defines the physicochemical and microbiological parameters that must meet the water quality levels to be considered suitable for human consumption in the national territory. This standard establishes the maximum permissible limits for a wide range of pollutants and microorganisms. In addition, the Central American Regional Standard (CAPRE) was considered, which also specifies water quality criteria and allows a comparative perspective at the regional level. The application of both regulations guarantees the rigor and validity of the results obtained, contributing to a deeper knowledge of water quality in San Nicolas and to the possible implementation of corrective or preventive measures if necessary.

Key words: Water, Quality, Consumption, Pollutant, Health.

Índice

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Introducción | 1 |
| 2. | Antecedentes..... | 2 |
| 3. | Planteamiento del problema | 5 |
| 3.1 | Caracterización general del problema | 5 |
| 3.2 | Preguntas de investigación..... | 5 |
| 4. | Justificación | 6 |
| 5. | Objetivos..... | 7 |
| 5.1 | Objetivo General | 7 |
| 5.2 | Objetivos Específicos | 7 |
| 6. | Fundamentación Teórica | 8 |
| 6.1 | Marco teórico..... | 8 |
| 6.2 | Calidad de agua | 9 |
| 6.3 | Norma técnica obligatoria nicaragüense (NTON 05-007-98)..... | 9 |
| 6.4 | Parámetros establecidos por la NTON 05-007-98..... | 11 |
| 6.5 | Oxígeno disuelto | 15 |
| 6.6 | Alcalinidad y pH..... | 15 |
| 6.7 | Turbidez | 16 |
| 6.8 | Hierro total..... | 16 |
| 6.9 | Sólidos disueltos totales | 17 |
| 6.10 | Coliformes totales..... | 17 |
| 6.11 | NORMAS CAPRE | 19 |
| 6.12 | Pozo perforado..... | 22 |
| 6.13 | Mini acueducto por gravedad (MAG)..... | 23 |
| 6.14 | Pozo excavado..... | 23 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.15 | Hidrogeología..... | 23 |
| 7. | Supuesto de la investigación | 25 |
| 8. | Operacionalización de variables | 26 |
| 9. | Diseño metodológico | 28 |
| 9.1 | Tipo de investigación..... | 28 |
| 9.2 | Área de estudio | 28 |
| 9.3 | Población y muestra | 29 |
| 9.4 | Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos | 30 |
| 9.5 | Etapas de la investigación..... | 31 |
| 9.6 | Procedimiento de análisis..... | 31 |
| 9.6.1 | Muestreo | 31 |
| 9.6.2 | TDS..... | 32 |
| 9.6.3 | Análisis físico químico..... | 34 |
| 9.6.4 | Análisis bacteriológicos..... | 42 |
| 10. | Análisis y discusión de resultados | 49 |
| 10.1 | Percepción de los pobladores sobre la calidad del agua de consumo. | 49 |
| 10.2 | Análisis físico, químicos y bacteriológico del agua de consumo. | 53 |
| 10.3 | Resultados de análisis físico, Químico y bacteriológicos | 55 |
| 10.4 | Plan de acción enfocado en el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico. 61 | |
| 11. | Conclusiones | 63 |
| 12. | Recomendaciones | 64 |
| 13. | Referencias y bibliografía | 65 |
| 14. | Anexos..... | 68 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tipos de cuerpos de agua. | 10 |
| Tabla 2. Parámetros, límites o rangos máximos de agua tipo 1. | 11 |
| Tabla 3. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 2. | 12 |
| Tabla 4. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 3. | 13 |
| Tabla 5. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 4. | 14 |
| Tabla 6. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 5. | 14 |
| Tabla 7. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 6. | 14 |
| Tabla 8. Análisis Físicoquímicos y bacteriológicos, PP N° 1 Pozo Viejo (SALIDA A SALMERÓN) | 55 |
| Tabla 9. Análisis físico, químico y bacteriológicos del MAG, Tanque de Almacenamiento..... | 57 |
| Tabla 10. Análisis físico, químico y bacteriológicos, PEM, Juan de la Cruz Salas. ... | 59 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Hidrogeología del área de estudio..... | 24 |
| Figura 2. Ubicación del área de estudio. | 29 |
| Figura 3. Muestreo de pozo perforado. | 68 |
| Figura 4. Muestreo MAG. | 69 |
| Figura 5. Muestreo de pozo excavado. | 70 |
| Figura 6. Análisis de laboratorio. | 73 |
| Figura 7. Carta de solicitud a ENACAL. | 74 |
| Figura 8. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos PP N°1 Pozo Viejo (SALIDA A SALMERÓN)..... | 75 |
| Figura 9. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos MAG El Apante, TANQUE DE ALMACENAMIENTO. | 76 |
| Figura 10. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos PEM, Juan de la Cruz Salas. | 77 |

1. Introducción

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en cuanto a recursos hídricos, cuenta con 38,668 m³/cápita/año, lo que posiciona al país por encima del promedio para los países de Centroamérica. A pesar de ello, la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos ha tenido un gran impacto en la disponibilidad. Frente a ello, en la última década, el país ha iniciado actividades para establecer una política y legislación apropiadas para la gestión integral del agua. Además, ha destacado en el inicio de la formación de profesionales con capacidades específicas para administrar el recurso. (FAO NIC ORG)

Es allí donde la calidad del agua es parte indiscutible del recurso hídrico, donde el control y monitoreo es fundamental para la salud pública y evitar enfermedades transmitidas por agua contaminada.

La presente investigación pretende analizar la calidad del agua que ofrece el casco urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, haciendo comparativas los resultados obtenidos con los parámetros establecidos dentro de la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 05 007 98 y a su vez con la Norma Regional CAPRE, los cuales van desde parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, además, tomando en cuenta factores que contribuye a las modificaciones del recurso hídrico como lo socioeconómico y ambiental. Se logró realizar visitas a campo, un exhaustivo análisis de sitio para conocer las condiciones en que se encuentran las fuentes de agua de la localidad, indagación de información para fortalecer y apoyar dicha investigación, por otro lado, con el respaldo de la institución local para permitir realizar los análisis necesarios, todo esto con el objetivo de identificar posibles riesgos para la salud pública y a la vez proponer estrategias de mejora en la gestión del recurso hídrico en la región. La evaluación de la calidad del agua es un tema de suma importancia, especialmente cuando hablamos de contextos urbanos en donde el acceso al agua potable segura es primordial.

2. Antecedentes

Un aspecto esencial por considerar en la calidad del agua es la presencia y concentración de contaminantes. Estos pueden ser de diversa índole, incluyendo microorganismos dañinos, compuestos químicos tóxicos e incluso desechos industriales. Una elevada concentración de estos elementos puede tener efectos perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente, causando enfermedades, la muerte de especies acuáticas y la contaminación de ecosistemas. (Calidad del agua)

El control del agua, por tanto, se convierte en una tarea fundamental para garantizar su calidad. Este proceso implica la vigilancia y monitorización regular de las fuentes de agua y su tratamiento para eliminar o reducir la presencia de los contaminantes antes de que llegue a los consumidores finales. Sistemas eficaces de control y gestión del agua también pueden ayudar a identificar y afrontar problemas emergentes antes de que se conviertan en amenazas graves para la salud y el medio ambiente.

Se debe destacar que hay disponibilidad de información referente a este tema investigativo que a continuación se citan.

En el departamento de Tolima se llevó a cabo un análisis de calidad del agua para consumo humano y su relación con la incidencia notificada de Hepatitis A, Enfermedad Diarreica Aguda (eda) e indicadores sociales. el 63,83% de los municipios del Tolima presentaron agua no potable. En la categoría de inviable sanitariamente se clasificaron los municipios: Ataco, Cajamarca, Planadas, Rovira, Valle de San Juan y Villarrica. El 27,7% de los municipios evidenciaron resultados con coliformes. No se encontró asociación estadística entre la incidencia de las enfermedades trazadoras y la calidad del agua; se encontró relación estadísticamente significativa entre la cobertura de acueducto, alcantarillado, nivel educativo y calidad del agua. (Briñez A, Guarnizo G, & Arias V., 2012)

El siguiente estudio evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en nueve estaciones de bombeo del EPMAPAQ,

en épocas lluviosa y seca. Se compararon los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en las normativas (Acuerdo ministerial N° 097 Norma INEN 1108, TULSMA, EPA y OMS), bajo el criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico. Se determinó el Índice de Calidad de Agua (ICA) y la correlación estadística entre los parámetros, usando la prueba de "t" de Student, con una significancia estadística de $p = 0,05$ entre las dos épocas. Los parámetros: nitritos, nitratos, turbidez, sólidos disueltos totales, pH, dureza total, color y hierro, se encuentran en el rango de aceptabilidad de calidad ambiental. Los valores, manganeso y oxígeno disuelto sobrepasan los límites máximos permisibles por el TULSMA, al igual que los coliformes fecales, en época lluviosa. La mayoría de los parámetros presentaron diferencias significativas ("t" al 5%) entre las dos épocas. El agua del cantón Quevedo está levemente contaminada y requiere tratamiento de potabilización previo a su consumo. (Bacque-Mite, 2016)

En continuidad de diagnosticar la calidad del agua de consumo en comunidades del sector rural (Tesis Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua Article in Universitas (León) (August 2007). El objetivo del diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua fue caracterizar la calidad del agua de consumo humano del sector. Se realizaron análisis microbiológicos (N=69), análisis físico-químicos (N=67) y análisis de plaguicidas (N=48). Además, se realizó una encuesta sobre las características de las fuentes de agua (pozos), el uso y tratamientos de sus aguas. Los análisis microbiológicos mostraron que un 95.7% de los resultados, no cumplen con los requisitos establecidos en las normas CAPRE. Según los estándares del laboratorio de microbiología de la UNAN-León, el 97.1% de las muestras están contaminadas.

El 18.8% de los pozos presenta contaminación físico-química y el 31.3% de los pozos presentan contaminación con plaguicidas. El principal plaguicida encontrado fue el Clorpirifos, seguido por DDT. Las pruebas estadísticas asociaron significativamente ($r = 0.580$, $p < 0.05$) la contaminación microbiana con el tipo de pozo. Existe un grado de asociación significativa entre la contaminación microbiana y la presencia de animales

cerca del pozo. Los resultados sugieren que la contaminación se da fundamentalmente por introducción directa de mecate contaminados a los pozos. (González, 2007)

La siguiente investigación se realizó en la comunidad indígena de Kamla en la Región Autónoma de la Costa Caribe Nicaragüense (RACCN). Se tomaron muestras en diecisiete sitios, como los abastecedores de agua. En cada sitio se valoraron los parámetros físico-químicos: oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbidez, demanda bioquímica, nitratos, fosfatos, sólidos totales disueltos; despuntando dos parámetros (pH y DBO5), como los que están alterando la calidad; y, desde el punto de vista bacteriológico fueron: *Coliformes fecales* y *Escherichia coli*, datos que presentan una contaminación alta del agua examinada, según las comparaciones con la Norma Nicaragüense (NTON 09 001 99) y Norma CAPRE. En relación a los resultados del método ICA, clasificaron de regular la calidad del agua superficial, requiriendo, por tanto, de un tratamiento potabilizador adecuado. Además, se realizó una valoración de macro invertebrados bentónicos en los ríos seleccionados para poder establecer el índice biológico de calidad de estas aguas, con resultados negativos. Los resultados del agua de los pozos, muestran que no son aptas para el consumo humano en las condiciones actuales, ya que presentan altos contenidos de bacterias *Coliformes fecales* y *Escherichia coli*, requiriendo de un tratamiento de desinfección intensiva. Se establecen medidas preventivas y de mitigación para mejorar la calidad del recurso hídrico en la comunidad de Kamla, lo que redundará en mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad. (Torrez & Ray, 2011)

3. Planteamiento del problema

¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano del casco urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí?

3.1 Caracterización general del problema

La preocupación de la calidad del agua es una de las situaciones más críticas medio ambientales y con más urgencias a tratar, esto radica por la disponibilidad de agua limpia y segura, puesto que, al tratar agua contaminada, estamos atentando con nuestra propia salud y a su vez haciendo un daño irreversible a nuestros ecosistemas.

Con el paso de los años, el desarrollo industrial, la deforestación, la agricultura y las malas prácticas realizadas de una mala gestión del recurso hídrico, como verter residuos industriales y el mal tratamiento que se le da a las aguas residuales en zonas urbanas, estamos latentes a una pésima calidad del vital líquido, otro factor altamente contribuyente a la mala calidad del agua son las variaciones climáticas extremas que contribuyen a la degradación de la calidad del agua. Las inundaciones pueden arrastrar contaminantes hacia los cuerpos de agua, tales como basura, sedimentos y las propias aguas residuales, mientras que las sequías pueden concentrar los contaminantes en cantidades menores de agua.

3.2 Preguntas de investigación

¿Cómo afecta la calidad del agua en la salud humana?

¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua en el municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí?

¿Cómo se pueden mejorar las estrategias de gestión de recursos hídricos para garantizar la calidad del agua a largo plazo?

4. Justificación

Ante las necesidades de una buena calidad del agua, el gobierno central ha tomado medidas a través de las leyes y forjando el cumplimiento de las mismas, mediante control, seguimiento y monitoreo del estado actual de los recursos hídricos, para un mejor desarrollo, conservación, uso y aprovechamiento que garantiza la disponibilidad del vital líquido.

Es por esto que las normas NTON 05-007-98 y las normativas CAPRE establecen parámetros con el fin de determinar el buen estado y proporciona una clasificación de los recursos hídricos de acuerdo a sus usos, garantizando la salud pública al abastecer agua potable y aplicando una adecuada higiene.

Una de las maneras más factibles de conocer el estado actual del recurso, es realizando análisis de parámetros físico químicos y bacteriológicos, en donde una vez obteniendo los resultados se compararán si están dentro de los rangos establecidos permisibles a través de las normas CAPRE y NTON 05-007-98.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el casco urbano del municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, correspondiente al II semestre del año 2024.

5.2 Objetivos Específicos

- Describir la percepción de los pobladores sobre la calidad del agua de consumo.
- Determinar la calidad del agua de consumo por medio de análisis físico químicos y bacteriológicos, comparando los resultados obtenidos con los rangos establecidos en las normas CAPRE y NTON 05-007-98.
- Proponer un plan de acción enfocado en el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.

6. Fundamentación Teórica

6.1 Marco teórico

Estableciendo que el recurso natural agua es Patrimonio de la Nación y corresponde, por tanto, al Estado promover el desarrollo económico y social por medio de la conservación, desarrollo y uso sostenible del mismo, evitando que pueda ser objeto de privatización alguna, que es derecho de los pueblos indígenas y comunidades étnicas de la Costa Caribe el de gozar, usar y disfrutar de las aguas que se encuentren dentro de sus tierras comunales, bajo los preceptos establecidos en las leyes correspondientes.

1. La ley 217: Aprobada el 17 de enero de 2014, indica las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales asegurando su uso racional y sostenible.

Según el artículo 1. Algunas normas de esta ley están más relacionadas con el quehacer de los CAPS, como la que dice: “Estamos en la obligación de conservar, proteger, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales”. Por ejemplo, manda a hacer un uso adecuado y moderado del agua, de acuerdo con lo señalado en la Constitución Política. Además, establece un marco general sobre la participación y las formas de acceder a la información.

2. Ley 620 General de Aguas Nacionales: Aprobada el 15 de mayo de 2007, La presente Ley tiene por objeto establecer el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos existentes en el país, sean estos superficiales, subterráneos, residuales y de cualquier otra naturaleza, garantizando a su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente.

3. Ley Especial del Comité de Agua Potable y Saneamiento: Aprobada el 19 de mayo de 2010, esta ley se enfoca en la regulación y supervisión de los servicios de agua potable y saneamiento.

4. Ley General de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: Aprobada en junio de 1998, esta ley establece los derechos y responsabilidades relacionados con los servicios de agua potable y alcantarillado.

5. Ley de Creación de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL): Aprobada en noviembre de 1997, esta ley establece la estructura y funciones de ENACAL, la empresa estatal encargada de la gestión de los servicios de agua y alcantarillado en Nicaragua.

6. Decreto No. 45-98: Este decreto regula las tarifas en el sector de agua potable y alcantarillado, aprobado en junio de 1998.

Además, la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable (NTON 09 007-19), publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 202 del 03 de noviembre de 2021, establece criterios técnicos para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable urbano y rural. Esta norma es de cumplimiento obligatorio para diseñadores, ejecutores de obras y empresas prestadoras del servicio de agua potable en Nicaragua.

6.2 Calidad de agua

La calidad de agua en los recursos hídricos tiene un valor social y económico en la actualidad como fuente de abastecimiento de agua, asociada a los diferentes usos de la población como agua potable, agua para riego, medio para la preservación de biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y, por supuesto, representa un potencial para el desarrollo y futuro de un país. Cuando existen procesos que interfieren con los diferentes usos de los cuerpos de agua para el ser humano o degradan el valor ecológico en la preservación de ecosistemas, se procura analizar el estado del cuerpo de agua y buscar soluciones que finalmente significan mejorar la gestión de agua en las cuencas hidrográficas, que pueden aportar o limitar los impactos que afectan la calidad de agua. (CAPS NIC ORG) Para esto, describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar. Para determinarla, se miden y analizan estos elementos, por ejemplo, la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene.

