



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA INDUSTRIAL.**

TÍTULO:

**Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio,
filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019**

Autores:

Bra. Karla del Carmen Polanco Avendaño

Bra. Katherine Yahoska Jarquín

Tutor:

Esp. José Luis Prado Arroliga

Managua, enero de 2020



ASPECTOS GENERALES



TÍTULO

Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio, filial de ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



DEDICATORIA

A Dios, mamá, papá y hermana. A mis amigos, que han sido esos pequeños milagros que el señor nos obsequia; Anielka, Josselyn, Carmen, Katherine y su familia.

Karla Polanco

A Dios y mi madre.

Katherine Jarquín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas, a nuestros familiares por ser nuestro apoyo y a nuestros amigos por colaborar de una u otra manera a lo largo de este proceso.

Al equipo de trabajo de la planta aguadora en ENACAL-Matagalpa y a los docentes de nuestra alma mater UNAN-MANAGUA que han sido inspiración a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Gracias al profesor José Luis Prado por tener la disposición y paciencia para guiarnos en el desarrollo del tema, muchas gracias.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



CARTA AVAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

CARTA TUTORIAL Y DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD



El presente Seminario de graduación titulado "**Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio de la filial de ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019**", ha sido realizado por las bachilleras **Karla del Carmen Polanco Avendaño** y **Katherine Yahoska Jarquín** bajo la tutoría y asesoría de mi persona **Esp. José Luis Prado Arroliga**. En mi facultad doy fe de que las bachilleras han cumplido con todas las disposiciones y requisitos académicos en cuanto a la elaboración del presente seminario de graduación para optar al título de Licenciada en Química Industrial, además se declara la autenticidad de la información reflejada en el documento.

Managua, 20 de enero de 2020

*Esp. Jose Luis Prado Arroliga
Coordinador Química Industrial
Departamento de Química
UNAN-Managua
Tutor y Asesor*



RESUMEN

Se realizó este estudio con el objetivo de determinar la concentración de cloro residual libre en el sistema de distribución del municipio de San Dionisio departamento de Matagalpa en el periodo de septiembre-diciembre 2019, lo que permitió evaluar si el agua potable abastecida a la población de este municipio se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma regional CAPRE para cloro residual. La muestra la constituye 5 barrios que cuentan con el servicio de agua potable abastecida por la filial ENACAL. Se analizaron un total de 30 muestras de agua en un colorímetro digital por el método Dietil-p-fenilendiamina DPD con presentaciones tabletas. Se obtuvo que el 87 % de las muestras analizadas presentan concentraciones dentro del rango que la norma regional CAPRE admite.

Es necesario establecer las razones por las que hay variaciones en las concentraciones fuera del rango admisible debido a que los usuarios también han reportado la presencia de larvas de insectos en el agua que reciben lo que afecta directamente la calidad de agua que ENACAL está abasteciendo. Se evaluaron diferentes aspectos desde la limpieza de los tanques de abastecimiento hasta la correcta dosificación de cloro para la desinfección. De acuerdo a los datos obtenidos se puede recomendar como una prioridad que ENACAL revise los programas de vigilancia a la calidad del agua abastecida y el programa de monitoreo con el propósito de incluir a todas las localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa.

Palabras clave: Dietil-p-fenilendiamina, Cloro residual, Concentración, Vigilancia de la calidad.



ÍNDICE

TÍTULO	ii
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CARTA AVAL	iii
RESUMEN	iv
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.1 Objetivos específicos	4
2.1 MARCO TEÓRICO	5
2.1.1. Generalidades del municipio de San Dionisio.....	5
2.1.2 Extensión territorial.....	5
2.2 Generalidades del agua para abastecimiento.....	6
2.2.1 Fuentes de agua.....	6
2.2.2 Contaminantes del agua	7
2.2.3 Enfermedades por contaminantes	8
2.2.4 Características organolépticas del agua	8
2.3 Calidad del agua.....	9
2.3.1 Índice de calidad del agua.....	10
2.3.2 Vigilancia de la calidad	11
2.3.3 Potabilización del agua.....	11
2.3.3.1 Desinfección	12
2.3.3.2 Condiciones para la desinfección.....	12
2.3.3.3 Factores que influyen en un proceso de desinfección.....	13
2.3.3.4 Desinfectantes químicos más comunes	13
2.4 Cloración	15



2.4.1 Características del cloro.....	15
2.4.2 Química del cloro en el agua	15
2.4.3 Ventajas y desventajas.....	17
Fuente: Propia	17
2.4.4 Demanda de cloro	17
2.4.5 Cloro residual libre	18
2.5 Generalidades del metodo dietil-p-fenilendiamina (DPD)	18
2.6 Antecedentes.....	19
2.7 Preguntas Directrices	21
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
3.1.1. Descripción del ámbito de estudio y tecnológico.....	22
3.1.2. Tipo de estudio	23
3.1.3. Población y muestra.....	23
3.2. Identificación de variables.....	25
3.2.1. Variables independientes	25
3.2.2. Variable dependiente	25
3.3 Materiales y métodos.....	25
3.3.1 Materiales para recolectar información	25
3.3.2 Materiales para procesar la información.....	26
3.3.3 Método.....	27
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	29
4.1.1 Análisis de cloro residual por Barrio.....	29
5.1. CONCLUSIONES.....	35
5.2. RECOMENDACIONES	36
5.3. BIBLIOGRAFIA.....	37
Anexos	40



ÍNDICE DE TABLAS

tabla 1 microorganismos comúnmente encontrados en el agua.....	7
tabla 2 enfermedades producidas por el consumo de agua contaminada.....	8
tabla 3 parámetros físico-químicos del agua.....	9
tabla 4 frecuencia de análisis según la población.....	10
tabla 5 desinfectantes químicos.....	13
tabla 6 ventajas y desventajas de la cloración.....	17
tabla 7 puntos de muestreo en el municipio de san dionisio-matagalpa.....	24
tabla 8 equipos y reactivos.....	27
tabla 9 concentración de cloro en muestras del bo. san francisco (mg/l).....	29
tabla 10 concentración de cloro residual en muestras de la colonia jaime rugama (mg/l).....	30
tabla 11 concentración de cloro residual en muestras del bo. fabio martínez.....	31
tabla 12 concentración de cloro residual en muestras del bo. zinica.....	32
tabla 13 concentraciones de cloro residual en puntos de muestreo del municipio de san dionisio- matagalpa.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Concentración de cloro residual en el Bo. San Francisco.....	29
Gráfico 2 Concentración de cloro residual en la Colonia Jaime Rugama.....	30
Gráfico 3 Concentración de cloro residual en el Bo. Fabio Martínez.....	31
Gráfico 4 concentración de cloro residual en el Bo. Zinica.....	32
Gráfico 5 Frecuencia de monitoreo domiciliario.....	41
Gráfico 6 Frecuencia de abastecimiento de agua.....	42
Gráfico 7 Porcentaje de usuarios que encuentran basura en el agua.....	43
Gráfico 8 Suciedad observada en el agua por los usuarios.....	44



CAPÍTULO I





1.1 INTRODUCCIÓN

El cloro es uno de los agentes químicos más utilizados a nivel mundial para la desinfección de las aguas destinadas para consumo humano. ENACAL, como ente regulador del saneamiento de agua potable en Nicaragua se hace uso del cloro gas e hipoclorito de sodio para el proceso de desinfección. De este modo remueve microorganismos patógenos presentes en el agua que no fueron eliminados en los procesos físicos de potabilización. Es importante conocer las concentraciones en las que está presente este agente desinfectante ya que esto determina la calidad del agua que los usuarios reciben.

El propósito del presente estudio es conocer estas concentraciones de cloro residual en las redes de distribución que le permitirá a la institución responsable de la calidad de agua evaluar si el programa de vigilancia y control cumple con los parámetros que la norma regional CAPRE establece para la calidad de agua en Nicaragua. Es fundamental mantener en las redes de distribución un remanente de concentración de cloro libre residual para asegurar que el agua ha sido debidamente desinfectada; el propósito de desinfectar el agua con cloro es prevenir enfermedades que pueden ser provocadas por los contaminantes bacteriológicos que contiene los cuerpos de agua cruda.

El método químico más utilizado para la medición de cloro residual es el dietil-p-fenilendiamina (DPD). De manera práctica y precisa permite conocer las concentraciones de cloro en las muestras que se analicen. La población comprende al sistema de distribución del municipio de San Dionisio, Matagalpa y la muestra corresponde a las conexiones domiciliarias que pertenecen a las redes de distribución de la cabecera departamental. Se analizaron un total de 30 muestras de agua en un periodo de seis semanas para evaluar las variaciones que presentan las concentraciones de cloro y si este hecho ocasiona deficiencias en la calidad del agua que recibe la población del municipio.



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso indispensable para los seres humanos y todo ser viviente. Es esencial tener acceso a un abastecimiento de agua con calidad por lo que a través de los años se han estandarizado un sinnúmero de procedimientos que garantizan la distribución de agua apta para consumo humano de manera que esta debe estar libre de agentes patógenos que atenten contra la salud de la población que la consume.

La desinfección del agua tiene como propósito asegurar al consumidor el suministro de agua salubre mediante la destrucción de la mayoría de microorganismos patógenos entre los más comunes *E. coli* y *Salmonella*, bacterias que dan lugar al desarrollo de enfermedades como diarrea y fiebre tifoidea; la cloración elimina o reduce materia orgánica y microorganismos de origen fecal además de actuar como protección dentro del sistema de distribución anulando el posible desarrollo de estos agentes. Habitualmente la desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y físicos.

Actualmente, la filial ENACAL San Dionisio-Matagalpa realiza la captación de agua para abastecimiento en la fuente superficial el Carrizal y en la fuente subterránea Linda Vista que consta de tres pozos. La desinfección es realizada con hipoclorito de sodio, agente químico que presenta un efecto bactericida equivalente al cloro gas, sin embargo, presenta una concentración inferior y se suministra en condiciones bastante rudimentarias por lo que, resulta inquietante verificar la eficiencia del proceso de desinfección.

Lo anterior nos lleva a indagar si el procedimiento de desinfección que se desarrolla actualmente en la filial San Dionisio-Matagalpa cumple con la calidad de agua potable, por lo tanto, surge la siguiente pregunta: ¿Cumple con el rango de valor establecido por las normas CAPRE el parámetro de calidad cloro residual libre en agua potable?



1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es uno de los recursos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta, es de gran importancia para plantas, animales y seres humanos, por tal razón su calidad es un aspecto que preocupa a países de todo el mundo y en mayor medida a países en desarrollo debido a que afecta directamente la salud de la población.

La calidad de agua que provee la filial de San Dionisio está regida por las normas regionales CAPRE, es esencial cumplir con los parámetros que la misma establece y por lo tanto deben hacerse evaluaciones continuas que buscan mejorar el programa de control.

El control de calidad del agua proporciona la información necesaria para llevar a cabo medidas correctivas, en consecuencia, esta evaluación tiene como propósito verificar y asegurar la calidad de agua que se le suministra a la población del municipio de San Dionisio en Matagalpa; enfocándose en determinar si los niveles de cloro residual libre en la red de distribución en este municipio se encuentran tal y como lo establecen los parámetros de calidad de la norma regional CAPRE los cuales son entre 0,5 a 1,0 mg/L.

De esta manera se podrá especificar la eficiencia de la desinfección mediante análisis químico. Los contaminantes tienen un impacto significativo en los problemas de control de calidad de agua y esta intervención permitirá que se valore si el sistema de distribución de agua potable presenta algún problema.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el cloro residual libre presente en redes de distribución de agua potable filial ENACAL San Dionisio-Matagalpa en los meses de septiembre a diciembre del 2019.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Determinar las concentraciones de cloro residual libre en la red de distribución de la filial de San Dionisio empleando el método dietil-p-fenilendiamina (DPD).
2. Verificar si las concentraciones de cloro residual libre se encuentran dentro de los límites permisibles para el consumo humano establecidos en las normas CAPRE.
3. Identificar los factores que generen posibles deficiencias en la calidad de agua que se suministra a la población perteneciente al municipio de San Dionisio, Matagalpa.



CAPITULO II





2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1. Generalidades del municipio de San Dionisio.

El municipio de San Dionisio pertenece a la circunscripción Norte del departamento de Matagalpa; está situado entre las coordenadas 12° 45' de latitud norte y 85° 51' de longitud Oeste; a una distancia de 37 km. de la cabecera departamental y a 166 km. al Norte de Managua. El municipio se encuentra a una altura de 380 m sobre el nivel del mar; con una extensión territorial de 165.50 km²., ocupando el 0.12% del territorio nacional con una población aproximada de 18 400 habitantes y una densidad poblacional de 111 hab/km². (Asociación de Municipios Productivos del Norte AMUPNOR, 2009)

2.1.2 Extensión territorial.

Tiene una superficie de 152 km² (tiene el 2% del territorio departamental). Con una altura sobre el nivel del mar entre 350 y 1 250 m con una topografía quebrada, siendo su principal río, El Cálico.

San Dionisio es un municipio de la cabecera departamental de Matagalpa; está localizado a una distancia de 37 km del municipio. La distancia de San Dionisio a Managua es de 166 km.

Limites

- Limita al Norte con el departamento de Matagalpa.
- Al Sur con el municipio de Esquipulas.
- Al Este con la comunidad Pueblo Viejo y el municipio San Ramón.
- Al Oeste con el municipio de Terrabona.

2.1.2.1 Demografía.

La población del municipio de San Dionisio es de aproximadamente 18 400 habitantes de los cuales 2 500 Hab. residen en el área urbana y 16 600 en la zona rural.

2.1.2.2 Distribución territorial.

El municipio se encuentra distribuida política y administrativamente en 9 microrregiones, 19 comarcas, 71 comunidades y 5 barrios.



2.2 Generalidades del agua para abastecimiento.

El suministro de agua potable implica diversos aspectos entre los que se encuentra la adecuación de su calidad para consumo humano. Para ello se requiere encontrar la forma más conveniente de hacerlo, tanto desde el punto de vista técnico como del económico. Lo más común es efectuar el suministro de agua a partir de las denominadas fuentes convencionales, compuestas por las aguas subterráneas (acuíferos) y las superficiales (ríos, lagos y presas).

2.2.1 Fuentes de agua

Fuentes subterráneas

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados o perforados.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes. (Carlos Barrios Napuri, 2009).