A partir de esa información, los datos obtenidos se comparan con ciertos estándares para decidir cuál es el uso apropiado para esa agua analizada. Es decir, una determinada agua puede ser apta para lavar, pero no para beber.

6.3 Norma técnica obligatoria nicaragüense (NTON 05-007-98)

Esta norma establece los parámetros para determinar los niveles de calidad permisibles de los cuerpos de agua (lagos, lagunas, lagos artificiales, manantiales, ríos, aguas subterráneas, estuarios y mares), de acuerdo con los usos a los cuales se destinen. Con el objeto de determinar la capacidad y condiciones del aprovechamiento

de los recursos hidráulicos y los niveles y calidad de vertimientos tolerables para cada cuerpo de agua, se establecen seis tipos de cuerpos de agua:

Tabla 1. Tipos de cuerpos de agua.

| | |
|--|--|
| <p>Tipo 1.</p> <p>Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Las aguas de este Tipo se desagregan en dos categorías:</p> | <p>Categoría 1-A</p> <p>Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.</p> |
| | <p>Categoría 1-B</p> <p>Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.</p> |
| <p>Tipo 2.</p> <p>Aguas destinadas a usos agropecuarios. Estas se desagregan en dos categorías:</p> | <p>Categoría 2-A</p> <p>Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano.</p> |
| | <p>Categoría 2-B</p> <p>Aguas destinadas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y uso pecuario.</p> |
| <p>Tipo 3.</p> <p>Aguas marinas o medios costeros destinados a la cría y explotación de moluscos para su consumo humano.</p> | |
| <p>Tipo 4.</p> <p>Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia. Las aguas de este</p> | <p>Categoría 4-A</p> <p>Aguas para el contacto humano total.</p> |
| | <p>Categoría 4-B</p> |

| | |
|--|--|
| Tipo se desagregan en dos categorías: | Aguas para el contacto humano parcial. |
| Tipo 5. Aguas destinadas para usos industriales que no requieren agua potable. | |
| Tipo 6. Aguas destinadas a la navegación y generación de energía. | |

([INTON],, 2000)

6.4 Parámetros establecidos por la NTON 05-007-98

(*) También puede ser expresado como porcentaje de saturación y debe ser mayor de 50%.

(**) Promedio mensual menor de 2000 NMP por cada 100 ml.

(***) Promedio mensual menor de 10000 NMP por cada 100 ml.

Tabla 2. Parámetros, límites o rangos máximos de agua tipo 1.

| Parámetro | Límite o rango máximo | |
|---|-----------------------|---------------------|
| | Categoría 1 A | Categoría 1 B |
| Oxígeno disuelto (OD) | > 4.0 mg/l (*) | > 4.0 mg/l (*) |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ , 20) | 2.0 mg/l | 5.0 mg/l |
| pH | mín. 6.0 y máx. 8.5 | mín. 6.0 y máx. 8.5 |
| Color real | < 15 U Pt-Co | < 150 U Pt-Co |
| Turbiedad | < 5 UNT | < 250 UNT |
| Fluoruros | mín 0.7 y máx. 1.5 | < 1.7 mg/l |
| Hierro Total | 0.3 mg/l | 3 mg/l |
| Mercurio Total | 0.001 mg/l | 0.01 mg/l |
| Plomo Total | 0.01 mg/l | 0.05 mg/l |
| Sólidos Totales disueltos | 1000 mg/l | 1500 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | 400 mg/l |
| Zinc | 3 mg/l | 5 mg/l |
| Cloruros | 250 mg/l | 600 mg/l |
| Organismos Colif. Totales | (**) | (***) |

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Cianuro total | 0.1 mg/l |
| Cobre total | 2.0 mg/l |
| Cromo total | 0.05 mg/l |
| Detergentes | 1.0 mg/l |
| Dispersantes | 1.0 mg/l |
| Dureza como CaCO ₃ | 400 mg/l |
| Extracto de carbono al cloroformo | 0.15 mg/l |
| Fenoles | 0.002 mg/l |
| Manganeso total | 0.5 mg/l |
| Nitritos + Nitratos (N) | 10.0 mg/l |
| Plata total | 0.05 mg/l |
| Selenio | 0.01 mg/l |
| Sodio | 200 mg/l |
| Organofosforados y Carbamatos | 0.1 mg/l |
| Organoclorados | 0.2 mg/l |
| Actividad α | max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l) |
| Actividad β | max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l) |

Tabla 3. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 2.

| Parámetro | Límite o rango máximo | |
|---------------------------|-----------------------|------|
| | 2 A | 2 B |
| Organismos colif. totales | (•) | (••) |
| Organismos colif. fecales | (+) | (++) |

- (•) Promedio mensual menor de 1000 NMP por cada 100 ml.
- (••) Promedio mensual menor de 5000 NMP por cada 100 ml.
- (+) Promedio mensual menor de 100 NMP por cada 100 ml.
- (++) Promedio mensual menor de 1000 NMP por cada 100 ml.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Aluminio | 1.0 mg/l |
| Arsénico total | 0.05 mg/l |
| Bario total | 1.0 mg/l |
| Boro | 0.75 mg/l |
| Cadmio | 0.005 mg/l |
| Cianuro | 0.2 mg/l |
| Cobre | 0.2 mg/l |
| Cromo total | 0.05 mg/l |
| Hierro total | 1.0 mg/l |
| Litio | 5.0 mg/l |
| Manganeso total | 0.5 mg/l |
| Mercurio | 0.01 mg/l |
| Molibdeno | 0.005 mg/l |
| Níquel | 0.5 mg/l |
| Plata | 0.05 mg/l |
| Plomo | 0.05 mg/l |
| Selenio | 0.01 mg/l |
| Sodio | 200 mg/l |
| Sólidos disueltos totales | 3000 mg/l |
| Sólidos flotantes | Ausentes |
| Vanadio | 10.0 mg/l |
| Zinc | 5.0 mg/l |
| Organofosforados y Carbamatos | 0.1 mg/l |
| Organoclorados | 0.2 mg/l |
| Actividad α | max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l) |
| Actividad β | max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l) |

Tabla 4. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 3.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|---|---------------------------------------|
| Oxígeno disuelto (OD) | > 5.0 mg/l ^(*) |
| pH | mín. 6.5 y máx. 8.5 |
| Aceites minerales | 0.3 mg/l |
| Detergentes no biodegradables | < 1 mg/l |
| Detergentes biodegradables | < 0.2 mg/l |
| Residuos de petróleo, sólidos sedimentables y flotantes | Ausentes |
| Metales y otras sustancias tóxicas | No detectables ^(**) |
| Fenoles y sus derivados | 0.002 mg/l |
| Organofosforados y Carbamatos | 0.1 mg/l |
| Organoclorados | 0.2 mg/l |
| Organismos colif. totales | ^(***) |
| Actividad α | max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l) |
| Actividad β | max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l) |

La muestra a captar para la realización de los análisis deberá ser representativas de la calidad del cuerpo de agua a ser aprovechado, tomando en consideración las fuentes de contaminación que pudieran afectar a la zona bajo estudio.

Tabla 5. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 4.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-----------------------|---|
| Oxígeno disuelto (OD) | > 5.0 mg/l (*) |
| pH | mín. 6.5 y máx. 8.5 |
| Aceites minerales | 0.3 mg/l |
| Detergentes | < 1 mg/l |
| Sólidos disueltos | desviación menor de 33% de la condición natural |

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|---|---------------------------------------|
| Residuos de petróleo, sólidos sedimentables y flotantes | Ausentes |
| Metales y otras sustancias tóxicas | No detectables (**) |
| Fenoles y sus derivados | 0.002 mg/l |
| Organofosforados y Carbamatos | 0.1 mg/l |
| Organoclorados | 0.2 mg/l |
| Actividad α | max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l) |
| Actividad β | max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l) |

Tabla 6. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 5.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|---|-----------------------|
| Fenoles y sus derivados | 0.002 mg/l |
| Aceites y espumas | Ausentes |
| Sustancias que originen sedimentación de sólidos y formación de lodos | Ausentes |

Tabla 7. Parámetros, límites o rangos máximos de aguas tipo 6.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-----------------------|-----------------------|
| Oxígeno disuelto (OD) | > 3.0 mg/l |

6.5 Oxígeno disuelto

El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. (UCM)

La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera. (UCM)

Este oxígeno se disuelve con facilidad hasta que el agua se satura. Una vez disuelto, se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento del agua. Este proceso es natural y continuo, de modo que continuamente existe intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. La dirección y velocidad depende del contacto entre ambos. Un agua turbulenta, un torrente de montaña o un lago con oleaje tendrá mayor absorción ya que la superficie del agua está expuesta al aire. (UCM)

Las aguas estancadas retienen y absorben menos oxígeno. Las plantas también juegan un papel fundamental, ya que durante el día captan dióxido de carbono convirtiéndolo en oxígeno. (Merlo, Pernia, & Ramirez, 2018)

6.6 Alcalinidad y pH

Alcalinidad y pH están muy relacionados y a menudo son medidos conjuntamente. pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno o la acidez del agua. Alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar o regular cambios en acidez. pH es clasificado como un contaminante secundario por la USEPA con un rango sugerido de 6.5 a 8.5. El pH en las bebidas gaseosas por fuera del rango sugerido no representa un riesgo directo en la salud. Sin embargo, valores de pH por debajo de 6.5 podría indicar agua corrosiva la cual puede movilizar metales en tuberías. Para valores de pH por debajo de 6.5, considere un análisis de corrosión y/o un análisis por metales (especialmente plomo y cobre). Elevada alcalinidad no plantea un riesgo directo en la salud, pero puede provocar obstrucción en las tuberías y calentadores de agua. Esto puede acortar la vida útil de los calentadores de agua y causar problemas en accesorios y dispositivos en el hogar. Usar ablandadores de agua es un tratamiento común en los hogares para resolver este problema. (Singler & Bauder)

6.7 Turbidez

Las algas, los sedimentos en suspensión, la materia orgánica y los contaminantes pueden enturbiar el agua. Las partículas en suspensión difunden la luz solar y absorben calor lo cual puede causar un aumento en la temperatura y una reducción de la luz para la fotosíntesis de las algas. La turbidez debida a sedimentos en suspensión puede indicar una erosión natural o artificial. Los sedimentos en suspensión pueden obstruir las branquias de los peces. Cuando el sedimento precipita, puede dañar los lechos de grava y enterrar los huevos de los peces e insectos bénticos. El sedimento puede transportar contaminantes, patógenos y nutrientes.

Como se mide:

- Medidor de turbidez: Mide la cantidad de luz que es dispersada cuando se dirige a una muestra de agua. Las unidades utilizadas son las unidades de turbidez nefelométricas (UTNs). Los medidores se llaman nefelómetros o turbidímetros. El precio de estos instrumentos (\$900) limitan su disponibilidad para los voluntarios.
- Tubos de turbidez: El observador mira un objeto a través del agua en un tubo y lo compara visualmente a un standard. Los resultados se pueden convertir a unidades de turbidez Jackson (JTUs).
- Disco Secchi (solamente para el agua estancada): El observador mide la profundidad a la cual el Disco Secchi ya no es visible. Los resultados se miden en pies o metros.
- No se debe utilizar las unidades NTU y JTU intercambiamente. Las JTU se basan en la observación de un objeto a través del tubo de agua. Las NTU miden la luz dispersada a 90°. Se recomienda utilizar un nefelómetro para comparar los resultados a los objetivos de calidad de agua expresados en NTUs. Los tubos de turbidez se pueden utilizar para evaluar problemas de contaminación o cambios significativos en turbidez. (Merlo, Pernia, & Ramirez, 2018)

6.8 Hierro total

En aguas con altos niveles de hierro disuelto pueden proliferar algunos tipos de bacterias que obtienen su energía al reaccionar con este metal. Fruto de esta reacción es la aparición de un lodo marrón gelatinoso, que mancha al contacto y que puede contribuir a la corrosión interna de las tuberías, y a la obstrucción de los sistemas de agua y los equipos de tratamiento del agua.

Las bacterias del hierro no dan problemas de salud cuando son ingeridas en el agua, pero le dan un sabor desagradable, metálico. (Merlo, Pernia, & Ramirez, 2018)

6.9 Sólidos disueltos totales

TDS es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. TDS es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Este estándar secundario se establece porque TDS elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber ésta. TDS también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua. Tratamiento de agua por TDS puede lograrse por ósmosis reversa o destilación. (Singler & Bauder)

6.10 Coliformes totales

Este grupo de bacterias pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos, fermentan la lactosa a 35°C +/- 2°C con la producción de ácido y gas, catalasa positiva, móviles en su gran mayoría por medio de flagelos peritricos. Las bacterias de este grupo son: Escherichia coli y miembros de los géneros Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella. Tienen una importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Estos organismos se eliminan fácilmente por tratamiento térmico, por lo cual su presencia en alimentos sometidos al calor sugiere una contaminación posterior al tratamiento térmico o que éste ha sido deficiente.

Escherichia Coli: Son Coliformes que fermentan la lactosa con producción de gas a una temperatura de 44 a 44,5°C ± 0,2, de vida libre y se transmiten por malos hábitos de manipulación en los alimentos. En este grupo se incluye el 90% de las colonias de E. coli La prueba de Coliformes Fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el Coliformes aislado sea Escherichia Coli. Se emplea como un indicador de contaminación fecal en 16 alimentos y por tanto determina si el alimento ha sido

manipulado durante todo el proceso en condiciones que aseguren su higiene. Los Coliformes Fecales integran el grupo de los Coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 113°F) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos entre un 90% y un 100% son E.coli mientras que en aguas residuales y muestras contaminadas este porcentaje disminuye a un 59%. (Rodriguez, 2020)

6.11 NORMAS CAPRE

Cuadros 1. Parámetros Bacteriológicos (a)

| ORIGEN | PARÁMETRO (b) | VALOR RECOMENDADO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE | OBSERVACIONES |
|---|-----------------|-------------------|------------------------|--|
| A. Todo tipo de agua de bebida. | Coliforme Fecal | Neg | Neg | |
| B. Agua que entra al sistema de distribución. | Coliforme Fecal | Neg | Neg | En muestras no consecutivas. |
| | Coliforme Total | Neg | ≤4 | |
| C. Agua en el sistema de distribución | Coliforme Total | Neg | ≤4 | En muestras puntuales. No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (C). |
| | Coliforme Fecal | Neg | Neg | |

- (a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia Coli* definida en el artículo 4. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- (b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultado negativo, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no se debe ser consideradas para la valorización anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año el porcentaje de negatividad debe ser ≥ 90%.

Cuadro 2. Parámetros Organolépticos

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| Color verdadero | mg/l (Pt-Co) | 1 | 15 |
| Turbiedad | UNT | 1 | 5 |
| Olor | Factor dilución | 0 | 2 a 12 °C 3 a 25 °C |
| Sabor | Factor dilución | 0 | 2 a 12 °C 3 a 25 °C |

Cuadro 3. Parámetros Fisicoquímicos

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Temperatura | °C | 18 a 30 | |
| Concentración iones hidrógeno | Valor de pH | 6.5 a 8.5 (a) | |
| Cloro Residual | mg/l | 0.5 a 1.0 (b) | (c) |
| Cloruros | mg/l | 25 | 250 |
| Conductividad | µS/cm | 400 | - |
| Dureza | mg/l CaCO ₃ | 400 | - |
| Sulfatos | mg/l | 25 | 250 |
| Aluminio | mg/l | - | 0.2 |
| Calcio | mg/l CaCO ₃ | 100 | - |
| Cobre | mg/l | 1.0 | 2.0 |
| Magnesio | mg/l CaCO ₃ | 30 | 50 |
| Sodio | mg/l | 25 | 200 |
| Potasio | mg/l | - | 10 |
| Sol. Tot. Dis. | mg/l | - | 1000 |
| Zinc | mg/l | - | 3.0 |

(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.

(b) Cloro residual libre.

(c) 5 mg/l con base en evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor "residual" no afecta la salud. Por otro lado cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

Cuadro 4. Parámetros para sustancias no deseadas

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|---------------------------------------|--------|-------------------|------------------------|
| Nitratos-NO ₃ ⁻ | mg/l | 25 | 50 |
| Nitritos-NO ₂ ⁻ | mg/l | | (1) |
| Amonio | mg/l | 0.05 | 0.5 |
| Hierro | mg/l | | 0.3 |
| Manganeso | mg/l | 0.01 | 0.5 |
| Fluoruro | mg/l | | 0.7-1.5 ² |
| Sulfuro de Hidrógeno | mg/l | | 0.05 |

(1) Nitritos : Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula

$$\frac{[\text{NO}_3]}{\text{V.R. NO}_3} + \frac{[\text{NO}_2]}{\text{V.R. NO}_2} < 1$$

(2) 1.5 mg/l T = 8 - 12 °C

0.7 mg/l T = 25 - 30 °C

Nota: V.R. = Valor recomendado.