Fuentes superficiales

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc. La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros. (Carlos Barrios Napuri, 2009)



2.2.2 Contaminantes del agua

Tabla 1 Microorganismos comúnmente encontrados en el agua

Tipo de organismo	Organismo	Incidencia sanitaria	Observaciones
Bacterias	E. coli patógenos	Alta	
	Salmonella typhi	Alta	
	Otras salmonelas	Alta	
	Shigella spp.	Alta	
	Vibrio cholerae	Alta	
	Yersinia enterocolítica	Alta	
	Pseudomonas aeruginosa	Mediana	Es más frecuente la transmisión por alimentos
Virus	Otras pseudomonas	Mediana	Es más frecuente la transmisión por alimentos
	Poliovirus	Alta	
	Virus de epatitis A	Alta	
	Enterovirus	Alta	Es más frecuente la transmisión por alimentos
	Rotavirus	Alta	Es más frecuente la transmisión por alimentos
Protozoos	Entamoeba histolytica	Alta	Es más frecuente la transmisión por alimentos
	Giarda ssp.	Alta	Es más frecuente la transmisión por alimentos
	Cryptosporidium ssp.	Alta	Es más frecuente la transmisión por alimentos

Fuente: (Organizacion Mundial de la Salud OMS, 2014)

2.2.3 Enfermedades por contaminantes

Tabla 2 Enfermedades producidas por el consumo de agua contaminada

Virus	Bacterias	Protozoos	Otras
Hepatitis A y B	Cólera	Gardiasis	Ascariasis
Poliomelitis	Fiebre tifoidea	amebiasis	
Gastroenteritis por rotavirus	Paratifoidea		
	Shigelosis		
	Diarreas por E. coli		

Nota: Falta de garantías en la seguridad de recursos hídricos expone a la población al riesgo de brotes de enfermedades.

Fuente: (Organización Mundial de la Salud OMS, 2014)

2.2.4 Características organolépticas del agua

Color: el color aparente es el que presenta el agua bruta y el verdadero, que es el que presenta cuando se le ha separado la materia en suspensión. Se mide el color en unidades de Pt-Co.

Olor: Compuestos químicos presentes en el agua, como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materia orgánica en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos dan olor al agua.

El sabor: está íntimamente relacionado con el color, ya que están totalmente enlazados entre sí para que la calidad sea de buena o mala. Las medidas de olores y sabores son estimativas, mediante procesos de dilución.

Turbidez: es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión. Es un fenómeno óptico que consiste esencialmente en una absorción de luz combinado con un proceso de difusión. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Íntimamente unida a la turbidez está parte de la cantidad de materia sólida presente en el agua.

Conductividad: Propiedad de transmitir el calor o la electricidad. Unidad en el sistema Internacional: Siemens por metro (S/m) (ONGAWA, 2016)

La temperatura: es una variable física que influye notablemente en la calidad de un agua. Afecta a parámetros o características tales como la solubilidad de gases y sales, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, desplazamientos de los equilibrios químicos, tensión superficial, desarrollo de organismos presentes en el agua. La influencia más interesante va a ser la disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y la aceleración de los procesos de putrefacción.

2.3 Calidad del agua

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial, agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (Organización de las Naciones Unidas ONU, 2014). Por estas razones el agua para abastecimiento humano debe de cumplir con una serie de parámetros que aseguren la inocuidad de la misma. Conocer el efecto del conjunto de elementos que contiene, permite establecer el uso al que será destinada.

La norma de calidad que regula dichos parámetros en Nicaragua es la Norma Regional CAPRE, donde establece las concentraciones admisibles para cada uno de los componentes presentes en el agua destinada para consumo humano

Tabla 3 Parámetros físico-químicos del agua

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de iones hidrogeno	Valor pH	6.5 a 8.5	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0	
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	2
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos disueltos totales	mg/L		100
Zinc	mg/L		3

Fuente: norma regional CAPRE

Tabla 4 Frecuencia de análisis según la población

La cantidad de muestras bacteriológicas y cloro residual se toman bajo el siguiente criterio:

< 2 000	3(1)
2,001 – 5,000	6(2)
5,001 – 10,000	8(3)
10,000 – 20, 000	10(4)
20,000 – 50,000	15(5)
50,000 – 100,000	20(6)
> 10,000	1 muestra/10,000 Hab. + 10 muestras

Fuente: norma regional CAPRE

1. La frecuencia deberá ser determinada por las autoridades nacionales competentes.
2. Las autoridades nacionales competentes deberán esforzarse, de ser posible, por aumentar esta frecuencia.
 - a) En el caso de agua que es desinfectada la frecuencia de los análisis microbiológicos deberá duplicarse.
 - b) En caso de una alta frecuencia se recomienda observar en lo posible intervalos regulares entre dos tomas de muestras. (Norma Regional CAPRE, 1994)

ENACAL como ente regulador de la calidad de agua en Nicaragua sujeto a las regulaciones de las Normas de Calidad han establecido un número de muestras de acuerdo a la cantidad de usuarios que abastece.

2.3.1 Índice de calidad del agua

Los índices de calidad de las aguas son herramientas adecuadas para caracterizar la calidad de las aguas independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas dichas aguas. Estos índices se basan en la aplicación de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y



microbiológicos de las aguas, de manera que, en función de dichas concentraciones, se llega a obtener un valor numérico que se traduce en un rango de calidad.

Existen dos tipos básicos de índices para la determinación de la calidad; los que miden parámetros concretos como sales, nitratos, determinados contaminantes, etc., que pueden considerarse en las tablas de calidades exigidas por la legislación vigente, en este caso reguladas por las normas de calidad del agua para consumo humano, Normas CAPRE, que contiene los valores para los parámetros físicos, químicos, biológicos en sus aspectos organolépticos y considerando que altos niveles de estos mismos podrían ser altamente nocivos para la salud.

2.3.2 Vigilancia de la calidad

La vigilancia es una actividad de investigación que se realiza para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua de consumo. La vigilancia contribuye a proteger la salud pública fomentando la mejora de los llamados «indicadores de servicio» del abastecimiento de agua de consumo: calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (poblaciones con acceso fiable), asequibilidad y continuidad. La autoridad de vigilancia debe tener competencia para determinar si un proveedor de agua está cumpliendo sus obligaciones.

La vigilancia requiere un programa sistemático de estudios, que pueden incluir auditorías, análisis, inspecciones sanitarias. Debe abarcar la totalidad del sistema de agua de consumo, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación. Los proveedores de agua de consumo son en todo momento responsable de la calidad y la inocuidad del agua que producen. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2014)

2.3.3 Potabilización del agua

Recepción del caudal: si el caudal de agua presenta demasiada turbiedad se le adiciona un agente químico floculante $Al_2(SO_4)_3$ sulfato de aluminio.

Coagulación y floculación: mediante este proceso se agrupan las partículas sólidas que están en el agua responsables de olor y turbidez.



Decantación: todos los flóculos que se forman en el proceso anterior se depositan en el fondo cuando el agua está en reposo a través de la acción de la gravedad, formando un fango que se extrae, posteriormente.

Filtración: retención de las partículas que no pudieron ser eliminadas en el proceso anterior, el caudal de agua se hace pasar por filtros.

Desinfección: se le adicionan agentes químicos normalmente cloro gaseoso o hipoclorito de sodio con el propósito de eliminar los microorganismos que hayan podido sobrevivir a los procesos anteriores, además de mantener niveles de cloros pertinentes en las redes de distribución.

2.3.3.1 Desinfección

La presencia de microorganismos patógenos en el agua para abastecimiento, es un riesgo que se incrementa en las áreas de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable. La seguridad de que existe contaminación en las diferentes fuentes de agua que pueden ser causa de enfermedades, ha conducido a la necesidad de controlar rutinariamente la calidad de estas.

La contaminación biológica de aguas es causada básicamente por la presencia de excrementos humanos o de origen animal, y está habitualmente asociada a la rápida urbanización y la falta de tratamiento de las aguas servidas. En las aguas con contaminación biológica, ricas en materia orgánica de origen doméstico, proliferan organismos patógenos con capacidad de causar distintas afecciones incluyendo alergias, diarrea, tifus, cólera, entre otras. También son importantes otros organismos (oportunistas) que, aunque no se los clasifica como patógenos, potencialmente pueden producir enfermedades en personas con los sistemas de defensa reducidos. (Instituto INAA, 2012, p. 9)

2.3.3.2 Condiciones para la desinfección

Para proceder a la desinfección del agua para abastecimiento, se debe asegurar que esta haya finalizado todas las etapas de tratamiento que requiere ya que, de esta manera serán

removidos la mayor parte de precursores que pueden originar subproductos que afectarían la eficiencia del proceso.

2.3.3.3 Factores que influyen en un proceso de desinfección

Tiempo de contacto: Es el tiempo disponible que tiene el cloro para actuar sobre los microorganismos. Para la efectividad del desinfectante es necesario de 10 a 16 minutos de contacto con el agua.

Temperatura: A mayor temperatura la velocidad de destrucción es más rápida, pero el cloro es más estable en agua fría. Para lograr la eficiencia debe incrementarse la concentración de cloro residual.

pH: De forma general, mientras más alcalina sea el agua se requiere mayor concentración en la dosificación.

2.3.3.4 Desinfectantes químicos más comunes

Entre los agentes químicos de desinfección más utilizados, se destacan el cloro elemental gaseoso (Cl_2), el hipoclorito (ClO^-), Ozono. (O_3), dióxido de cloro (ClO_2).

Tabla 5 Desinfectantes químicos

Tipo de desinfectante	Efecto bactericida
Cl_2	++
ClO_2	++
UV	++
O_3	+++

Nota: En Nicaragua, comúnmente se realiza el proceso de desinfección con cloro gas e hipoclorito de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: (Comision Nacional del Agua CONAGUA, sf.)

El ozono: La eficiencia microbicida del ozono es alta, en tiempos cortos. La razón por la que la rapidez de acción es tan distinta entre el ozono y el cloro se debe a que, aunque ambos son oxidantes el mecanismo de eliminación es diferente. El ozono mata a las bacterias por ruptura de la membrana celular (Nebel, 1982) citado por (Comision Nacional del Agua CONAGUA,



sf.)Tiene un gran poder de eliminación de virus y se recomienda incluso con aguas altamente contaminadas.

Luz ultravioleta (UV): estos rayos producidos en la parte del espectro solar apto para la fotosíntesis es la región visible, inmediatamente después son invisibles los cuales son eficaces produciendo importante daño celular atacando al ADN de los microorganismos.

El dióxido de cloro (ClO₂): es un desinfectante cuya capacidad biocida sobrepasa a la del cloro y sus derivados. Debido a sus cualidades oxidantes selectivas, su aplicación es una alternativa a ser considerada donde además de la desinfección se requiere mejorar la calidad organoléptica del agua. Tiene un gran efecto en el control del sabor y el olor, así como para destruir sustancias orgánicas que proporcionan color o que son precursoras de trihalometanos (THM).

Hipocloritos: los hipocloritos son sales del ácido hipocloroso; se comercializan en forma seca o líquida. Su disolución en el agua da lugar a un equilibrio similar al originado por el cloro gas. La principal diferencia es el valor del pH resultante. Las soluciones de hipocloritos contienen un exceso de álcali, lo que tiende a incrementar el pH. El hipoclorito de calcio es la forma más frecuente de comercialización como producto sólido, y el hipoclorito sódico como líquido. Estos productos tienen un poder oxidante equivalente al cloro gas, y pueden ser utilizados para los mismos fines en el tratamiento del agua.

La elección del producto más conveniente depende de aspectos técnicos y económicos. Los hipocloritos son especialmente indicados para resolver emergencias, y en el campo de la desinfección, así como para pequeñas instalaciones, proporcionando resultados similares a los obtenidos con el uso del cloro gas. Aunque no se puede establecer con carácter terminante, la experiencia aconseja utilizar el hipoclorito para los pequeños abastecimientos de hasta 2 000 personas.



2.4 Cloración

2.4.1 Características del cloro

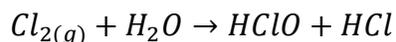
El cloro, en condiciones ordinarias de presión y temperatura, es un gas amarillo verdoso de un olor irritante característico. Se considera un gas compresible no inflamable, ni aún en estado líquido; sin embargo, el cloro gas puede soportar la combustión de ciertos materiales bajo determinadas condiciones.

El cloro es un elemento muy activo químicamente, razón por la cual no se le encuentra en estado libre, sino en combinación con otros elementos comunes como el sodio con el cual está ampliamente distribuido en la naturaleza como cloruro de sodio, y constituye su fuente principal. El cloro gaseoso es 2.5 veces más pesado que el aire, por lo que tiende a acumularse en los lugares bajos y se difunde lentamente en el punto y seguido el cloro gaseoso puede ser licuado por la aplicación de presión a baja temperatura y en esta forma un líquido claro color ámbar, 1.5 veces más pesado que el agua. (Industria Química del Itzmo, s.f)

El cloro, es el agente mayormente utilizado en los procesos de desinfección porque tiene varios aspectos atractivos: logra la inactivación efectiva de una gran gama de patógenos comúnmente encontrados en las aguas, su costo es bajo, y tiene un efecto residual fácilmente controlado y monitorizado que protege al agua de una reinfeción, previene el crecimiento de algas en la infraestructura hidráulica, remueve el hierro y manganeso, remueve el color que producen ciertos colorantes orgánicos.

2.4.2 Química del cloro en el agua

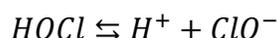
La desinfección con cloro libre se puede lograr usando ya sea gas cloro o hipoclorito de sodio. Cuando se inyecta gas cloro en el agua este se disuelve en ella y luego reacciona rápidamente con el agua para formar ácido hipocloroso y ácido clorhídrico:



Del mismo modo cuando se añade hipoclorito de sodio al agua, esta reacciona rápidamente para formar ácido hipocloroso e hidróxido de sodio:



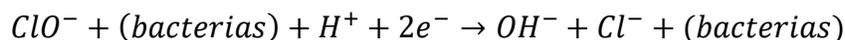
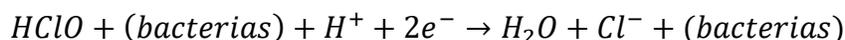
La especie química que aporta el mayor poder desinfectante es el ácido hipocloroso (HClO), por lo que el gas cloro y el hipoclorito de sodio tiene exactamente las mismas capacidades de desinfección sobre una base molar. El ácido hipocloroso es un ácido débil que se disocia para formar iones hipoclorito (ClO^-). El grado de disociación depende del pH :



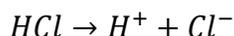
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$$

El $\text{p}K_a$ para el HClO es 7.6 a 20 °C; por lo tanto, el HClO es la forma predominante por debajo de este valor de pH y un ClO^- es la forma predominante por encima del mismo valor. El HClO y el ClO^- tienen capacidad de desinfección, pero el HClO tiene una cinética de desinfección más rápida y, por consiguiente, es un desinfectante más potente que el ClO^- . En consecuencia, cuando lo único que importa es la desinfección, se recomienda un pH de 7 o menor.