Cuadro 5 Parámetros para sustancias Inorgánicas con significado para la Salud

| PARÁMETRO | UNIDAD | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-----------|--------|------------------------|
| Arsénico | mg/l | 0.01 |
| Cadmio | mg/l | 0.05 |
| Cianuro | mg/l | 0.05 |
| Cromo | mg/l | 0.05 |
| Mercurio | mg/l | 0.001 |
| Níquel | mg/l | 0.05 |
| Plomo | mg/l | 0.01 |
| Antimonio | mg/l | 0.05 |
| Selenio | mg/l | 0.01 |

Cuadro 6. Parámetros para sustancias Orgánicas con significado para la salud, excepto Plaguicidas

| PARÁMETRO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (Microgramos por Litro) |
|----------------------------|--|
| Alcanos Clorados | |
| Tetracloruro de Carbono | 2 |
| Diclorometano | 20 |
| 1,2-dicloroetano | |
| 1,2-dicloroetano | 30 |
| 1.1.1 - Tricloroetano | 2000 |
| Elenos Clorados | |
| Cloruro de vinilo | 5 |
| 1,1- dicloroetano | 30 |
| 1,2- dicloroetano | 50 |
| Tricloroetano | 70 |
| Tetracloroetano | 40 |
| Hidrocarburos Aromáticos | |
| Tolueno | |
| Xilenos | 700 |
| Etilbenceno | 500 |
| Estireno | 20 |
| Benzo-alfa-pireno | 0.7 |
| Bencenos Clorados | |
| Monoclorobenceno | 300 |
| 1,2-diclorobenceno | 1000 |
| 1,3-diclorobenceno | |
| 1,4-diclorobenceno | 300 |
| Triclorobenceno | 20 |
| Otros Compuestos Orgánicos | |
| di (2-etilhexil) adipato | 80 |
| di (2-etilhexil) ftalato | 3 |
| acrilamida | 0.5 |
| Epiclorohidrina | 0.4 |
| Hexaclorobutadieno | 0.5 |

| | |
|---|-----|
| EDTA | 200 |
| Acido nitriloacético | 200 |
| Dialkitinos | |
| Óxido de tributilestaño | 2 |
| Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales | 0.2 |
| Bifenilos policlorados totales | 0.5 |

Cuadro 7. Parámetro para Plaguicidas

| PARÁMETRO | VALOR MAXIMO ADMISIBLE (Microgramos por Litro) |
|--------------------------------|---|
| Alacloro | 20 |
| Aldicarb | 10 |
| Aldrin/Dieldrin | 0.03 |
| Atracina | 2 |
| Bentazona | 30 |
| Carnofurano | 5 |
| Clordano | 0.2 |
| DDT | 2 |
| 1,2-dibromo-3,3 cloropropano | 1 |
| 2,4-D | 30 |
| 1,2-dicloropropano | 20 |
| 1,3 dicloropropano | 20 |
| Heptacloro y Heptacloroepóxido | 0.03 |
| Isoproturon | 9 |
| Lindano | 2 |
| MCPA | 2 |
| Metoxicloro | 20 |
| Metolaclo | 10 |
| Molinat | 6 |
| Pendimetalina | 20 |
| Pentaclorofenol | 9 |
| Permitrina | 20 |
| Propanil | 20 |
| Pyridad | 100 |
| Simazin | 2 |
| Trifluranilo | 20 |
| Dicloroprop | 100 |
| 2,4-DB | 100 |
| 2,4,5-T | 9 |
| Silvex | 9 |
| Mecoprop | 10 |

6.12 Pozo perforado

Los pozos perforados pueden servir como un suministro para hogares, pequeñas comunidades rurales y para áreas urbanas. El principio de funcionamiento es bastante simple, se perfora un agujero en una masa de agua subterránea y luego se extrae el agua infiltrada con la ayuda de una bomba accionada por fuerza humana o mecanizada, entre sus ventajas, es más rápido de perforar a diferencia de los pozos excavados, menos susceptible a la contaminación, no se requiere de la eliminación de agua durante la perforación, por mencionar algunas. (Bruni & Spuhler, 2020)

6.13 Mini acueducto por gravedad (MAG)

Estos sistemas están integrados por los siguientes componentes: obra de captación (toma), línea de conducción, caja rompe presión, tanque de almacenamiento, red de distribución y puestos de entrega del agua que pueden ser conexiones domiciliarias, conexiones en patios, puestos públicos. Los mini acueductos por gravedad con toma de manantial se encuentran preferentemente en las zonas montañosas con climas sub húmedos y per húmedos donde todavía hay restos de bosques primarios y afloramiento de aguas subterráneas por las irregularidades topográficas. (Espinoza Ruiz, Rugama Sequeira, & Moreno Zepeda, 2014)

6.14 Pozo excavado

La construcción de pozos excavados es una de las técnicas más sencillas que se han desarrollado para acceder a estos recursos y requiere, para su realización, de herramientas usuales y económicas. Este tipo de obra es adecuado para acuíferos de baja permeabilidad, en los que el flujo hídrico hacia la captación es muy lento y requiere un reservorio que permita el almacenamiento del agua para facilitar su extracción, así como para acuíferos compuestos por aglomerados con rodados de elevada dureza, que impiden la perforación mediante métodos convencionales. Previo a la toma de decisión en relación a la construcción de un pozo excavado, es necesaria la realización de un estudio hidrogeológico por parte de profesionales idóneos. Es muy importante, en los mencionados estudios, la evaluación crítica de la información existente acerca de los acuíferos de la región, los antecedentes de obras similares y toda otra información que permita acercarse al conocimiento de la hidrogeología local. (Baudino, Rodríguez, & Pereyra, 2011)

6.15 Hidrogeología

La hidrogeología urbana se enfoca al conocimiento del flujo del agua subterránea y de la recarga, uso y calidad del agua, gestión y repercusiones en el ámbito de la ingeniería geológica en relación con los acuíferos bajo áreas urbanizadas y en sus alrededores. En esas áreas los acuíferos someros son, por un lado, importantes elementos para el abastecimiento urbano. Por otro lado, su existencia supone posibles interacciones con edificios e instalaciones, los cuales a su vez pueden afectar al nivel freático. Pero también los acuíferos más profundos bajo el área urbana tienen interés por su importante papel geotécnico y como fuente de agua urbana, tanto en el pasado, como actualmente y en el futuro. La hidrogeología urbana considera también los acuíferos

de los alrededores (peri-urbanos) que se usan para abastecer a la población y a sus satélites urbanos, industriales, comerciales, de riegos intensivos, de recreo, parques, etc. Todos esos acuíferos son con frecuencia objeto de explotación intensiva en condiciones de recarga que han sido drásticamente modificadas y de modo que se favorece la penetración de contaminantes artificiales a causa de las actividades urbanas y peri-urbanas. (Howard y Gelo)

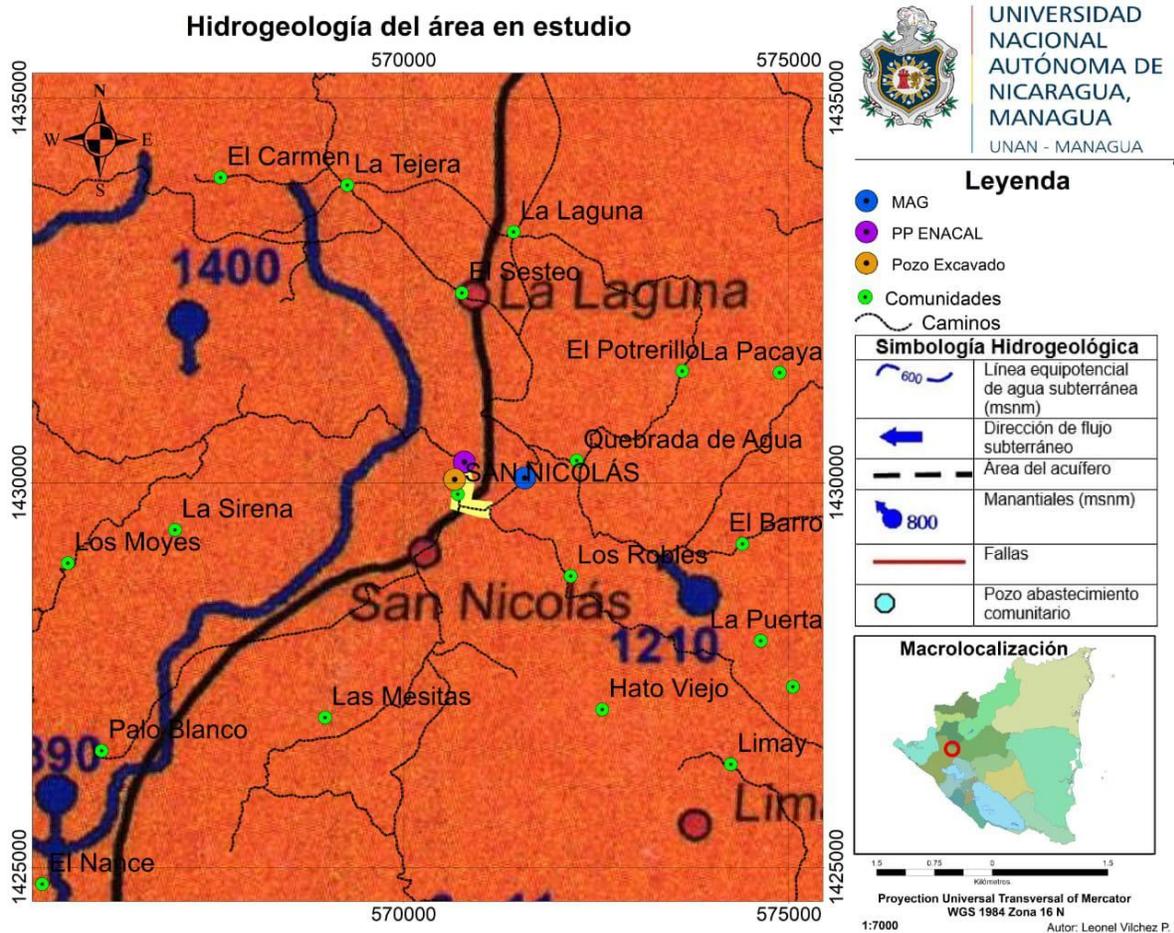


Figura 1. Hidrogeología del área de estudio.

Las líneas de flujo de aguas subterráneas según el mapa van de norte a sur siguiendo la topografía del terreno, se ubican dos manantiales o dos ojos de agua a una distancia de 3km aproximadamente en dirección oeste y dirección este.

En la ubicación de los pozos y el mini acueducto por gravedad no existe una formación de acuífero como tal, sino, que corresponde a un acuitardo que consiste en formación geológica que tiene baja permeabilidad y restringe el flujo del agua, puesto que allí predomina la meteorización y fisuración o fracturación de la zona sub superficial de los grupos coyol inferior y coyol superior (formaciones geológicas), de igual manera se

encuentra parcialmente cubierto por depósitos aluviales cuaternarios (a lo largo de los ríos y en algunas áreas).

Al no encontrarse dentro de una formación de acuífero, la disponibilidad de agua subterránea muy probablemente no sea la más óptima con respecto a disponibilidad.

7. Supuesto de la investigación

Los resultados obtenidos de PP N°1 (Pozo Viejo), Mini Acueducto por Gravedad El Apante (MAG) y Pozo Excavado de Juan De La Cruz Salas, son favorables en su totalidad en base a los rangos permisibles de las normas CAPRE y NTON 05-007-98 siendo óptimas para consumo humano.

Los resultados obtenidos de PP N°1 (Pozo Viejo), Mini Acueducto por Gravedad El Apante (MAG) y Pozo Excavado de Juan De La Cruz Salas, son favorables parcialmente en base a los rangos permisibles de las normas CAPRE y NTON 05-007-98, proponiendo alternativas para los parámetros que sobre pasan los límites establecidos.

Los resultados obtenidos de PP N°1 (Pozo Viejo), Mini Acueducto por Gravedad El Apante (MAG) y Pozo Excavado de Juan De La Cruz Salas, no son favorables en su totalidad en base a los rangos permisibles de las normas CAPRE y NTON 05-007-98, proponiendo medidas extremas como clausuras o planes de acción inmediata.

8. Operacionalización de variables

| Objetivos específicos | Variable conceptual | Subvariable, dimensiones o categorías | Variable operativa o indicador | Tipo de variable estadística | Categorías estadísticas | Instrumento de recolección de datos |
|---|-----------------------------------|---|--|-------------------------------------|---|---|
| Evaluar la calidad físico-química del agua para consumo humano en el casco urbano de San Nicolás. | Calidad del agua | Parámetros físico-químicos. | pH, temperatura, turbidez, conductividad, sólidos disueltos totales. | Cuantitativa continua | Rango de valores establecidos por la NTON 05-007-98 y Normas CAPRE. | Ficha de muestreo y análisis de laboratorio. |
| Identificar las fuentes de abastecimiento y su influencia en la calidad del agua. | Fuentes de abastecimiento de agua | Tipo de fuente (pozos, manantiales) y condiciones sanitarias. | Tipo de fuente y estado higiénico-sanitario. | Cualitativa nominal | Pozo, manantial, red pública / Buena, regular, mala. | Guía de observación, entrevista estructurada. |
| Determinar la percepción de los pobladores sobre la calidad del agua que consumen. | Percepción de la población | Opinión sobre olor, color, sabor, frecuencia de enfermedades gastrointestinales | Nivel de satisfacción y experiencia con el servicio. | Cualitativa ordinal | Satisfecho, medianamente satisfecho, insatisfecho. | Encuesta estructurada |

| | | | | | | |
|---|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|------------------|---|
| Evaluar la calidad microbiológica del agua para consumo humano. | Calidad del agua | Parámetros microbiológicos. | Presencia/ausencia de coliformes. | Cualitativa | Presente/ausente | Ficha de muestreo microbiológico y resultados de laboratorio. |
|---|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|------------------|---|

9. Diseño metodológico

9.1 Tipo de investigación

Se trata de una investigación aplicable, caracterizado por emplear variables de análisis, tomando en cuenta el enfoque que se le da a la población del área de estudio.

9.2 Área de estudio

Área de conocimiento

Ciencias Naturales y Exactas.

Línea de investigación

CNE-1 Manejo y conservación de RRNN, Gestión Integral y Educación Ambiental.

Sub-línea

CNE-1.2: Gestión integral y educación ambiental.

Área geográfica

El municipio de San Nicolás de oriente se encuentra al sur del departamento de Estelí, a 25 kilómetros de la cabecera departamental y a 148 de Managua.

Está ubicado entre las coordenadas 12° 55 de latitud norte y 86° 21 de longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Estelí, al sur con Santa Rosa del Peñón, al este con La Trinidad Y San Isidro mientras que al oeste con El Sauce.

Está localizado entre las coordenadas 12°55'00" de latitud norte y 86°21'00" de longitud oeste.

Cuentan con los siguientes limites

| | |
|---------|---------------------------------------|
| Noreste | Municipio de Estelí |
| Sur | Municipio Santa Rosa del Peñón |
| Este | Municipio de La Trinidad y San Isidro |
| Oeste | Municipio de El Sauce |

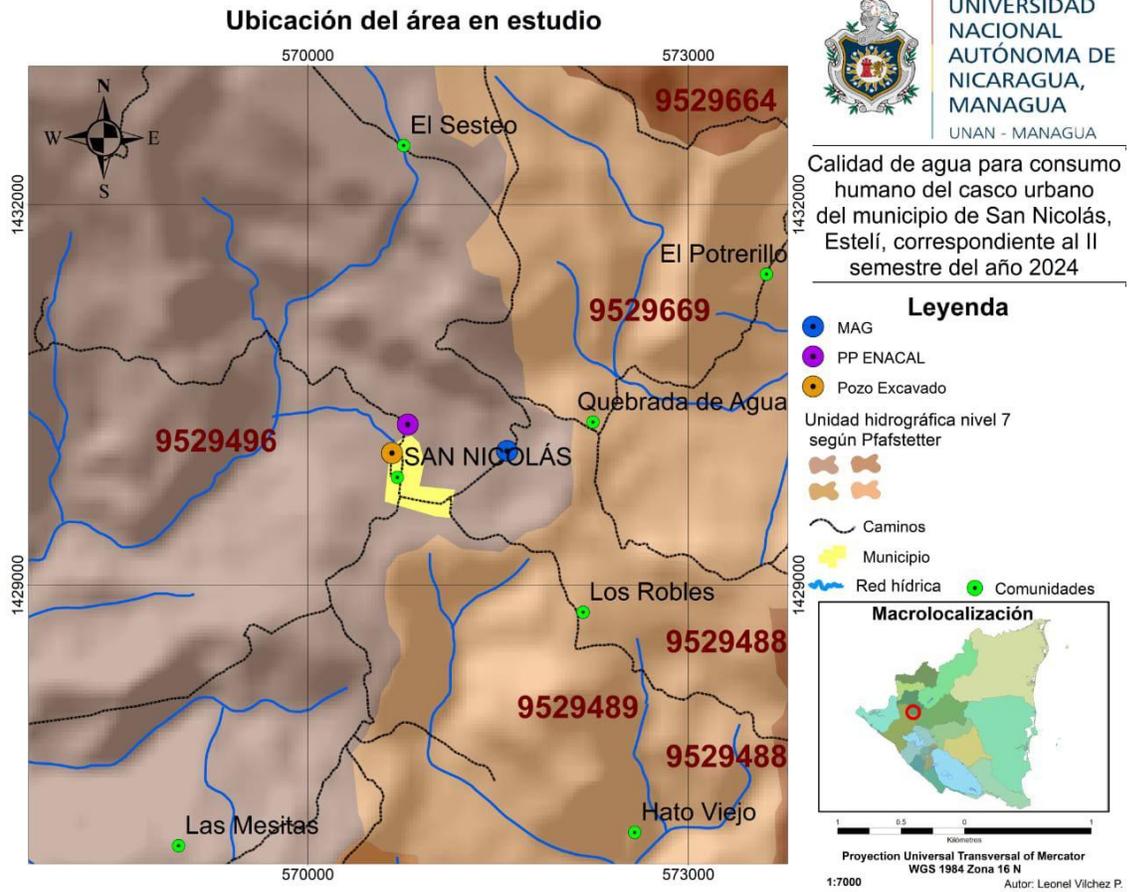


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

9.3 Población y muestra

Según censo recopilado por la alcaldía Municipal en el año 2016, la población total es de: 10,198 Habitantes. La cual se divide de la siguiente manera:

Población urbana: 1198 Habitantes

Población rural: 9000 Habitantes

Porcentaje población urbana: 11.75%

Porcentaje población rural: 88.25%

Porcentaje hombre: 37.25 % de hombres

Porcentaje mujeres: 21.39 % de mujeres

Porcentaje niñas: 24.13 % de niñas

Porcentaje niños: 17.23 % de niños

9.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos

La combinación de diferentes métodos para recopilar datos permitirá obtener información detallada y concisa sobre la calidad del agua y la variabilidad de su distribución además se podrá discutir los posibles impactos que pueda tener, debidamente seleccionando los enfoques en función de los objetivos de investigación y recursos disponibles

- **Encuestas y Entrevistas:**

Llevar a cabo encuestas a la población para así conocer los puntos de vista y hábitos relacionados con el consumo de agua. También fue preciso entrevistar a profesionales del ámbito hídrico para así obtener información especializada y proveniente de fuentes confiables.