Las reacciones de desinfección son reacciones de oxidación que convierten el cloro a ion cloruro mientras los organismos se neutralizan:



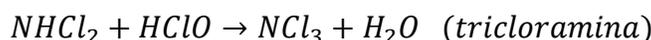
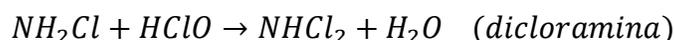
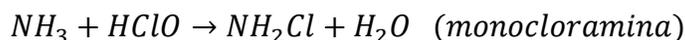
Las otras especies químicas que se forman durante la adición de gas cloro e hipoclorito de sodio son: ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH) son un ácido fuerte y una base fuerte, respectivamente. Estas se disocian completamente en agua; al disociarse, el ácido clorhídrico provoca una reducción de la alcalinidad y del pH , mientras que el hidróxido de sodio provoca un incremento de estos indicadores:





De esta manera, mientras que el gas cloro y el hipoclorito de sodio tienen capacidades idénticas de desinfección, cuando se los añade al agua tendrán efectos opuestos respecto al *pH* y la alcalinidad. Las soluciones de hipoclorito de sodio suelen contener hidróxido de sodio en exceso, lo que provoca un incremento adicional de la alcalinidad y el *pH*.

Cuando el amoníaco está presente en el agua el cloro reacciona para formar especies que combinan el cloro y el amoníaco, conocidas como cloraminas. A medida que se añade cloro, este reacciona sucesivamente con el amoníaco para formar las tres especies de cloraminas. (Kerry. J Howe, 2012, pp 532-533)



2.4.3 Ventajas y desventajas

Tabla 6 Ventajas y desventajas de la cloración

Ventajas	Desventajas
<p>Método ya establecido a nivel mundial</p> <p>Las cloraminas que se generan al reaccionar con el amoníaco proporcionan un efecto desinfectante adicional.</p> <p>Mantiene efectos residuales Eficiente</p>	<p>En algunas circunstancias se utiliza la descoloración para reducir los niveles de cloro residual.</p> <p>La dosificación utilizada puede que no actué en algunos virus, esporas y quistes.</p> <p>Incrementa la vigilancia y control Forma TMH y otros productos subclorados</p>

Fuente: Propia

2.4.4 Demanda de cloro

Se define como demanda de cloro a la cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica que componen al agua cruda. Para evaluar la demanda de cloro



se agregan cantidades conocidas de reactivo y se evalúa la cantidad remanente de microorganismos.

2.4.5 Cloro residual libre

Como se ha venido mencionando es de vital importancia contrarrestar cualquier carga de contaminantes que contenga el agua a la salida de la planta de tratamiento mediante el efecto residual que ofrece la cloración. Es sumamente importante mantener en las redes de distribución concentraciones permisibles de cloro residual.

El cloro residual libre en el agua para consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amonio (cloraminas) y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de ellos constituye el cloro residual total. El control de cloro residual debe llevarse a cabo diariamente. (Agbar agua, s.f.parr. 4)

2.5 Generalidades del método dietil-p-fenilendiamina (DPD)

El Cloro presente en la muestra en forma de Ácido Hipocloroso y/o de ión hipoclorito (cloro libre o cloro disponible) reacciona inmediatamente con el DPD (dietil p-fenileno-diamina) a la vez que el cloro libre presente en la muestra para formar un color rosa proporcional a la concentración de Cloro. Los resultados del ensayo se miden a una longitud de onda de 528 nm. El análisis se realizará en el fotómetro colorimétrico digital Pocket colorimeter™ para el análisis de cloro residual libre, por lo tanto, se seguirán las instrucciones recomendadas por el fabricante para la manipulación del equipo antes mencionado.

Las reacciones colorimétricas pueden medirse en un espectrofotómetro o un colorímetro. Ambos instrumentos miden la intensidad de la luz que atraviesa una muestra coloreada y convierten esta intensidad de luz en una concentración basándose en una curva de calibrado almacenada. Los instrumentos siguen los principios de la ley de Beer-Lambert es la relación lineal entre la absorbancia y la concentración. (Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, 2010)



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



$$A = \epsilon \times b \times c$$

Los instrumentos utilizan la ecuación anterior para calcular la absorbancia y muestran un valor de concentración basado en la curva de calibración almacenada en el mismo. Es decir, la lectura de colorimetría es la luz absorbida al atravesar la muestra.

2.6 Antecedentes

Internacional

En 2016, Universidad de Cuenca, Ecuador; determinaron cloro libre residual en aguas tratadas. El estudio corresponde a la toma de muestras de conexión domiciliarias a la salida de la planta y puntos intermedios en la red. Se utiliza el método colorimétrico dietil-p-fenilendiamina que tiene una precisión de identificación de cloro entre un rango de 0,0 y 3,5 mg/L. Con este análisis se comprobó que el valor promedio del agua está por debajo de lo permisible por lo que mediante análisis se ha podido confirmar casos de personas con diarrea y vómito.

Nacional

En 2016, Managua-El crucero, Beleyde realizó una investigación para comprobar la calidad del agua potable suministrada a 10 comunidades del crucero. Se recolectaron muestras de diferentes puntos y se les realizaron pruebas fisicoquímicas mediante el método DPD, coliformes totales y termotolerantes. Se encontró que el tratamiento a estas aguas era deficiente lo que le impedía ser apta para el consumo.

En 2017, Telpaneca-Madriz, la facultad de tecnología y ambiente de la UCA realizó el análisis básico de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua potable. Este estudio trae como incitativa comprender afirmaciones contradictorias del MINSA y ENACAL. El primero afirma que esta agua está contaminada y el segundo manifiesta que brinda un servicio seguro. Se realizaron pruebas fisicoquímicas al pozo donde se distribuye a la red de distribución y se encontró que el proceso de cloración no es suficiente con respecto al caudal que acopia. Se tomaron muestras



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



de diferentes puntos y el cloro presente es menor al establecido, además se demostró contaminación fecal y exceso de magnesio.

Evaluación físico química y bacteriológica del abastecimiento de agua potable del municipio de la concordia, Israel castillo, CIRA UNAN 2018. Esta investigación se enfoca en la calidad del agua suministrada al municipio. Como base de la investigación son los parámetros físico químicos descritos en las normas CAPRE para la calidad del agua ,se realizaron las tomas de muestras en 7 puntos las cuales fueron tomadas del grifo estas fueron analizadas en el laboratorio del CIRA , bajos los parámetros de cloro residual en el agua por el método de espectrofotometría los resultados de estos análisis arrojaron de que los niveles son los aceptados bajos los rangos establecidos se realizó pruebas de turbidez ,cloro residual y sedimentación.