- **Revisión bibliográfica:**

Búsqueda y análisis de estudios que se hayan llevado a cabo con anterioridad incluyendo, informes técnicos y publicaciones científicas relacionadas con la calidad y distribución de agua e impacto socio cultural en la población.

- **Muestreo manual:**

Recolección de muestras de agua de distintos puntos de abastecimiento del casco urbano del Municipio de San Nicolás y proceder a su análisis de laboratorio para así poder determinar la calidad de esta y obtener datos más precisos en cuanto a su composición.

- **Comparaciones:**

Con los resultados finales de los parámetros analizados, se compararán si los datos están dentro de los rangos permisibles según las normativas CAPRE y NTON 05-007-98.

9.5 Etapas de la investigación

Etapa 1

En esta etapa se valoró la necesidad de nuestra investigación, determinando el área de estudio y elaborando la metodología para la evaluación de los parámetros establecidos en las Normas CAPRE y NTON 05-007-98, para su respectivo análisis de calidad de agua para consumo humano, así como también la búsqueda de referencias bibliográficas para sustentación científica.

Etapa 2

Se realizó entrevistas y aplicación de encuestas para conocer la percepción de la población respecto a la calidad del agua, así como también familiarizarnos con el área de estudio y recopilar todo tipo de información que nos lleve a cumplir nuestros objetivos establecidos.

Etapa 3

En este punto se llevó a cabo la toma de muestras y análisis de datos obtenidos de las entrevistas y encuestas, así como la toma de muestras para un análisis preliminar básico que se realizó; para conocer el porcentaje de los componentes adicionales disueltos en el agua mediante el valor de: Total de Sólidos Disueltos (TDS), y las muestras que se llevaran a cabo en el laboratorio de la empresa nicaragüense de acueducto y alcantarillados Sanitario ENACAL para sus análisis físico, químico y bacteriológico.

9.6 Procedimiento de análisis

9.6.1 Muestreo

Las muestras se tomaron en tres puntos de abastecimiento de diferentes condiciones, siendo así, un pozo perforado, un mini acueducto por gravedad (MAG) y un pozo

excavado, es importante mencionar que los primeros dos puntos de muestreos están bajo el monitoreo, control y seguimiento de la Alcaldía de San Nicolas, referente al muestreo del MAG se realizó de un tanque de almacenamiento proveniente del mismo, mientras el tercer punto, es decir, el pozo excavado es de abastecimiento familiar, lo cual no lleva un monitoreo reglamentario.

Punto de muestreo

| | X | Y |
|----------------------------|-----------|------------|
| <i>PP N°1 Pozo Viejo</i> | 570795.68 | 1430268.84 |
| <i>MAG El Apante</i> | 571542.00 | 1430024.15 |
| <i>PEM Juan De La Cruz</i> | 570672.30 | 1430038.87 |

9.6.2 TDS

Para un análisis preliminar, se llevó a cabo un estudio mediante un TDS (Solidos totales disueltos), el cual consiste en la medición de solidos disueltos totales en el agua, siendo un método común, accesible e instantáneo, optamos por esta evaluación previa.

La demanda de agua cada vez es mayor, eso hace que el uso de agua residual se incremente, el abastecimiento de fuentes de aguas como quebradas, ríos y pozos es más frecuente, debemos tomar en cuenta los análisis correspondientes antes de darle un uso doméstico, especialmente cuando se trata de ingesta.

Los parámetros principales para dichos análisis de agua son los físicos, químicos y bacteriológicos, en el próximo análisis se utilizará un método que a como bien se sabe no tiene un alto grado de eficacia porque no estamos tomando en cuenta en su totalidad los parámetros antes mencionados.

Bien, el TDS una medida de la concentración total de ciertas sustancias que tienen solubilidad en el agua, de modo que se disuelven. Estas sustancias pueden ser de origen inorgánico u orgánico, y se presentan en forma molecular, iónica o coloidal.

El TDS tiene la finalidad de evaluar la calidad del agua potable, ya que indica el grado de mineralización o salinidad del agua. De esta forma, el agua con un alto nivel de TDS puede tener un sabor desagradable, causar problemas en la estética de la persona, además de agravios técnicos o de salud, y afectar al medio ambiente.

El agua con un bajo nivel de TDS puede tener un sabor insípido, y carecer de algunos minerales esenciales para el organismo.

La importancia radica en que es un indicador del estado y la variación del agua potable, así como de la presencia de otros contaminantes químicos en el líquido. La Organización Mundial de la Salud (OMS) suele recomendar que el nivel de TDS en el agua potable no supere la barrera de los 1000 mg/L. Mientras que, el nivel óptimo para el que tenga un sabor agradable y no perjudique la salud debe estar entre los 300 y 600 mg/L. (Kimberly, 2023)

Cuando se hace el cálculo del TDS, también se influye en otros parámetros del agua, como el pH, la dureza, la alcalinidad del agua y la corrosividad.

9.6.3 Análisis físico químico

- **DUREZA TOTAL - [METODO TITULOMETRICO DE EDTA]**

PREPARACION DE REACTIVOS.

Soln Búfer: Disolver 16.9 g de NH_4Cl (cloruro de amonio) en 143 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) conc. Agregar 1.25 g de EDTA de magnesio y diluirlo en 250 ml.

En caso de no estar disponible el EDTA magnésico, disolver 1.179 g de EDTA de sodio dihidrato y 0.78 g de sulfato de magnesio 7 hidrato ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) o 0.644 g de cloruro de magnesio 6 hidrato ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) en 50 ml de agua destilada, esta porción debe mezclarse con 16.9 gr de NH_4Cl (cloruro de amonio) en 143 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) conc. y diluir a 250 ml con agua destilada. Ambas soluciones (1 y 2) deben almacenarse en recipiente plástico o de borosilicato durante un período no superior a un mes.

Titulante EDTA 0.01 M (0.02 N): Pesar 3.723 g de etilendiaminotetracetato disódico dihidrato y disolver en 1000 ml de agua destilada.

Sol Negro Eriocromo Negro T: pesar 0.5 g y disolver en 100 g de trietanolamina o etilenglicol monometil éter. Agregar 2 gotas por 50 ml de muestra.

PROCEDIMIENTO

- 1) Medir 50 ml de muestra y agregar entre 1 y 2 ml de bufer para ajustar el pH entre 10 y 10.1.
- 2) Agregar 1 o 2 gotas de soln indicadora de Eriocromo Negro T.
- 3) Titular poco a poco con soln. de EDTA 0.02 N, hasta un viraje de color azul.

Nota: En caso de que se conozca que el agua tiene valores bajos de dureza, se recomienda usar

volúmenes mayores.

CALCULO

1) Dureza como mg de $\text{CaCO}_3/\text{L} = A * N * 1000 * 50.04 / \text{volumen de muestra}$

2) Dureza como mg de $\text{CaCO}_3/\text{L} = A * 20.016$, Cuando se utilizan 50 ml de muestra y la conc de EDTA es 0.02 N.

A= volumen gastado de EDTA

N= NEDTA-Na₂

PROCEDIMIENTO DE ESTANDARIZACION DEL EDTA 0.02 N

Pesar 2.467 g de MgSO₄ 7H₂O y diluir a 1 litro exactamente, esto producirá una solución 0.02 N de la cual se toman 10 mls para valorar la solución de EDTA cuyo valor teórico es 0.02 N.

El cálculo a realizarse es el siguiente:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

por lo tanto : $N_1 = 10 \cdot 0.02 / V_1$

Se aconseja usar 5 decimales para N₁.

- **ALCALINIDAD**

PREPARACION DE REACTIVOS.

Fenolftaleína en solución alcohólica al 5% (pH = 8.3)- Pesar 5 g de fenolftaleína y disolverlos en 500 ml de etanol y 500 ml de agua destilada.

Indicador mixto (pH = 4.6): Pesar 0.02 g de rojo de metilo y 0.1 g de Verde bromocresol y llevar a 100 ml con alcohol etílico o isopropílico al 95%. Este indicador da sucesivamente las coloraciones siguientes:

azul verde pH 5.2

azul espliego pH 5

rosa gris pH 4.8

rosa claro pH 4.6

Ácido sulfúrico 0.02 N

Medir 28 ml de H₂SO₄ concentrado, agregarlo en un balón de 1000 ml de agua destilada y llenar hasta la marca con agua destilada. Luego de esta solución medir con una pipeta volumétrica 20 ml de la solución H₂SO₄ 0.1 N echando en un balón de 1000 ml y llenar con agua destilada hasta la marca o graduación. La solución de H₂SO₄ queda al 0.02 N.

PROCEDIMIENTO:

- 1) Medir 50 ml de muestra usando pipeta volumétrica, agregar de 2 a 3 gotas de fenolftaleína, si se desarrolla un color rosa titular con H_2SO_4 0.02 N hasta que la solución sea incolora (anotar el volumen gastado de titulante como V_{fenolf}).
Añadir de 2 a 3 gotas de indicador mixto y seguir titulando con H_2SO_4 . 0.02 N hasta tono entre rosa gris y rosa claro (anotar el volumen gastado como V_{tot}).

Efectuar los cálculos como se denota a continuación.

CÁLCULOS:

Alcalinidad total como CaCO_3 (mg/l) = $(V_{\text{tot}} * N \text{ H}_2\text{SO}_4 * 1000 * 50.04) / V_m$

Alcalinidad total meq/litro = alc total mg/l / 50.04

HCO_3 mg/l = $V_{\text{tablas}} * N \text{ H}_2\text{SO}_4 * 1000 * 61.02 / V_{\text{muestra}}$

CO_3 mg/l = $V_{\text{tablas}} * N \text{ H}_2\text{SO}_4 * 1000 * 30 / V_{\text{muestra}}$.

• SULFATOS (M. TURBIDIMETRICO)

METODO#1: Turbidimetrico - Rango 10-40 Mg/L SO_4

EQUIPOS EMPLEADOS

- ✓ Un agitador magnético - Usarlo a velocidad constante, asimismo los magnetos deben ser de igual tamaño y forma.
- ✓ Espectrofotómetro - para usarlo a 420 nm.
- ✓ Un cronómetro.
- ✓ Una cuchara con capacidad de 0.2 a 0.3 ml.

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

- ✓ Soln bufer rango alto (para concentraciones mayores a 10 mg/l y menores a 40 mg/D): Disolver 30 g de cloruro de magnesio $\text{MgCl} \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$, 5 g de acetato de sodio $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$, 1 g nitrato de potasio KNO_3 y 20 ml de ácido acético, CH_3COOH (99 %) en 500 ml de agua destilado y aforar a 1000 ml.

Solución bufer rango bajo (< 10 mg/l): Disuélvase 30 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 5 g acetato de sodio 3 hidrato; 1 g de KNO_3 ; 0.111 g de sulfato de sodio Na_2SO_4 y 20 ml de ácido acético (99 por 100), en 500 ml de agua destilada completando a 1000 ml.

- ✓ Cloruro de Bario, cristales 20 a 30 mesh.
- ✓ Solución standard: diluir 10.4 ml de H_2SO_4 100 ml de agua destilada, o bien disolver 0.1479 g de Na_2SO_4 anhidro en agua destilada y diluir a 1000 ml, (1 ml = 100 μg SO_4^{2-}).

PROCEDIMIENTO

- 1) Medir 100 ml de muestra clara y verterlo en un Erlenmeyer de 125 ml.
- 2) Introducir el magneto y mantener agitación constante, luego agregar 20 ml de bufer (ya sea Rango Bajo o Rango Alto, según sea la concentración estimada) y seguidamente una cucharadita de cloruro de bario.

Mezclar por 1 minuto. Tras finalizar el período de agitación, se vierte la solución en la celda del espectrofotómetro y se mide la turbidez después de 5 ± 0.5 minutos, usando una longitud de onda de 420 nm. El Método a utilizar en el Espectrofotómetro HAÇH DR/2000 es el # 620.

- 3) Dejar reposar 4 a 5 minutos.
- 4) Corríjase el color y turbidez realizando blancos a los que no se ha añadido $BaCl_2$ (cloruro de Bario).
- 5) Calcular el contenido de sulfatos por regresión lineal de estándares utilizando dos curvas: Rango Bajo (2, 4, 6, 8 y 10 mg/l) y Rango Alto (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 mg/l).

Para las muestras que excedan el límite de absorbancia del Rango alto, se procederá a diluir la muestra de tal manera que permita obtener una absorbancia dentro del Rango establecido en el Método.

- **FLUOR (SPADNS)**

EQUIPOS A EMPLEAR

- ✓ Espectrofotómetro, para uso a 570 nm, con paso de luz de al menos 1 cm.

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

- Solución estándar de flúor: disolver 221 mg de fluoruro de sodio anhidro NaF, en agua destilada y diluir a 1000 ml, 1 ml = 100 μg F.

- Solución de SPADNS: Disolver 0.985 gramos de SPADNS en agua destilada y diluir a 500 ml.

Esta solución es estable por al menos 1 año si es protegida de la luz solar.

- Reactivo ácido de zirconilo: disolver 0.133 gramos de cloruro de zirconilo 8 hidrato, en cerca de 25 ml de agua destilada, agregar 350 ml de HCl concentrado y diluir a 500 ml con agua destilada.
- Reactivo combinado: mezclar igual volúmenes de solución de SPADNS y cloruro de zirconilo ácido. El reactivo combinado es estable por al menos 2 años.
- Solución de Referencia: Añadir 20 ml de la solución SPADNS - HCl zirconilo (solución combinada) a 200 ml de agua destilada. Agregar 14 ml de ácido clorhídrico previamente diluido a 20 ml con agua destilada.

PROCEDIMIENTO

- 1) Correr un blanco con solución de Referencia antes de leer los estándares y las muestras, así se fija el valor de absorbancia a 0 mg/l de Flúor.
- 2) Correr una curva de calibración usando estándares en el rango de 0 a 1.4 mg F/L por dilución adecuada de la solución madre de fluoruro en 50 ml de agua destilada.
- 3) Mida 50 ml de estándar usando una pipeta volumétrica, agregar luego 10 ml del reactivo combinado y agitar suavemente. Leer después de 5 minutos en el Método 190 del HACH DR/2000 a una longitud de onda de 570 nm.

Las muestras deben tratarse de igual forma que los estándares. Se debe tener especial cuidado en la temperatura de las muestras y los estándares, la cual debe ser igual.

CALCULO

Se introducen los valores de absorbancia en la curva de Regresión lineal obtenida y calcular la concentración.

Una ecuación típica es la siguiente:

$$Y=3.11635-1.4717*X, r=0.9994$$

donde

X: absorbancia

Y: concentración de flúor en mg/litro

La pendiente de esta curva es negativa.

NITRITOS (DIAZOTIZACION)

EQUIPOS A EMPLEAR.

- ✓ Espectrofotómetro para ser usado a 543 nm.