Estudio sobre la cadena de suministros de cloro en sistemas rurales de abastecimiento de agua en Nicaragua, Dra. Indiana García abril 2019. Fondo de inversión social de emergencia FISE, realizó el estudio de seguimiento a los servicios de agua potables. En este diagnóstico se encontró que: el 54% de los sistemas no están clorando, persisten los problemas de administración, operación y mantenimiento en los sistemas, no hay monitoreo del cloro residual y de otros parámetros como pH y turbidez que afecta la eficiencia del proceso de cloración, problemas de capacitación de los operadores y de una parte del personal que labora para el análisis. Se recolectaron muestras de diferentes zonas rurales del país a las cuales se le realizaron pruebas físico-químicas para concluir que, aún hay mucho déficit en el suministro de aguas por lo que, la entidad competente abordara las medidas necesarias para asegurar un plan que mejore los sistemas de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales.



2.7 Preguntas Directrices

1. ¿Cuáles son las concentraciones de cloro residual libre presentes en las muestras de agua tomadas en las conexiones domiciliarias pertenecientes a la red de distribución de la filial San Dionisio?
2. ¿Cuál es el cumplimiento de las redes de distribución del municipio de San Dionisio en relación a los límites permisibles establecidos en las normas CAPRE de cloro residual libre para asegurar la calidad de agua potable a esta población?
3. ¿Qué factores generan posibles deficiencias en la calidad de agua que se suministra a la población de la cabecera Municipal San Dionisio?



CAPÍTULO III



3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. Descripción del ámbito de estudio y tecnológico

El ámbito de estudio corresponde a la filial municipal de San Dionisio que pertenece al Departamento de Matagalpa-Nicaragua. Esta filial cuenta con una fuente superficial y una subterránea para abastecimiento de agua potable; el ojo de agua El Carrizal localizado en la comunidad El Carrizal a 7,5 Km de San Dionisio que genera un caudal de 30 gal/min, además, se abastece de tres pozos localizados en el sector Linda Vista a 1 km de distancia de la cabecera Municipal.

El pozo #1 es excavado con un caudal de 8 m³/h, el pozo #2 es excavado con un caudal de 8,5 m³ y el pozo #3 es perforado con un caudal de 10 m³/h. El agente químico utilizado para la desinfección del agua recibida es el hipoclorito de sodio distribuido por Electroquímica de Nicaragua S.A (ELQUINSA) con una concentración de 12%. Los técnicos de laboratorio regional ENACAL-Matagalpa confirman la concentración del hipoclorito de sodio utilizado para desinfección cada vez que reciben materia prima. Es suministrada en las redes de distribución como una solución con una concentración al 6%; 8 L en 450 L de agua por medio de aforo con intervalos de tiempo.

El caudal de las tres fuentes es recepcionado para converger en un tanque con capacidad de almacenamiento de 170 m³, este tanque está situado en el barrio San Francisco en el Municipio de San Dionisio.

El sistema de distribución de la cabecera Municipal de San Dionisio cuenta con una extensión de 10 km en tubos PVC de 1, 2, 3 y 4 pulgadas. Es una red reticulada por gravedad que distribuye agua a todos los usuarios del centro del Municipio.

El área tecnológica del presente estudio corresponde a las líneas de investigación de la carrera; producción industrial en planificación y control de producción ya que, la producción de agua con



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



calidad es sumamente importante e indispensable para la salud de la población y se evalúa con el fin de orientar a acciones de prevención.

3.1.2. Tipo de estudio

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es observacional y según el nivel inicial de profundidad es descriptivo debido a que se muestran una serie de definiciones que detallan características y comportamiento de las variables en estudio. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

El tipo de estudio es correlacional descriptiva debido a que se refiere a variables que tienen como objetivo describir el comportamiento de un parámetro de calidad de agua potable y contiene elementos correlacionales ya que se debe conocer el grado de asociación entre las variables para evaluar de manera descriptiva la calidad de agua suministrada a las población. Por el periodo y secuencia del estudio es transversal debido a que se realizó en el periodo de septiembre-diciembre del año 2019. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

3.1.3. Población y muestra

3.1.3.1. Población

La población que fue seleccionada para el desarrollo de este estudio corresponde a las redes de distribución que pertenecen al municipio San Dionisio donde ENACAL es la institución responsable de potabilizar el agua que se abastece para consumo.(Hernández, Fernandez & Baptista, 2014)

3.1.3.2. Muestra

La muestra seleccionada es no probabilística basada en expertos debido a que, la muestra en estudio fue seleccionada en base a los criterios que ENACAL considera aptos para establecer valores recomendables en relación a la calidad de agua para consumo humano.

Las conexiones domiciliarias seleccionadas que pertenecen a la red de distribución de San Dionisio están localizadas en los cinco barrios del municipio: San Francisco, Fabio Martinez,

Zinica, Linda Vista y Colonia Jaime Rugama. Son 7 domicilios distribuidos en los 5 barrios que funcionan como punto de muestreo.

Tabla 7 Puntos de muestreo en el municipio de San Dionisio-Matagalpa

Barrio	Punto de muestreo	Dirección de punto de muestreo
Fabio Martinez	Jesus Leiva	<i>Pte. Salida a Matagalpa 300 m al Norte</i>
Colonia Jaime Rugama	<i>Modesto Jarquin</i>	<i>Colegio Enmanuel Mongalo 50 m al sur</i>
FabioMartinez	<i>Leonardo Cardoza</i>	<i>Costado este de la iglesia evangélica</i>
Zinica	<i>Miguel Artola</i>	<i>Policia Nacional 2 c. al norte</i>
San Francisco	<i>Casa Materna</i>	<i>Bulevar 10 v. al este</i>
San Francisco	<i>CDI municipal</i>	<i>Costado sur del cementerio</i>
Zinica	<i>Feliciano Artola</i>	<i>Puente salida a Esquipulas 490 m al este</i>

Fuente: propia

Esta institución como ente regulador del agua potable en Nicaragua cuenta con equipo técnico que hizo evaluaciones en el campo hace cinco años la última vez partiendo de la posición geográfica de los vertederos y los domicilios que son abastecidos y el cumplimiento de las guías de salud y seguridad en Nicaragua, Norma Regional CAPRE.

Figura 3.1. Mapa de puntos de monitoreo en el municipio de San Dionisio



Fuente: Google earth



- **Criterios de inclusión**
 - a. Agua que reciba tratamiento por parte de la planta aguadora de ENACAL.
 - b. Domicilios pertenecientes al municipio de San Dionisio.
- **Criterios de exclusión**
 - a. Análisis de hierro.
 - b. Análisis de nitritos y nitratos.
 - c. Análisis bacteriológicos.

Se consideran criterios de exclusión debido a que el laboratorio regional de ENACAL-Matagalpa realiza los tres análisis en los monitoreos que programan para realizar cada mes.

3.2. Identificación de variables

3.2.1. Variables independientes

- . Dosificación de cloro
- . Tuberías o conexiones en mal estado o carentes de mantenimiento
- . Distancia que existe entre las conexiones domiciliarias y la salida de agua del sistema de distribución.