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

- Reactivo colorante: Añádase a 600 ml de agua 100 ml de ácido clorhídrico o ácido Fosfórico al 85% y 10 gramos de sulfanilamida. Tras disolver completamente la sulfanilamida, agréguese 1 gramo de diclorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina. Mézclese para disolver y dilúyase con agua hasta 1 litro. La solución es estable por un mes si es almacenada en un frasco oscuro en refrigeración.
- Solución madre: Disuélvase 1.232 g de NaNO_2 en agua y dilúyase a 1000 ml; 1 ml = 250 μg , consérvase con 1 ml de cloroformo.

PROCEDIMIENTO

- 1) Agréguese 2 ml de reactivo colorante a 50 ml de muestra clara.
- 2) Mídase la absorbancia a 543 nm, entre 10 minutos y 2 horas después de añadir el reactivo a las muestras y patrones. Preferiblemente $\frac{1}{2}$ hora, a 45 minutos.

Observaciones: No usar nunca la conservación ácida en las muestras destinadas a análisis de nitritos, hacer la determinación inmediatamente, o conservarse a 4°C por 1 a 2 días. Para celdas de 1 cm de paso de luz, el rango de concentración óptimo es de 0.006 hasta 0.076 mg/l de nitritos, o sea 2 -25 μg /L de $\text{NO}_2\text{-N}$.

Calcule el contenido de nitritos de las muestras por regresión lineal a partir de estándares de 0.01 a 0.44 mg/l.

- **CALCIO -METODO TITULOMETRICO DE EDTA**

PREPARACION DE REACTIVOS

- ✓ Indicador murexida: Disolver 150 mg del indicador en 100 g de etilenglicol absoluto.

Debido a que las soluciones acuosas no son estables más de un día se recomienda alternativamente preparar una mezcla de 200 mg de murexida y 100 g de NaCl, triturándola hasta 40 -50 mesh.

- ✓ Hidróxido de sodio 1 N: Pesar 40 gr de NaOH en lentejas y diluirlos en 1000 ml de agua destilada.
- ✓ Soln. de EDTA 0.01 M (0.02N): Pesar 3.723 g de etilendiaminotetracetato disódico trihidrato en 1000 ml de agua destilada. Equivalencia 400.8 µg Ca =1 ml.

PROCEDIMIENTO

- 1) Medir 50 ml de muestra con pipeta volumétrica.
- 2) Agregar 2 ml de NaOH 1 N para ajustar el pH entre 12y 13.
- 3) Agregar 0.1 a 0.2 g de la mezcla de indicador (o de 2 a 3 gotas).
- 4) Titular con EDTA 0.02 N agitando continuamente hasta un cambio de color de rosa a púrpura.

CALCULOS

mg Ca²⁺/L =A*N*20.04*1000/MI muestra

mg Ca²⁺/L= A*8.016, en caso de utilizarse 50 ml de muestra y que la conc. del EDTA sea 0.02 N.

A = volumen gastado de EDTA

N = NEDTA.Na2

- **CLORUROS [Método argentométrico]**

PREPARACION DE REACTIVOS

- ✓ Soln indicadora de cromato potásico: Disolver 50 g de K_2CrO_4 , en un poco de agua destilada.
- ✓ Agregar sol de $AgNO_3$ hasta formarse un precipitado rojo. Dejar reposar por 12 horas, filtrar y diluir a 1 litro con agua destilada.
- ✓ Titulante de nitrato de plata 0.0141 N: Disolver 2.395 g de $AgNO_3$ en agua destilada y diluir a 1000 ml.
- ✓ Cloruro de sodio patrón 0.0141 N: Disolver 0.824 g de NaCl (secado a $-140^\circ C$) en agua destilada y diluir a 1000 ml (1 ml=500 μ g Cl).

PROCEDIMIENTO

- 1) Se toma 50 ml de muestra medidas usando una pipeta volumétrica.
- 2) Titular con $AgNO_3$ (Nitrato de Plata) usando como soln. indicador dicromato de potasio (K_2CrO_4) hasta un punto final amarillo rosado (color zapote) el cual debe aplicarse en todos los análisis. Correr un blanco de reactivos siempre.

CÁLCULOS

1) $mg\ Cl/L = (A - B) * N * 35450 / \text{Volumen de muestra, ml}$

2) $mg\ Cl/L = (A - B) * 9.9969$

En caso de utilizarse 50 ml de muestra y la normalidad del Nitrato de plata sea 0.0141 N emplear la ecuación 2).

A = volumen de valoración de muestra, ml

B = volumen de valoración de blanco, ml

N = normalidad de $AgNO_3$.

- **HIERRO TOTAL (O- FENANTROLINA)**

EQUIPOS EMPLEADOS

- ✓ Espectrofotómetro para usarse a 510 nm.

PREPARACION DE REACTIVOS

- Ácido clorhídrico HCl concentrado que contenga menos de 0.000 05% de hierro.
- Solución de hidroxilamina: Disolver 10 g NH₂OH HCl en 100 ml de agua.
- Solución bufer de acetato de amonio: disolver 250 g de NH₄C₂H₃O₂ en 150 ml de agua.
- Solución de fenantrolina: Disolver 0.10 gramos de 1,10-fenantrolina monohidrato (C₁₂H₈N₂H₂O), en aproximadamente 70 ml de agua con agitación y calentamiento a 80°C; luego aforar a 100 ml de agua destilada. (El calentamiento es innecesario si se agregan 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado.)

PROCEDIMIENTO

- 1) Medir 50 ml de muestra y verterlos en un Erlenmeyer de 125 ml.
- 2) Agregar 2 ml de HCl conc. y 1 ml de sol. de hidroxilamina al 10%.
- 3) Proceder a digestar la muestra hasta reducir el volumen original a 20 mL. Para muestras muy coloreadas o con mucha materia orgánica, se deben evaporar completamente y luego acidificarlas en aproximadamente 10 ml de agua destilada.
- 4) Dejar enfriar la muestra hasta que adquiera la temperatura ambiente.
- 5) Proceder a verter 10 ml de solución bufer y 4 ml de soln de fenantrolina. Aforar con agua destilada a 50 ml y agitar por inversión repetida.
- 6) Dar 15 minutos para desarrollo del color.
- 7) Leer en el Método 265 del Espectrofotómetro HACH a una longitud de onda de 510 nm.
- 8) Calcular el contenido de hierro (Fe) de las muestras por regresión lineal de estándares de hierro que vayan desde aproximadamente 0.10 a 3 mg/l. Se debe correr siempre un blanco de reactivos.

9.6.4 Análisis bacteriológicos

- **COLIFORMES FECALES - FILTRO DE MEMBRANA (m FC)**

EQUIPOS EMPLEADOS

- ✓ Horno de aire caliente, Marca Imperial, Modelo 3478M o similar. Debe estar provisto de un termómetro calibrado y un termostato para mantener la temperatura de esterilización. La temperatura de esterilización es de 170°C por al menos 2 horas. Debe tener capacidad suficiente para la circulación del aire caliente en su interior. No se debe de sobrecargar.
- ✓ Incubador de baño de agua o baño maría, Marca Precision Scientific, Modelo 26 o similar. Debe tener un dispositivo interno de monitoreo de la temperatura y mantenerla a 44.5 ± 0.2 °C.
- ✓ Refrigeradora, Marca VWR Scientific, Modelo R415GA14 o similar. Esta debe mantener una temperatura entre 1-5 C. El termómetro debe estar graduado en intervalos de 1 C, el bulbo de termómetro debe estar sumergido en líquido (glicerina). Nota: Está prohibido guardar alimentos y bebidas.
- ✓ Equipo de Filtración Marca Sartorius Gelman Modelo: 1277, Serie 4285 o similar. Las unidades de equipo deben ser de plástico autoclavable, acero inoxidable o vidrio, no deben estar rayadas o corroídas, ni deben de tener fugas.
- ✓ Equipo de Vacío. Marca General Electric-Modelo: 5KH35KW530T o similar.
- ✓ Balanza, Marca OHAUS, Modelo AP-2185 o similar. Se utilizará una balanza con una sensibilidad de al menos 0.1 gr.
- ✓ Destilador de agua, Marca: BARNSTEAD, Modelo: A10X13-B o similar. Debe producir agua no tóxica que inhiba el desarrollo de bacterias. Se recomienda efectuar un tratamiento previo si es que el agua que alimenta al destilador es de baja calidad. (Por ejemplo: que contenga dureza, compuestos orgánicos o turbiedad). Una columna de intercambio iónico, utilizando el ciclo de cloruro de sodio, puede ser colocada antes del destilador para ablandar las aguas duras.
- ✓ Bidestilador de agua: Marca: HERACUS, Modelo: G2/21 o similar. Deberá producir agua de grado reactivo.
- ✓ pH-metro Marca: Orión, Modelo 210 o similar. Se utilizarán pH-metros electrónicos de una exactitud de al menos 0.1 unidades de pH, para determinar los valores de pH de los medios.
- ✓ Mechero Bunsen: Se utilizará para la esterilización de las pinzas y de los vasos de filtración de acero inoxidable.
- ✓ Plato Caliente con agitador Marca Corning, Modelo: PC-620 o similar. Es utilizado en la esterilización del medio MFC-Agar.
- ✓ Frascos para la toma de muestras: Las botellas deben ser de vidrio no corrosivo boca ancha con tapas de vidrio o con tapas plásticas con forros no tóxicos para resistir la esterilización repetida. También pueden utilizarse frascos de plástico autoclavable de la marca Nalgene o similar. Se usarán frascos cuya capacidad

permita guardar un volumen de muestra suficiente (300 ml), y que además se puedan lavar con facilidad.

- ✓ Placas Petri: De 60 mm x 15 mm de vidrio autoclavable de fondo plano, sin burbujas ni estrías que tenga un grueso uniforme.
- ✓ Filtros de Membrana: Deben ser de nitrocelulosa, blancas con cuadrículas de 47 mm de diámetro y tamaño del poro de 0.45 μm , estériles e individuales. Para fines de pedido, se solicitan similares al Cat.09-719-1A, del catálogo Fisher.
- ✓ Pinzas sin dientes con bordes planos: (Esterilizadas con alcohol etílico al 95 % y a la llama).

Material diverso: Papel Kraft, papel aluminio, tijeras, mascarillas, guantes, pluma indeleble, masking tape hules. Este material se obtiene a través del presupuesto de compras locales de la empresa.

MEDIOS DE CULTIVOS Y REACTIVOS

Se recomienda el uso de medios deshidratados o preparados comercialmente debido a que cuentan con un control de calidad. El medio deshidratado debe almacenarse en un lugar fresco y seco. Los medios hidratados o decolorados deben descartarse, así mismo, el medio debe ser descartado en la fecha de expiración indicada por el fabricante.

m FC- Agar. Este medio de cultivo puede ser solicitado de las marcas DIFCO, BBL o similar al Cat. Fisher No. DF0677-17-3.

PREPARACION DE REACTIVOS

- Disolver 52 g del medio deshidratado en 1000 ml de agua destilada o desionizada y mover hasta que se disuelva completamente. Calentar a ebullición para disolver completamente.
- Agregar 10 ml de ácido rosólico al 1 %. Continuar calentando por 1 minuto. El pH final debe estar en 7.4 ± 0.2 a 25 °C, si no ajustar con HCl 1 N. No autoclavar. El medio preparado y dispensado en placas Petri puede ser almacenado en cajas de cartón o bolsas de papel Kraft en refrigeración hasta por tres semanas a una temperatura de 1 a 5 °C. El medio se debe descartar si tiene algún tipo de crecimiento o cambio de coloración.
- Ácido Rosólico 1% - Disolver 1 gramo en 100 ml de NaOH al 0.2 N
- Tiosulfato de Sodio - Disolver 10 g de tiosulfato de sodio en 100 ml de agua destilada para obtener una concentración del 10%. Se dispensará de 4 a 5 gotas

de esta solución en los frascos de muestreos(300ml) de las aguas cloradas, antes de su esterilización.

- NaOH (0.2 N) - Pesar 8 gramos de NaOH en lentejas, diluir previamente en una pequeña cantidad de agua (aproximadamente 100 mL) y luego aforar a 1000 mL. O bien, pesar 0.8 gramos procediendo a diluir y aforar a 100 mL.
- HCl (1 N) - Mezclar en relaciones volumétricas 1 + 11. Es decir, mezclar una porción en volumen del ácido clorhídrico concentrado con 11 porciones del disolvente (agua destilada).
- Solución de alcohol yodado - Disolver 2 g de yodo y 2.5 g de yoduro de potasio en 100 ml de alcohol al 50 % hasta disolver completamente el yodo. Agregar 3 ml de esta solución en 100 ml de alcohol comercial.

COLECCIÓN DE LA MUESTRA

Identificar las muestras debidamente (fecha, hora de muestreo, tipo de muestra, punto de muestreo).

Usar frascos de muestreos estériles con capacidad de 300 ml.

Al hacer la toma de muestra se debe dejar un espacio vacío de al menos 2.5 cm en el frasco, para facilitar la homogenización antes de proceder al análisis.

Para aguas cloradas utilizar frascos de muestreo con tiosulfato de sodio o bolsas bacteriológicas.

Para la toma de muestra en el sistema de distribución, se debe seleccionar un grifo o llave que esté conectado directamente a la red (no seleccionar viviendas con cisterna o tanque elevado), se debe dejar correr el agua por un tiempo de dos minutos esto con el fin de limpiar la línea de servicio y que la muestra sea representativa.

MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

El tiempo desde la toma de la muestra hasta la realización del análisis no debe exceder las 24 horas.

Las muestras se deben mantener por debajo de 10°C durante el transporte, después de su llegada al laboratorio se ambientarán, el análisis se iniciará máximo 2 horas después de la recepción en el laboratorio. El análisis nunca deberá postergarse hasta el día siguiente sin que la muestra sea refrigerada en el laboratorio.

El análisis nunca deberá postergarse hasta el día siguiente sin que la muestra sea refrigerada.

En el Laboratorio se recibirá la hoja donde se registren los datos de campo de las muestras que se están siendo entregadas, a su vez el Laboratorio extenderá un formato de ingreso de muestra al Laboratorio, de este se le entregara una copia al muestreador como comprobante de que las muestras fueron recibidas y están siendo analizadas.

PROCEDIMIENTO

- 1) Se selecciona el volumen de muestra a sembrar de acuerdo a la tabla # 1.
- 2) Las placas con medio de cultivo mFC - Agar esterilizados y refrigerados se incuban 6 horas antes a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ para evitar cambios bruscos de temperatura.
- 3) Se numeran las placas de acuerdo al número que trae registrado cada muestra y se procede a la siembra por filtro de membrana.
- 4) Se esteriliza el equipo de filtración (baño maría o flameado) y se colocan los filtros de membranas en los equipos con pinzas estériles.
- 5) La muestra seleccionada se agita vigorosamente unas 25 veces y se coloca el volumen deseado en los embudos de los equipos. Se filtra la muestra con la ayuda de una bomba de vacío.
- 6) Se quitan los embudos del equipo de filtración y se sacan los filtros y con una pinza estéril se colocan en el plato Petri que contiene el medio de cultivo mFC- Agar.
- 7) Después de sembradas las muestras se trasladan a la incubadora (baño maría) con una temperatura de $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, cada placa dentro de una bolsa plástica debidamente sellada, se dejan por un período de 24 ± 2 horas en incubación. Las colonias positivas para coliformes fecales son de color azul oscuro.
- 8) Anotar los resultados. Realizar el conteo de colonias y registrarlo en el cuaderno.

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de coliformes termo tolerantes se realiza a partir de colonias positivas (azul oscuro) en placas con medio de cultivo MFC- Agar.

Para el cálculo de la densidad de coliformes se expresa como el total de coliformes en unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 ml.

El recuento se calcula utilizando filtros de membrana que tengan entre 20 y 80 colonias, si se sospecha que el agua pueda estar muy contaminada se deberán de sembrar en diferentes volúmenes a como lo sugiere la tabla siguiente.

| Fuente de agua. | Volúmenes 8X) a ser filtrados, mL | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-------|--------|
| | 100 | 50 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 | 0.0001 |
| Agua Potable | (x) | | | | | | | |
| Piscinas | (x) | | | | | | | |
| Posos, manantiales | (x) | (x) | (x) | | | | | |
| Lagos, Lagunas. | (x) | (x) | (x) | | | | | |
| Toma de Suministro de agua | | | (x) | (x) | (x) | | | |
| Playas | | | (x) | (x) | (x) | | | |
| Agua de ríos. | | | | (x) | (x) | (x) | (x) | |
| Alcantarillas cloradas. | | | | (x) | (x) | (x) | | |
| Alcantarillas crudas. | | | | | (x) | (x) | (x) | (x) |

Se aplica la siguiente fórmula:

Colonias de Coliformes (termotolerantes) /100 ml = Colonias de coliformes contadas X 100 ml de muestra filtrada.

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Los medidores de pH deben calibrarse antes de cada período de uso con soluciones amortiguadoras estándares de pH 7.0, 4.0, 10.0, cualquiera que sea la combinación

que cubra el pH deseado de los medios o reactivos. Los envases con solución amortiguadora para la calibración del medidor del pH deben registrar la fecha de preparación, refrigerarse y se debe descartar en caso de que presente turbiedad o sedimento.

En las incubadoras la temperatura corregida debe registrarse 2 veces al día durante los días en uso, las lecturas de temperatura deben hacerse espaciadas por al menos 4 horas.

La temperatura de la refrigeradora debe registrarse al menos 1 vez al día durante los días en uso. Debe evaluarse mensualmente la calidad del agua de grado reactivo, y ésta debe cumplir con los siguientes criterios: Conductividad: 2 umhos/cm (2 μ siemens/cm) a 25°C; CRL <0.1 mg/L y recuento heterotrófico en placa < 500 UFC/ml.

Por lo menos un frasco estéril debe seleccionarse aleatoriamente de cada lote y verificar su esterilidad al agregar, 25 ml de un caldo BHI selectivo. El caldo debe incubarse a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ durante 24 horas y verificar si hay crecimiento. Esterilizar nuevamente si se detecta crecimiento.

Controlar la esterilidad de los medios de cultivo preparados, incubándolos a temperatura adecuada por 24 - 48 horas, luego de las cuales se observa si hay crecimiento.

El control de Calidad de las membranas se realiza colocando por lo menos una membrana de cada lote en 50 ml del caldo nutritivo BHI, incubando a 35°C durante 24 horas, luego de las cuales se verifica su esterilidad por la ausencia de turbiedad en el medio. Los resultados se registran en un formato de esterilidad de membranas.

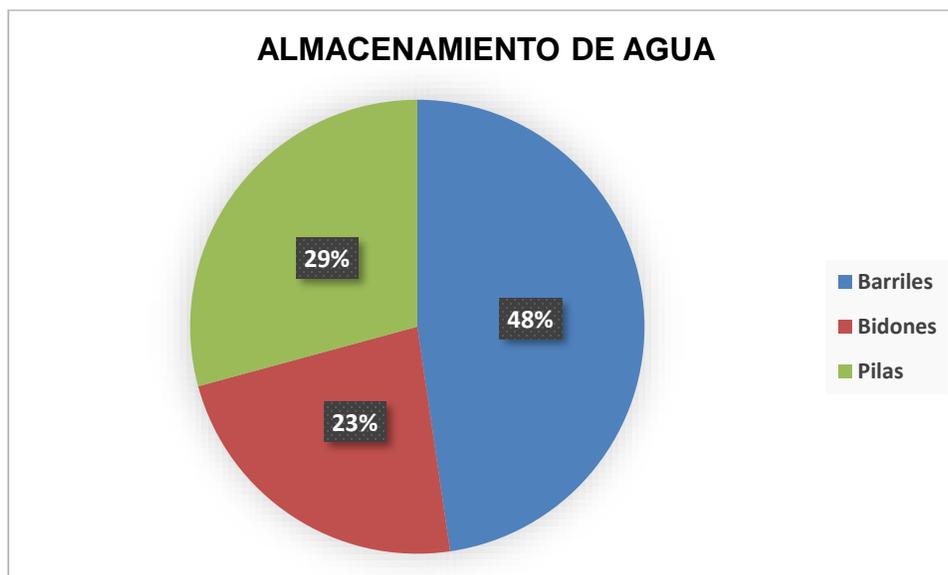
Cuando se tomen muestra de lugares lejanos, se recomienda enviar frascos con agua destilada estéril como muestras viajeras de control. Estas se analizarán y se verificará si su esterilidad se mantuvo durante el transporte hasta el laboratorio. En caso salieran contaminadas se recomienda invalidar todo el lote y solicitar un nuevo muestreo.

10. Análisis y discusión de resultados

10.1 Percepción de los pobladores sobre la calidad del agua de consumo.

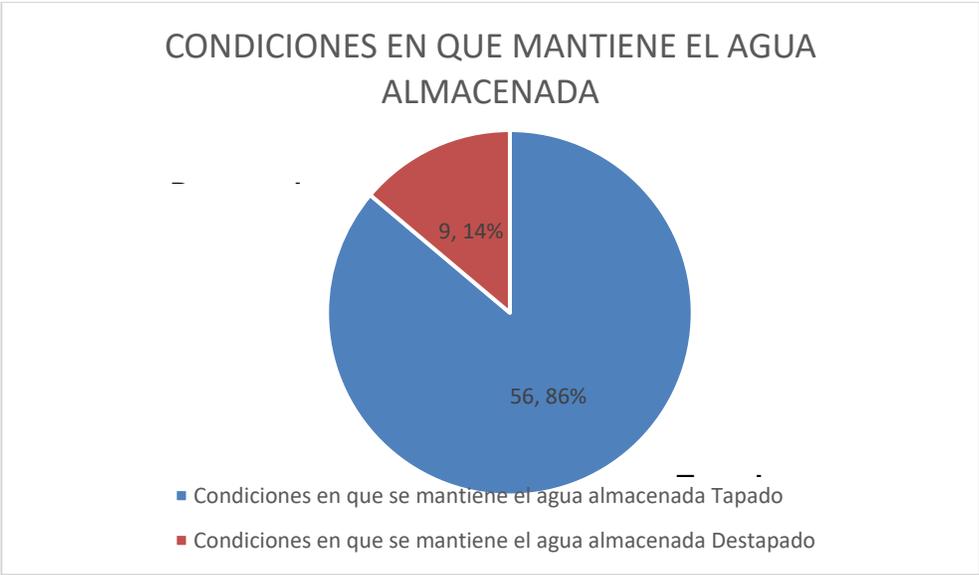
Se aplicaron encuestas a pobladores del casco urbano de San Nicolas con el objetivo de conocer el abastecimiento, la percepción sobre la calidad del agua, maneras en que ellos almacenan el recurso vital para sus necesidades diarias y la magnitud en que les afecta el corte de este recurso hídrico

Se pudo constatar que cuentan con una disponibilidad de entre 1 a 2 horas días de por medio, es allí cuando la población aprovecha con el almacenamiento de este recurso necesario.

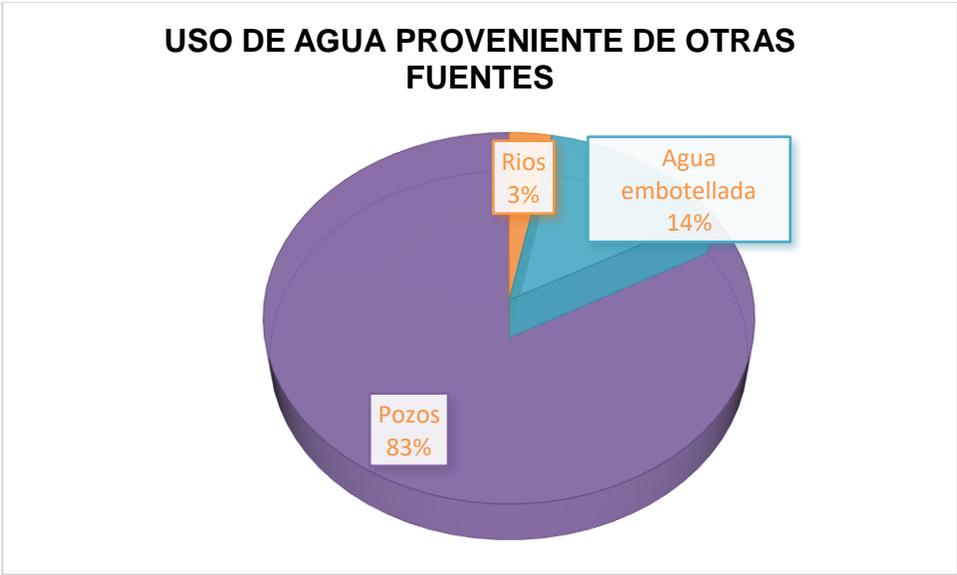


La mayor parte de la población opta por almacenar el agua en barriles, puesto que estos toman mayor capacidad y los abastece más, mientras que el 29% de la población almacena en pilas, esto tiene mucho que ver con las condiciones que tienen las familias, no todas tienen a disposición barriles o depósitos de gran tamaño, es allí donde el 23% acude a valdes e incluso panas.

Algunos pobladores expresaron que en algunas ocasiones el agua presenta ciertas partículas que pueden interpretarse como basura y de un color grisáceo, estas personas buscan sus condiciones para mantener el agua almacenada lo más limpia posible.



Se puede apreciar en la gráfica que el 14% de los pobladores no le es de gran interés mantener sus recipientes tapados ante cualquier incidencia, mientras el 86% mantienen su agua almacenada tapada, esto como medida a la higiene y calidad.

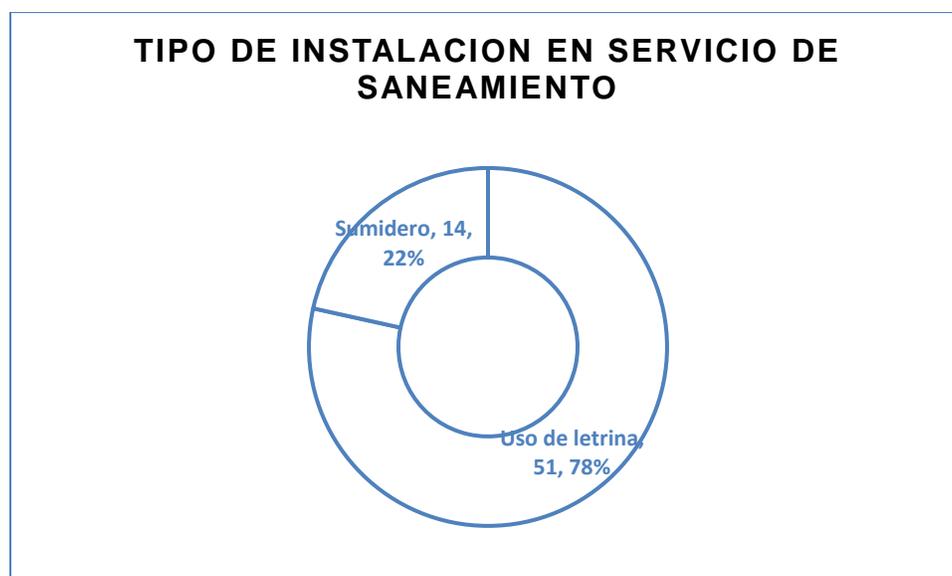


Ante el corte del agua potable y puesto que no toda la población tiene las condiciones para almacenar el recurso hídrico, es probable que la población tome como alternativas otro tipo de abastecimiento ya sean ríos o pozos.

Se puede verificar que el 83% se abastece de los pozos disponibles dentro del casco urbano, el 14% opta por comprar agua embotellada que a su vez les facilita un mejor

almacenamiento según los pobladores y las personas con menos acceso se abastecen del río, lo que corresponde al 3% del casco urbano.

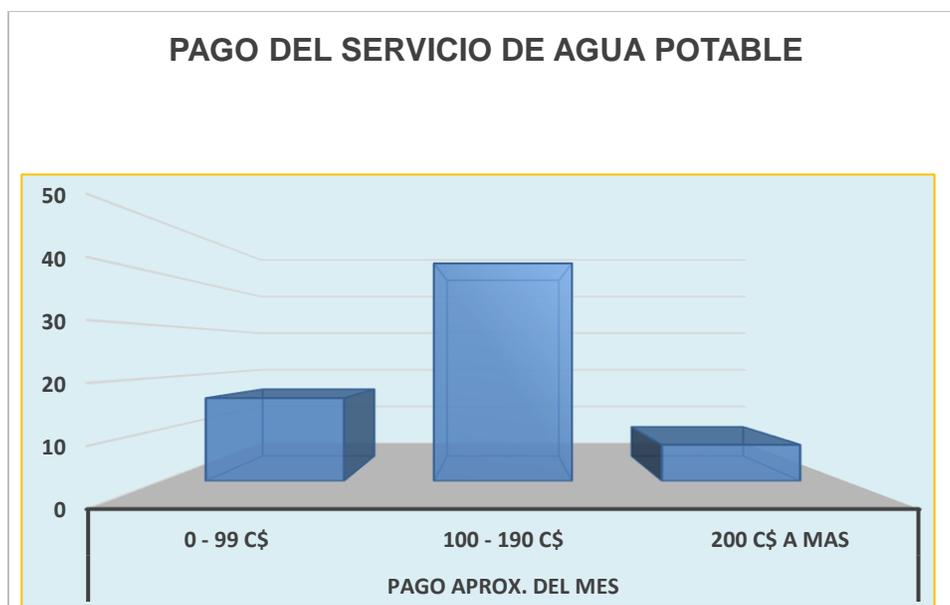
Es justo y necesario saber si la población requiere de agua para las necesidades sanitarias, en cuanto a instalaciones solo el 22% de la población mantiene sumidero y el 78% hace uso de letrinas, esto deduce que una minoría de habitantes hacen uso del recurso hídrico para este servicio, lo cual aumenta la demanda de uso de agua.



Por otra parte, invertir eficientemente en aguas residuales y otras infraestructuras de saneamiento es crucial para lograr beneficios de salud pública, mejorar el medio ambiente y la calidad de vida. Los servicios de agua, saneamiento e higiene administrados de manera segura son una parte esencial para prevenir enfermedades y proteger la salud humana durante los brotes de enfermedades infecciosas. (Banco Mundial, 2020)



San Nicolás no cuenta con un sistema de aguas grises, por lo tanto, el 75% de la población opta por dejar correr el agua y, muchas de esas personas es destino desconocido del paradero de estas mismas, mientras que la minoría saca cierto provecho como regarlas en sus patios de las casas.



Es importante recalcar que el pago del servicio pocas veces asciende arriba de los 200 córdobas, mientras que el porcentaje mayor de la población se mantiene entre los 100 y 200, tomando en cuenta que no todos los días disponen del recurso.

10.2 Análisis físico, químicos y bacteriológico del agua de consumo.

Se realizaron pruebas de TDS en tres puntos diferentes del casco urbano de San Nicolas pues cuando se habla del TDS en agua para consumo humano, se hace alusión a una medida de la concentración total de sustancias que se encuentran disueltas en dicha agua. Entre esas sustancias destacan las sales, minerales, metales como el hierro u otros compuestos, de modo que, el TDS puede afectar al sabor, la calidad y la salubridad del agua potable.

MUESTRAS SAN NICOLAS 21/06/2024

| N.º de muestras | pH | TDS (ppm) | EC(CM) | Temp.°C |
|-----------------|------|-----------|--------|---------|
| Muestra1 | 7.59 | 150 | 304 | 25.2 |
| Muestra2 | 7.47 | 245 | 402 | 24.5 |
| Muestra3 | 7.51 | 138 | 271 | 24.4 |

En base a los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas se logró constar que:

- El pH del agua es neutro, con un valor de 7.39 dando un resultado indefinido.
- La temperatura alcanzada ha sido de 24.27 grados Celsius, la temperatura del agua es un parámetro crucial para la calidad del agua.
- En cuanto a los TDS (Total de solidos disueltos) obtuvimos un valor de 148.

Teniendo en cuenta las normas CAPRE que establece un valor recomendado en las temperaturas del agua para consumo humano de 18 a 30° C, puesto que la temperatura alcanzada es de 24.27 podemos calificar como apta dentro del rango de temperaturas sugeridas.

Mientras que el valor del Ph recomienda entre 6.5 a 8.5, el resultado obtenido se encuentra dentro del rango puesto que 7.39 nos indica un recurso hídrico neutro.

Las normas CAPRE no cuenta con un valor recomendado para los sólidos disueltos, pero si un valor admisible que consta de 1,000 para la unidad de mg/l, lo cual nos indica que el resultado preliminar es favorable.

10.3 Resultados de análisis físico, Químico y bacteriológicos

Tabla 8. Análisis Físicoquímicos y bacteriológicos, PP N° 1 Pozo Viejo (SALIDA A SALMERÓN)

| RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICOS | | | | | |
|--|---------------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| PARAMETRO ANALIZADO | Unidades de medidas | Descripción de la muestra y punto de captación | | | Límite de detección |
| | | Código de laboratorio | | 2024 – 081 | |
| | | Número de informe | | | |
| | | NORMAS CAPRE | NTON 05 007 98 | | |
| | | PP N° 1 Pozo Viejo (SALIDA A SALMERON) | | | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | Transparente | No Aplicable |
| COLOR (Pt. Co) | (UC) | 15 | | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5 | <5 | 0.23 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | | 0.12 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 1000 | 169.76 | No Aplicable |
| TEMPERATURA *C de Campo | *C | 18 - 30 | 18 – 32 | 25.1 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | | 24.1 | No Aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | | 7.33 | - |
| pH de LAB | | | | 7.53 | No Aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | 400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | | 478 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No normado | - | 176.75 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 400 | 103.06 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | - | -01 +0.5 | 0.06 | No Aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 100 | 38.1 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 0.5 | 1.93 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No normado | - | 215.5 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 250 | 19.8 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 250 | 2.05 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | 10 | 7.51 | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | | ND | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | - | 0.14 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR | | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | - | No Realizado | No Aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0 | 0 | 1 | No Aplicable |

Calidad Fisicoquímica del agua perteneciente al PP N°1 Pozo Viejo

Los resultados obtenidos en la tabla N° 1, corresponden al pozo denominado “pozo viejo” mostrando un apunte favorecedor de acuerdo a lo establecido en las normas CAPRE y NTON 05-007-98.