3.2.2. Variable dependiente

- . Concentración de cloro residual libre

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Materiales para recolectar información

- . Fichas de artículos científicos (Antecedentes)
- . Resumen de consultas bibliográficas (Marco teórico, Diseño metodológico)
- . Fichas de cita textual (Marco teórico)
- . Entrevista semi-estructurada
- . Encuesta



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



Técnica de investigación: Entrevista.

Institución: ENACAL, San Dionisio, Matagalpa.

Persona a Entrevistar: Operador de la Filial; Ismael López.

Objetivo de la Entrevista: Conocer la ubicación y naturaleza de las fuentes de abastecimiento y red de distribución, dosificación de cloro y frecuencia de monitoreo.

La entrevista del tipo semi-estructurada se realizó el 20 de Julio de 2019 en las oficinas de Enacal central con una duración de 20 a 30 minutos. Dicho instrumento permitió conocer sobre las condiciones de infraestructura y procedimientos técnicos que se realizan en el proceso de desinfección, los datos que se recopilaron confirman que de manera bastante rudimentaria realizan la cloración al sistema para abastecimiento del municipio de San Dionisio, el Sr. Ismael López enfatizo que:

“hace 7 años la bomba de presión digital que la filial ENACAL utilizaba la retiraron para llevarla a mantenimiento y seguido de eso tuvieron que implementar la técnica de aforo porque no reemplazaron la bomba que se había dañado”

Incluso, la entrevista deja ver que las personas responsables de manipular reactivos y ejecutar procedimientos no cuentan con capacitaciones regulares sobre la vigilancia de la calidad.

Técnica de investigación: Encuesta.

Personas a encuestar: Consumidores de agua potable.

Objetivo de la encuesta: Conocer la opinión de los consumidores con respecto a la calidad del agua que les suministra la Filial de ENACAL basada en algunas de las propiedades organolépticas del agua.

Es un cuestionario que consta de 4 preguntas de elección múltiple. Aplicado a 15 usuarios conectados a la red de distribución de la Filial San Dionisio,

3.3.2 Materiales para procesar la información

- . Tablas (Marco teórico y resultados)



- . Figuras (Marco teórico)
- . Mapas (Diseño metodológico)
- . Gráficos (Análisis de Resultados)
- . Software (office Word, Excel)
- . Equipos
- . Reactivos

Tabla 8 Equipos y reactivos

Equipos	Reactivos
Pocket colorimeter TM Analysis System Chlorine (Cl ₂)	Agua destilada
Celda de vidrio de ml	Tableta DPD
Kleenex	

3.3.3 Método

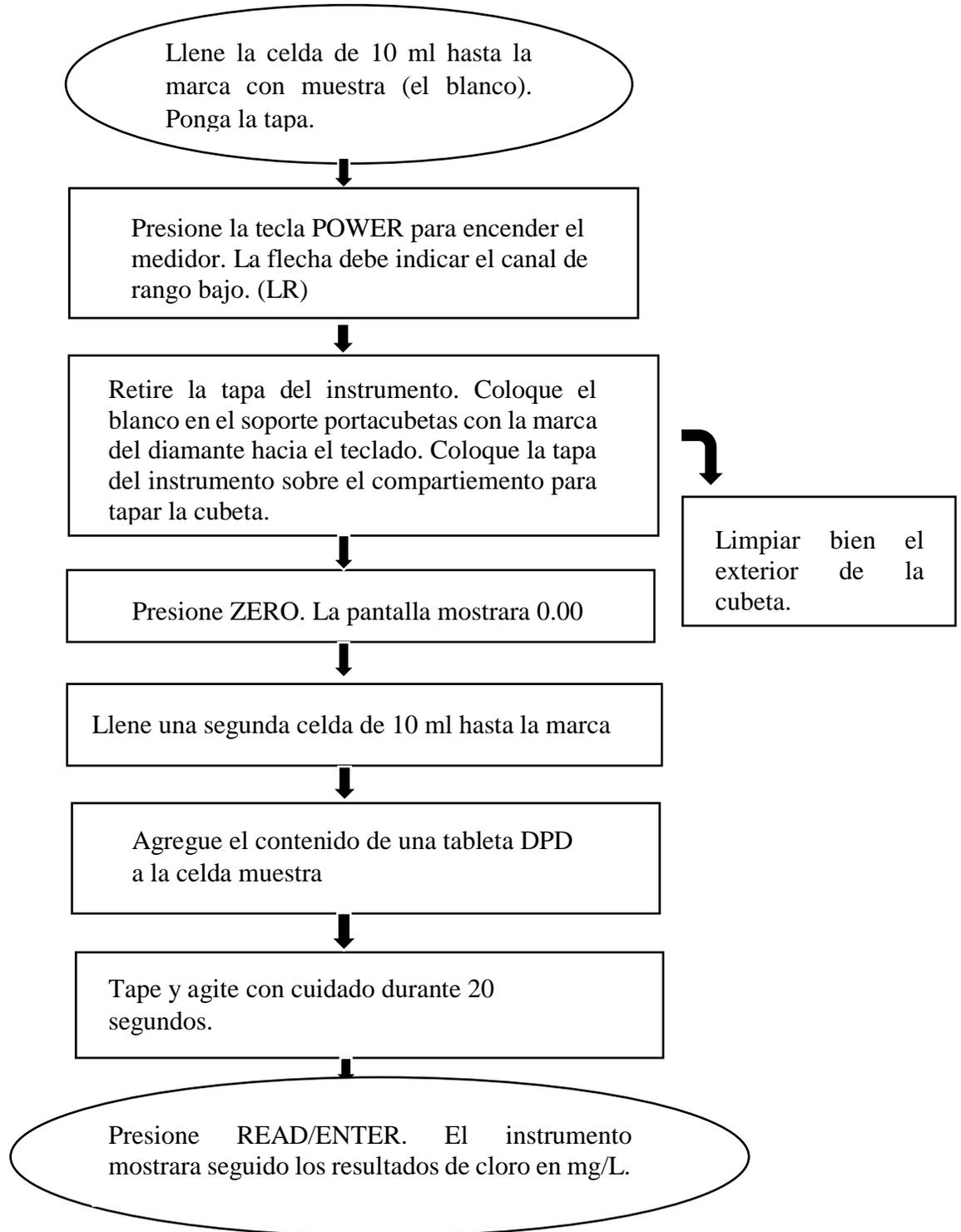
El método analítico implementado de acuerdo al alcance y profundidad del presente estudio es cuali-cuantitativa basada en la recopilación de datos que permiten describir el comportamiento de las variables en estudio y en técnicas instrumentales como lo es el desarrollo de color a través de la manipulación de equipos de campo que funcionan con el principio de colorimetría que mide la intensidad de la luz que atraviesa la muestra coloreada.

3.3.3.1 Preparación de la muestra de análisis

- Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no deben conservarse para un futuro análisis.
- Recoger las muestras en envases limpios de vidrio. No use recipientes plásticos.
- Mida el valor del blanco para cada nuevo lote de reactivos.
- Dejar correr el agua proveniente del grifo por unos segundos y posteriormente tomar la muestra.