Sin embargo, se puede apreciar un valor correspondiente a los parámetros fisicoquímico que sobrepasa los límites los estándares de calidad establecidos.

Se encuentra con una conductividad eléctrica elevada alcanzando 478.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cuando lo establecido corresponde a *400, lo cual indica que puede inducir riesgos al ingestarse, puesto que el equivalente a un aumento de la misma es la presencia de minerales, sales disueltas y metales pesados, siendo de esta manera potencial contaminante generando enfermedades crónicas, efectos a largo plazo en los riñones y problemas gastrointestinales, por lo que, un exceso de minerales como sodio, calcio, o magnesio en el agua puede alterar el equilibrio mineral en el cuerpo.

Calidad bacteriológica del agua perteneciente al PP N°1 Pozo Viejo

En cuanto al resultado de coliforme fecales se observa un resultado no excesivo, pero teniendo en cuenta los límites de calidad estandarizados no debería de presenciar colonias coliformes, con una respuesta a los análisis de 1.00 nos sugiere que esto se puede deber a los sumideros y letrinas que existen en el casco urbano.

Tabla 9. Análisis físico, químico y bacteriológicos del MAG, Tanque de Almacenamiento.

| RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICOS | | | | | |
|--|---------------------|--|---|---------------------|---------------------|
| PARAMETRO ANALIZADO | Unidades de medidas | Descripción de la muestra y punto de captación | | | Límite de detección |
| | | Código de laboratorio | | 2024 – 082 | |
| | | Número de informe | | | |
| | | NORMAS CAPRE | NTON 05 007 98 | Nombre de la fuente | |
| | | | MAG EL APANTE, TANQUE DE ALMACENAMIENTO | | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | Transparente | No Aplicable |
| COLOR (Pt. Co) | (UC) | 15 | | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5 | <5 | 15.8 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | | 17.4 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 1000 | 73.05 | No Aplicable |
| TEMPERATURA *C de Campo | *C | 18 - 30 | 18 – 32 | 22.7 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | | 24.2 | No Aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | 6.5 – 8.5 | 6.87 | - |
| pH de LAB | | | | 7.24 | No Aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | 400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | | 146 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No normado | - | 68.15 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 400 | 41.62 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | - | -01 +0.5 | -0.83 | No Aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 100 | 15.87 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 0.5 | 0.48 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No normado | - | 83.09 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 250 | 9.9 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 250 | 5.86 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | 10 | ND | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | | 0.03 | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | - | 0.05 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR | | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | - | No Realizado | No Aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0 | 0 | 7 | No Aplicable |

Calidad fisicoquímica del agua perteneciente a la fuente MAG, El Apante, Tanque de Almacenamiento.

Los resultados obtenidos de la tabla N°2 corresponden a la fuente del Mini Acueducto por Gravedad (MAG) El Apante, demostrando valores dentro de los rangos establecidos por las Normas CAPRE y NTON 05-007-98, pero a su vez inconsistencias en cuanto a la turbidez y conductividad eléctrica.

Ambas normativas establecen un límite máximo de 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez, los análisis nos arrojan un resultado de 17.40 UNT dando a conocer la presencia de partículas suspendidas, como microorganismos y materia orgánica, es un indicativo de contaminación que puede producirse por actividades humanas y/o naturales, generando problemas de salud por lo que se asocia a la contaminación de origen bacteriano o viral lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, como diarreas o infecciones gastrointestinales.

Existen factores que pueden contribuir a la elevación de conductividad eléctrica como un pH muy bajo o muy alto modificando de esta manera la cantidad y tipos de iones encontrados en el agua, las sales solubles como el sodio, cloro, calcio y nitrato son potenciales a un aumento en la conductividad, así como también los metales pesados y químicos utilizados en las industrias.

Calidad bacteriológica del agua perteneciente a la fuente MAG, El Apante, Tanque de Almacenamiento.

El resultado sobrepasa los rangos establecidos con 7.00 Unidades Formadoras de Colonias, indicando riesgo significativo de contaminación microbiológica. Los patógenos asociados con estos microorganismos son los causantes de enfermedades gastrointestinales y otras infecciones graves, siendo los más vulnerables niños, ancianos y personas con sistemas inmunitarios comprometidos.

Tabla 10. Análisis físico, químico y bacteriológicos, PEM, Juan de la Cruz Salas.

| RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICOS | | | | | |
|--|---------------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| PARAMETRO ANALIZADO | Unidades de medidas | Descripción de la muestra y punto de captación | | | Límite de detección |
| | | Código de laboratorio | | 2024 – 083 | |
| | | Número de informe | | | |
| | | NORMAS CAPRE | NTON 05 007 98 | | |
| | | PEM JUAN DE LA CRUZ SALAS | | | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | Transparente | No Aplicable |
| COLOR (Pt. Co) | (UC) | 15 | | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5 | <5 | 0.43 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | | 0.63 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 1000 | 186.93 | No Aplicable |
| TEMPERATURA *C de Campo | *C | 18 - 30 | 18 - 32 | 25.1 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | | 24.2 | No Aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | 6.5 – 8.5 | 6.61 | - |
| pH de LAB | | | | 6.79 | No Aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | 400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | | 638 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No normado | - | 127.77 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 400 | 91.17 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | - | -01 +0.5 | -0.96 | No Aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 100 | 31.75 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 0.5 | 2.89 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No normado | - | 155.79 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No normado | - | 0 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 250 | 44.5 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 250 | 25.67 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | 10 | 23.45 | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | | 0.02 | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | - | 0.16 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENATOR | | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | - | No Realizado | No Aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0 | 0 | 57 | No Aplicable |

Calidad fisicoquímica del agua perteneciente a la fuente PEM, Juan de la Cruz Salas

Los resultados obtenidos de la tabla N° 3 corresponden a la fuente del pozo excavado denominado PEM de Juan De La Cruz Salas, presentando resultados en su mayoría dentro de los rangos establecidos de la Norma CAPRE y NTON 05-007-98.

Los análisis demuestran que la conductividad eléctrica sobre pasa los límites establecidos dentro de las normas, dándonos un resultado de 638.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esto no debe de ser excesivo, por lo que, indica un alto nivel de sales disueltas, según las normativas CAPRE y NTON 05-007-98 debe estar por debajo de los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Calidad bacteriológica del agua perteneciente a la fuente PEM, Juan de la Cruz Salas

Los resultados del laboratorio han dado un resultado elevado en los coliformes fecales, según las normativas debe de ser 0.0. UFC/100 ml, sin embargo, la fuente de agua del pozo excavado nos resultó con 57.00 Unidades Formadoras de Colonias.

Esto es indicativo de contaminación, estos microorganismos son originados por la materia fecal de animales o humanos, cualquier presencia de estas bacterias en el agua de un pozo excavado es considerada una señal de riesgo para la salud.

10.4 Plan de acción enfocado en el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.

Diagnóstico

El casco urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí, cuenta diversos puntos de aprovechamiento de aguas para consumo, incluyendo pozos excavados, pozo perforado, un mini acueducto por gravedad, y otras fuentes naturales como ríos o quebradas, pero no cuentan con agua de forma permanente.

Por otro lado, teniendo en cuenta la hidrogeología del sitio, no cuenta con un acuífero como tal, sino, que, a su vez, es un acuitardo, esto quiere decir que es una formación geológica de baja permeabilidad, la cual se refiere a una capa o unidad que tiene una capacidad limitada para permitir el paso de los fluidos, esto se debe a estructura y composición que incluyen arcillas, sales y algunos tipos de rocas ígneas o metamórficas.

Es aquí donde tiene mucho que ver la disponibilidad del agua, y se entra en un estado de racionalización por parte de las autoridades competentes llevando a cabo un control y seguimiento del recurso hídrico a través de un monitoreo que consiste en las mediciones de los niveles estáticos y dinámicos del agua para dar a conocer el comportamiento y disponibilidad, dichos monitoreo se realizan mensual o de acuerdo a lo establecido por cada entidad local.

Objetivos

- Proteger las fuentes de abastecimientos mediante una racionalización del recurso hídrico asegurando su disponibilidad a largo plazo.
- Implementar sistemas de mejora eficiente al uso adecuado del recurso hídrico cumpliendo con los estándares de sostenibilidad y rentabilidad establecidos.
- Mitigar la contaminación que afecta directamente las aguas subterráneas, implementando tecnologías de tratamiento con base a lo establecido en las normas ambientales vigentes.

Medidas y actividades

1. Implementaciones en la agricultura: Uno de los sistemas utilizados actualmente en el sector de la agricultura es el riego por goteo, esto como una medida al uso indiscriminado del agua minimizando pérdidas.
2. Cosecha y cultivo de agua: Un método eficiente que brinda un aporte a la buena gestión de los recursos hídricos es la captación del agua de lluvia, a través de canales instalados en techos y posteriormente almacenarlas en tanques o cisternas, su uso es muy útil para riego o consumo humano una vez que se le aplique un debido tratamiento.
3. Gestión de aguas residuales: Esto asegura que las aguas utilizadas como el consumo doméstico, industrial o agrícola se gestione adecuadamente evitando el rebote a los recursos hídricos.
4. Aplicación de la reutilización y reciclaje: El aprovechamiento del agua tratada en actividades como riego agrícola disminuye en gran porcentaje el uso irracional del recurso.
5. Racionalización: Uso eficiente y aprovechamiento en tiempo de disponibilidad.
6. Sistema de tratamiento: Aplicación de sedimentación reposando el agua en un tanque donde los sedimentos se asientan debido a la gravedad, algo simple pero efectivo. Otro método de fácil implementación es la filtración a través de arena donde se eliminan las partículas pequeñas.
7. Concientización: Promoviendo medidas y dar a conocer la importancia que conlleva el uso irracional y dar a conocer la importancia del recurso hídrico.
8. Manejo sostenible de los bosques con el objetivo de proteger, conservar y mejorar la calidad y cantidad del agua en un ecosistema. Los bosques desempeñan un papel fundamental en el ciclo hidrológico, influyendo en la captación, almacenamiento y liberación del agua.

11. Conclusiones

La población que se abastece del agua proveniente del pozo perforados y MAG cuentan con un resultado optimo en base a los parámetros fisicoquímicos, puesto que casi en su totalidad están dentro de los límites establecidos en las Normativas CAPRE y NTON 05-007-98, esto puede deberse a que las autoridades locales le brindan un monitoreo de control y seguimiento correspondiente a lo que dictan las entidades correspondientes.

Imposible pasar desapercibido la presencia de coliformes fecales en el pozo N°1 y MAG, en las normativas establece que la presencia de estos microorganismos es de cero en su totalidad, podemos deducir que esto es a causa de filtraciones proveniente de sumideros, letrinas y aguas vertidas sin tratar.

En el pozo excavado de Juan De La Cruz Salas, existe contaminación considerable de coliformes fecales, con esto se confirma que este tipo de pozos son más propensos debido a su construcción y aguas superficiales con cierto porcentaje de microorganismos puedan infiltrarse.

12. Recomendaciones

- Realización de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos a pozos para uso domiciliario con el fin de garantizar una buena calidad y prevenir posibles contaminaciones a la salud humana.
- Realización de estudios hidrogeológicos para llevar a cabo la excavación de un pozo, esto con el fin de garantizar calidad y disponibilidad del vital líquido.
- A familias que dispongan de cualquier tipo de abastecimiento de agua aplicar su debido tratamiento inmediatamente después de conocer los resultados de análisis para contrarrestar cualquier tipo de incidencia.
- Acudir a las instituciones que garantizan la calidad y disponibilidad del agua para consumo humano y solicitar monitoreo constantes.
- Implementación de sistemas de filtración y cloración para garantizar calidad en el agua de consumo.
- Involucrar a gestores ambientales para elaboraciones de informes anuales y dar a conocer el estado de los recursos hídricos.
- Seguir indicaciones planteadas de instituciones como MARENA, AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA) y ENACAL.

13. Referencias y bibliografía

[NTON],. (2000). *Normas técnicas obligatoria Nicaraguense para la clasificación*. Nicaragua: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para la Clasificación [NTON],2000).

Bacque-Mite, R. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*.

Banco Mundial. (2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente*.

Baudino, G., Rodriguez, J., & Pereyra, G. (2011). *POZOS EXCAVADOS Y CALZADOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA*.

Briñez A, K. J., Guarnizo G, J. C., & Arias V., S. A. (2012). *Calidad de agua para consumo humano en el Departamento de Tolima, Colombia*.

Bruni, M., & Spuhler, D. (2020). *Pozos Perforados, Pozos Profundos*.

Calidad del agua. (s.f.). *CONTROL Y METODOS PARA GARANTIZARLA*.

Calidad del agua. (s.f.). *IMPORTANCIA, CONTROL Y METODOS PARA GARANTIZARLA*. Obtenido de <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/control-y-calidad-del-aguacalidad-del-agua/>

CAPRE. (1993). *Normas de calidad del agua para consumo humano*.

CAPS NIC ORG. (s.f.). Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades. *LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS AMERICAS, NICARAGUA*, 9. Obtenido de https://caps-nicaragua.org/media/adjuntos/Calidad_de_Agua_Nicaragua.pdf

Córdova, D. D. (11 de 04 de 2018). *renati*. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2907652>

- COUOH, F. E. (16 de 11 de 2021). *cdigital*. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52218/MayCoughFelipe.pdf?sequence=1>
- Díaz, R. (2015). *scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75262015000100003&script=sci_arttext
- Espinoza Ruiz, E., Rugama Sequeira, S., & Moreno Zepeda, T. (2014). *Diseño de Mini Acueducto Por Gravedad (MAG) y Planta De Tratamiento Para Agua Potable (PTAP) Para la Comunidad de Venecia, Municipio de Condega*. Managua.
- FAO NIC ORG. (s.f.). Los Recursos Hídricos de Nicaragua. 1. Obtenido de https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_recurshidricos_cepal.pdf
- Guevara., L. A. (02 de 2020). *Repositorio UNAN MANAGUA*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/16966/1/16966.pdf>
- Howard y Gelo, L. y. (s.f.). *Hidrogeología urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica*. Barcelona, España.
- INIDE. (2016). *Instituto Nacional de Informacion de Desarrollo - San Nicolas En Cifras*.
- Kimberly. (2023). *¿Que es TDS?*
- MENDOZA, M. J. (27 de 02 de 2017). *Repositorio UNAN MANAGUA*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/4373/1/96867.pdf>
- Merlo, M., Pernia, B., & Ramirez, N. (2018). *Revista internacional de contaminación ambiental*.
- NTON. (2000). *Normas tecnicas obligatoria Nicaraguense para la clasificacion*. Normas tecnicas obligatoria Nicaraguense para la clasificacion. (NTON).

Rodriguez, R. (2020). *Evaluación de Coliformes totales y Escherichia coli en superficies de contacto, Salmonella sp. en carne de res, en el primer y tercer trimestre del 2018, establecimiento #2. Managua, Nicaragua.* Managua.

Sarmiento, R. C. (23 de 04 de 2018). *Docplayer.* Obtenido de <https://docplayer.es/107701751-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-medicas-carrera-de-obstetricia.html>

Singler, A., & Bauder, J. (s.f.). EDUCACION EN EL AGUA DE POZO. *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales.*

Torrez, T., & Ray, A. (2011). Calidad del agua para consumo humano y potable en la comunidad indígena de Kamla y su efecto en la salud.

UCM. (s.f.). Oxigeno Disuelto. *Descripción de indicadores.* Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>

14. Anexos



Figura 3. Muestreo de pozo perforado.

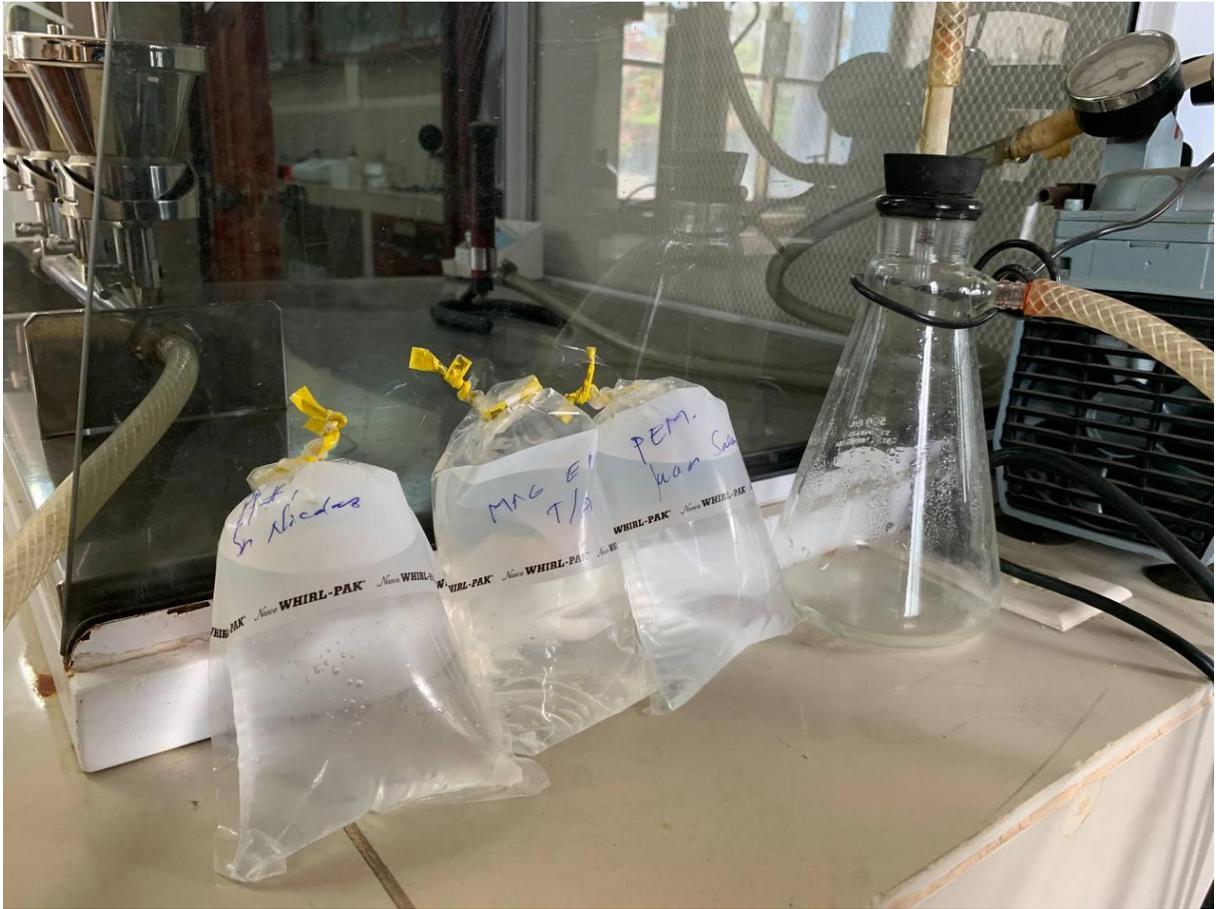


Figura 4. Muestreo MAG.



Figura 5. Muestreo de pozo excavado.





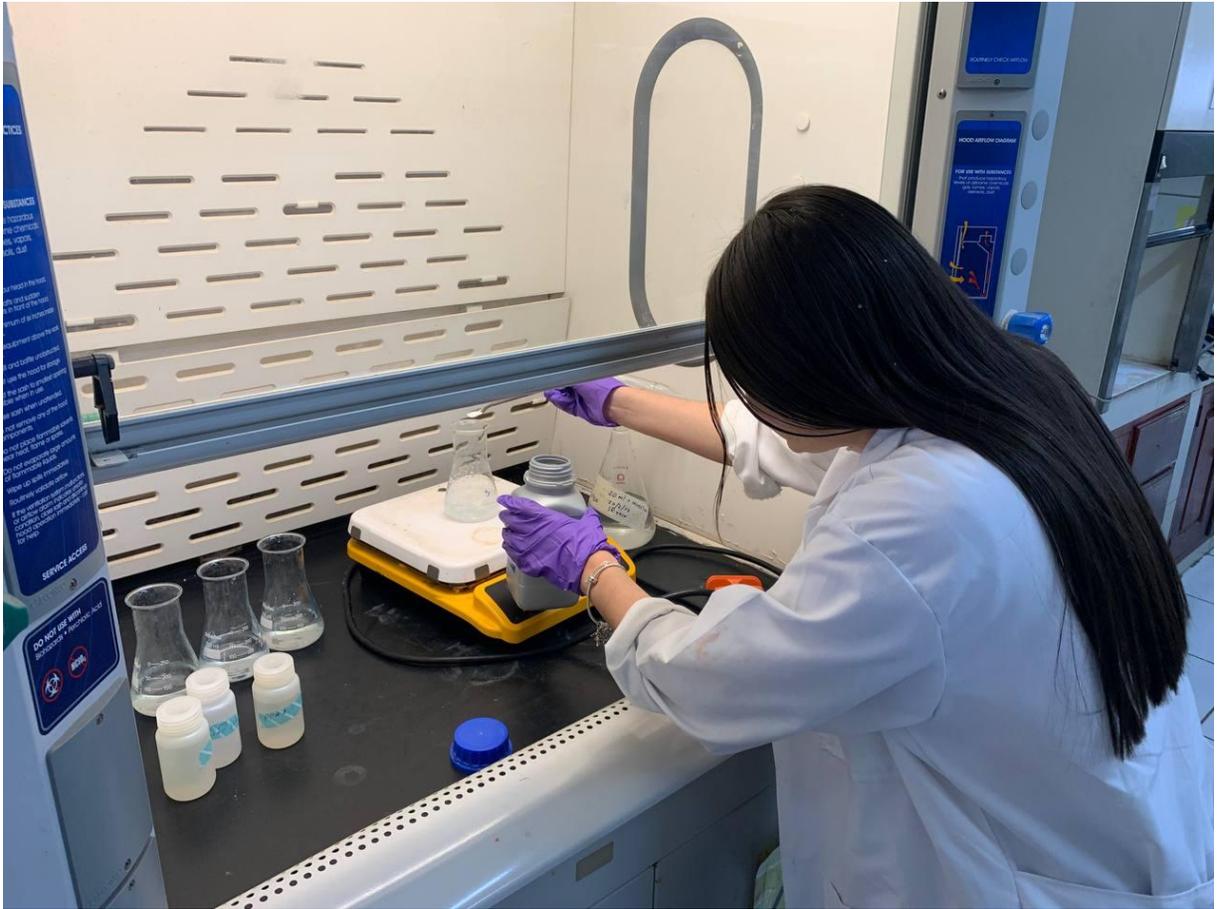


Figura 6. Análisis de laboratorio.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS Y SALUD

"2024: Universidad Gratuita y de Calidad para seguir en Victorias"

Estelí, 08 de octubre 2024

Ingeniera
Elsa Umaña
DELEGADA
ENACAL
Estelí, Nicaragua

Estimado Ingeniera:

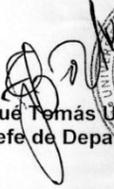
Con el respeto que se merece me dirijo a Usted para solicitar su apoyo institucional para *Glenda Azucena Gutiérrez Castro, carné N° 20510675; Harold Antonio Cruz Mendez, carné N° 20510257 y Naraly Sofia Rayo Romero, carnet N° 18510983*, estudiantes de la carrera Ingeniería Ambiental.

Como requisito de culminación de plan de estudio "Seminario de Graduación" los jóvenes deben realizar una investigación titulada **Evaluación de la calidad y disponibilidad del agua en el municipio de San Nicolás, departamento de Estelí**; bajo la tutoría el Doctor Kenny López Benavides.

En este sentido, y si usted lo autoriza, los jóvenes necesitan permiso para ingresar a las instalaciones y ser atendidos por el personal que usted designe para que les brinde la información necesaria relacionada a su tema de estudio y se les permita realizar puebas de calidad de agua en el laboratorio de ENACAL.

Agradeciendo de antemano su valiosa colaboración me despido reiterándole mis más cordiales saludos.

Atento,


MSc. Josué Tomás Urrutia Rodríguez
Jefe de Departamento



cc. archivo

Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL, Tel 27137734, Ext 7430

Figura 7. Carta de solicitud a ENACAL.

Interesado: Delegación Dptal. ENACAL Estell
 Dirigir informe a: Ing. Elsa María Umaña
 Captó la muestra: Tec. José Rivera
 Fecha captación: 26/11/2024

Departamento: Estell
 Municipio: San Nicolás
 Localidad: San Nicolás
 Fecha elaboración informe: 04/12/2024

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICO

| PARAMETRO ANALIZADOS | Unidades de medida | Descripción de la muestra y punto de captación | | Límite de detección |
|--|--------------------|--|--|---------------------|
| | | Código de laboratorio | - | |
| | | Número de informe | 2024-081 | |
| | | NORMAS CAPRE | PP N° 1 POZO VIEJO (SALIDA A SALMERÓN) | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | No aplicable |
| COLOR (Pt.Co) | (UC) | 15 | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5.0 | 0.23 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | 0.12 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 169.76 | No aplicable |
| TEMPERATURA °C de Campo | °C | 18 - 30 | 25.10 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | 24.10 | No aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | 7.33 | - |
| pH DE LAB | | | 7.53 | No aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | 478.00 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No Normado | 176.75 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 103.06 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | -0.1 - +0.5 | 0.06 | No aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 38.10 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 1.93 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No Normado | 215.50 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 19.80 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 2.05 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | 7.51 | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | ND | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | 0.14 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | No Realizado | No aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0.0 | 1.00 | No aplicable |

SIMBOLOGIA

UNT= Unidades Nefelométrica de Turbidez.

UC= Unidades de Color.

ND= No Detectado.

UFC= Unidades Formadoras de Colonias.

LDM= Limite de Detección del Método

(*)= Valor recomendado, no es valor máximo admisible.

Elaborado por: 
 Ing. Róger Solís Montoya
 Responsable de Laboratorio Regional Estell



Figura 8. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos PP N°1 Pozo Viejo (SALIDA A SALMERÓN).

Interesado: Delegación Dptal. ENACAL Estelí
 Dirigir informe a: Ing. Elsa María Umaña
 Captó la muestra: Tec. José Rivera
 Fecha captación: 26/11/2024

Departamento: Estelí
 Municipio : San Nicolás
 Localidad: San Nicolás
 Fecha elaboración informe: 04/12/2024

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICO

| PARAMETRO ANALIZADOS | Unidades de medida | Descripción de la muestra y punto de captación | | Límite de detección |
|--|--------------------|--|--|---------------------|
| | | Código de laboratorio | - | |
| | | Número de informe | 2024-082 | |
| | | NORMAS CAPRE | NOMBRE DE LA FUENTE MAG EL APANTE, TANQUE DE ALMACENAMIENTO | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | No aplicable |
| COLOR (Pt.Co) | (UC) | 15 | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5.0 | 15.80 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | 17.40 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 73.05 | No aplicable |
| TEMPERATURA °C de Campo | °C | 18 - 30 | 22.70 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | 24.20 | No aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | 6.87 | - |
| pH DE LAB | | | 7.24 | No aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | 146.00 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No Normado | 68.15 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 41.62 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | -0.1 - +0.5 | -0.83 | No aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 15.87 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 0.48 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No Normado | 83.09 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 9.90 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 5.86 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | ND | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | 0.03 | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | 0.05 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | No Realizado | No aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0.0 | 7.00 | No aplicable |

SIMBOLOGIA

UNT= Unidades Nefelométrica de Turbidez.
 UC= Unidades de Color.
 ND= No Detectado.
 UFC= Unidades Formadoras de Colonias.
 LDM= Limite de Detección del Método.
 (*)= Valor recomendado, no es valor máximo admisible.

Elaborado por: 
 Ing. Róger Solís Montoya
 Responsable de Laboratorio Regional Estelí

Figura 9. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos MAG El Apante, TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Interesado: Delegación Dptal. ENACAL Esteli
 Dirigir informe a: Ing. Elsa María Umaña
 Captó la muestra: Tec. José Rivera
 Fecha captación: 26/11/2024

Departamento: Esteli
 Municipio: San Nicolás
 Localidad: San Nicolás
 Fecha elaboración informe: 04/12/2024

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICO

| PARAMETRO ANALIZADOS | Unidades de medida | Descripción de la muestra y punto de captación | | Límite de detección |
|--|--------------------|--|--|---------------------|
| | | Código de laboratorio | - | |
| | | Número de informe | 2024-083 | |
| | | NORMAS CAPRE | NOMBRE DE LA FUENTE PEM JUAN DE LA CRUZ SALAS | |
| ASPECTO | - | Transparente | Transparente | No aplicable |
| COLOR (Pt.Co) | (UC) | 15 | No Realizado | 2.828 UC |
| TURBIDEZ DE CAMPO | UNT | 5.0 | 0.43 | - |
| TURBIDEZ LAB | | | 0.63 | 0.292 NTU |
| SOLIDOS DISUELTOS mg/L | mg/L | 1000 | 186.93 | No aplicable |
| TEMPERATURA °C de Campo | °C | 18 - 30 | 25.10 | - |
| TEMPERATURA DE LAB | | | 24.20 | No aplicable |
| pH de Campo | - | 6.5 - 8.5 | 6.61 | - |
| pH DE LAB | | | 6.79 | No aplicable |
| COND/ELECTRICA DE CAMPO | µS/cm | *400 | No Realizado | - |
| COND/ELECTRICA DE LAB | | | 638.00 | 2.547 µS/cm |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg/L | No Normado | 127.77 | 5.202 mg/L |
| DUREZA TOTAL | mg/L | *400 | 91.17 | No determinado |
| INDICE DE SATURACION | - | -0.1 - +0.5 | -0.96 | No aplicable |
| SODIO (Na) | mg/L | 200 | No Realizado | 0.593 mg/L |
| CALCIO (Ca) | mg/L | *100 | 31.75 | No determinado |
| MAGNESIO (Mg) | mg/L | 50 | 2.89 | No determinado |
| POTASIO (K) | mg/L | 10 | No Realizado | 0.540 mg/L |
| HIERRO TOTAL (Fe 2+) | mg/L | 0.3 | ND | 0.074 mg/L |
| BICARBONATOS (HCO3) | mg/L | No Normado | 155.79 | No determinado |
| CARBONATOS (CO3) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| HIDROXILO (OH) | mg/L | No Normado | 0.00 | No determinado |
| CLORUROS (Cl) | mg/L | 250 | 44.50 | 4.410 mg/L |
| SULFATOS (SO4) | mg/L | 250 | 25.67 | 1.295 mg/L |
| NITRATOS (NO3) | mg/L | 50 | 23.45 | 0.618 mg/L |
| NITRITOS (NO2) | mg/L | 0.1 | 0.02 | 0.009 mg/L |
| FLUOR (F) | mg/L | 1.5 | 0.16 | (0.081) mg/L |
| % Balance iónico | % | ±10 | - | - |
| RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR | | | | |
| Arsenico (As) | µg/L | 10 | No Realizado | No aplicable |
| RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS | | | | |
| Coliformes Fecales | UFC/100 ml | 0.0 | 57.00 | No aplicable |

SIMBOLOGIA

UNT= Unidades Nefelométrica de Turbidez.
 UC= Unidades de Color.
 ND= No Detectado.
 UFC= Unidades Formadoras de Colonias.
 LDM= Limite de Detección del Método
 (*)= Valor recomendado, no es valor máximo admisible.

Elaborado por: 
 Ing. Róger Solís Montoya
 Responsable de Laboratorio Regional Esteli



Figura 10. Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos PEM, Juan de la Cruz Salas.

GUIA DE ENCUESTA

Objetivo: Conocer la percepción de la población del Municipio de San Nicolás sobre la calidad y abastecimiento del agua potable.

ESTADO DEL AGUA DE CONSUMO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN NICOLAS.

Municipio: _____ Barrio: _____

Fecha: _____

Nombre de la Persona Encuestada: _____

I. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

1. ¿Cuentan con servicio de agua?

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

 SI NO

2. ¿Cuánto pagan de agua al mes? APRX _____

3. ¿En que almacenan el agua?

a) Barriles____ b) Bidones____ c) Pilas____

4. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

a) Tapados____ b) Destapados____ c) ¿Cómo? _____

5. La calidad del agua que consume en el hogar, la considera:

a) Buena____ b) Regular____ c) Mala____

6. ¿Qué condiciones tiene el agua que consume? (Se puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor____ b) Tiene mal olor____ c) Tiene mal color____

Que color: _____

Que Sabor: _____

7. ¿Los miembros de su hogar utilizan regularmente alguna otra fuente de agua para consumo?

a) Río:_____ b) Pozo:_____ c) Agua embotellada:

8. ¿Cuenta su hogar con un depósito de gran tamaño? ¿Cuál es su capacidad en litros? ¿Cuántas veces se ha llenado el depósito en la última semana?

Si_____ No: _____ Litros: _____ Llenado por semana del depósito: _____

II. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA

1. Tienen letrina Si_____ No_____

2. ¿En qué estado se encuentra?

a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____ No_____ Sin Uso: _____

3. ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina? Sí_____ No_____

4. Hace cuanto existe la letrina en la propiedad: _____

5. ¿La letrina está construida en suelo?

a) Rocoso____ b) Arenoso____ c) Arcilloso____

6. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?

a) La riegan_____ b) La dejan correr_____

c) Tienen zanja de drenaje_____ d) Tiene filtro para drenaje_____

7. La calidad del agua que consume en el hogar, la considera

a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____

¿Los miembros del hogar no recogen agua utilizan el suministro continuo?

¿Cada cuánto se interrumpe el servicio de agua potable?

¿Ha habido algún momento en el último mes en el que en su hogar no hayan contado con una cantidad de agua para consumo suficiente cuando la necesitaban?

¿Qué tipo de instalación sanitaria utilizan habitualmente los miembros de su hogar?

Descarga a la red de alcantarillado: _____

Descarga a una letrina abierta: _____

Descarga a drenaje abierto: _____

Descarga con destino desconocido: _____



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