3.3.3.2 Procedimiento para análisis





CAPÍTULO IV





4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1 Análisis de cloro residual por Barrio

Tabla 9 Concentración (mg/L) de cloro residual en muestras del Bo. San Francisco

Bo. San Francisco mg/L	
Casa Materna	CDI
0,68	0,67

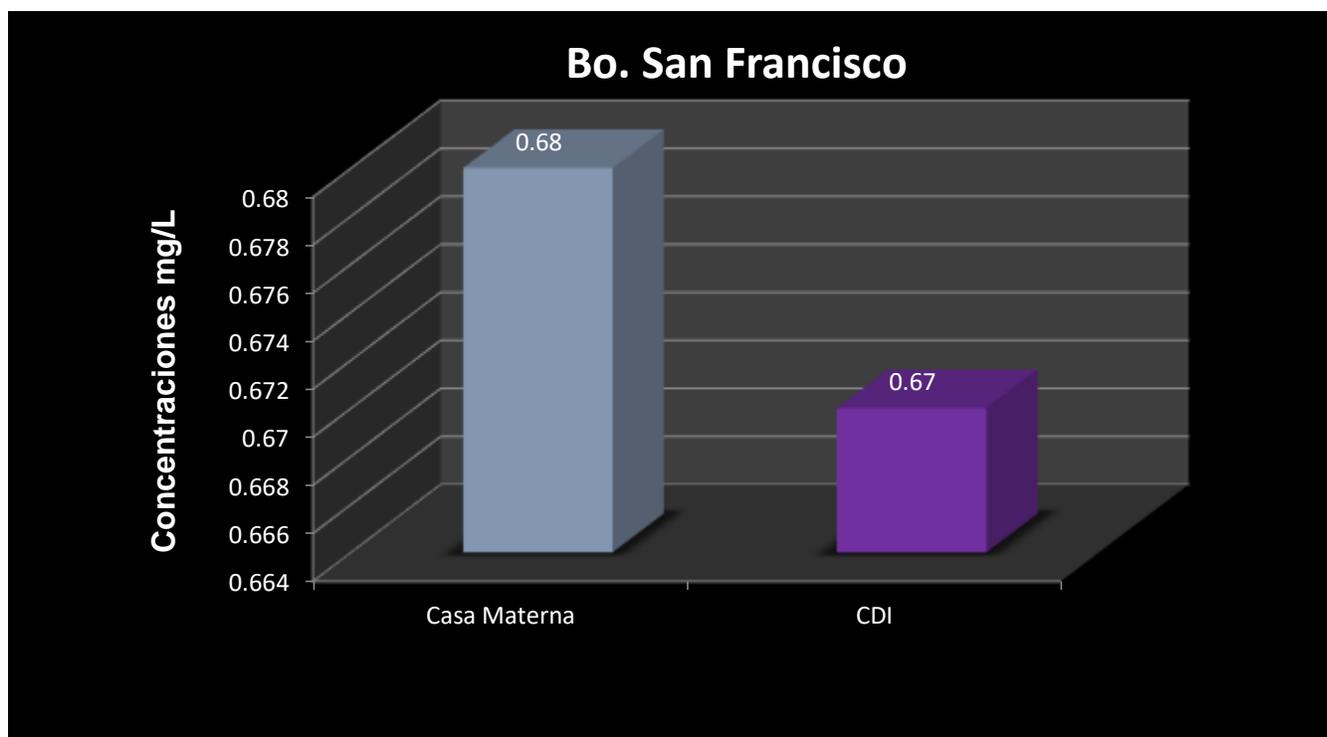


Gráfico 1 Concentración de cloro residual en el Bo. San Francisco



Representa las concentraciones promedio de cloro residual libre que se tomaron en las conexiones domiciliarias y públicas en el Bo. San Francisco en la red de distribución del municipio San Dionisio. Se analizaron dos muestras; una perteneciente a la casa materna y la otra al CDI, obteniendo como resultado una concentración de cloro residual dentro del rango que la norma regional CAPRE establece de 5,0 a 1,0 mg/L.

Es importante señalar que, los domicilios de este barrio están a una distancia relativamente cercana a la salida del reservorio donde convergen los caudales de las fuentes de captación, por tal razón la concentración de cloro encontrada no tuvo mayores fluctuaciones. La casa materna se encuentra a 1 km de distancia y el CDI a 100 m de distancia del reservorio.

Tabla 10 Concentración (mg/L) de cloro residual en muestras de la Colonia Jaime Rugama

Colonia Jaime Rugama (mg/L)	
Modesta Jarquin	0.84

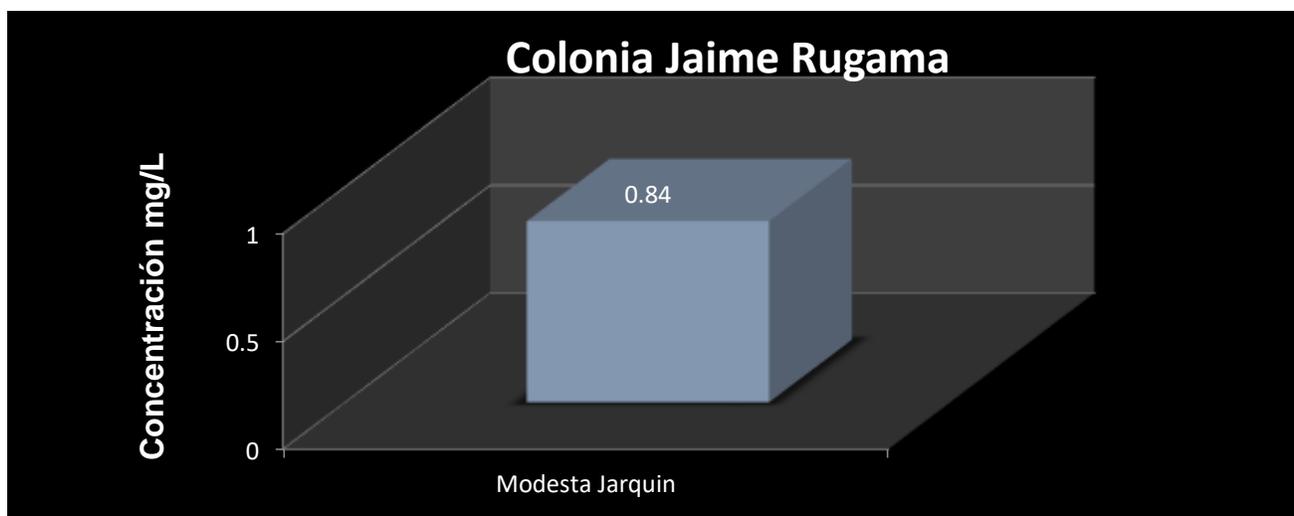


Gráfico 2 Concentración de cloro residual en la Colonia Jaime Rugama



El grafico 2 representa las lecturas de las muestras analizadas la Colonia Jaime Rugama; pertenece a la conexión domiciliar de la Sra. Modesta Jarquin. En el grafico puede observarse que la variación en las concentraciones dentro de las 6 semanas fue mínima y se mantiene dentro del rango permisible que oscila de 0,5 a 1,0 mg/L. La distancia que existe entre el reservorio de agua potable y la conexión domiciliar es de 250 m.

Tabla 11 Concentración de cloro residual en muestras del Bo. Fabio Martínez

Bo. Fabio Martínez (mg/L)	
Leonardo Cardoza 0.80	Jesus Leiva 0.70

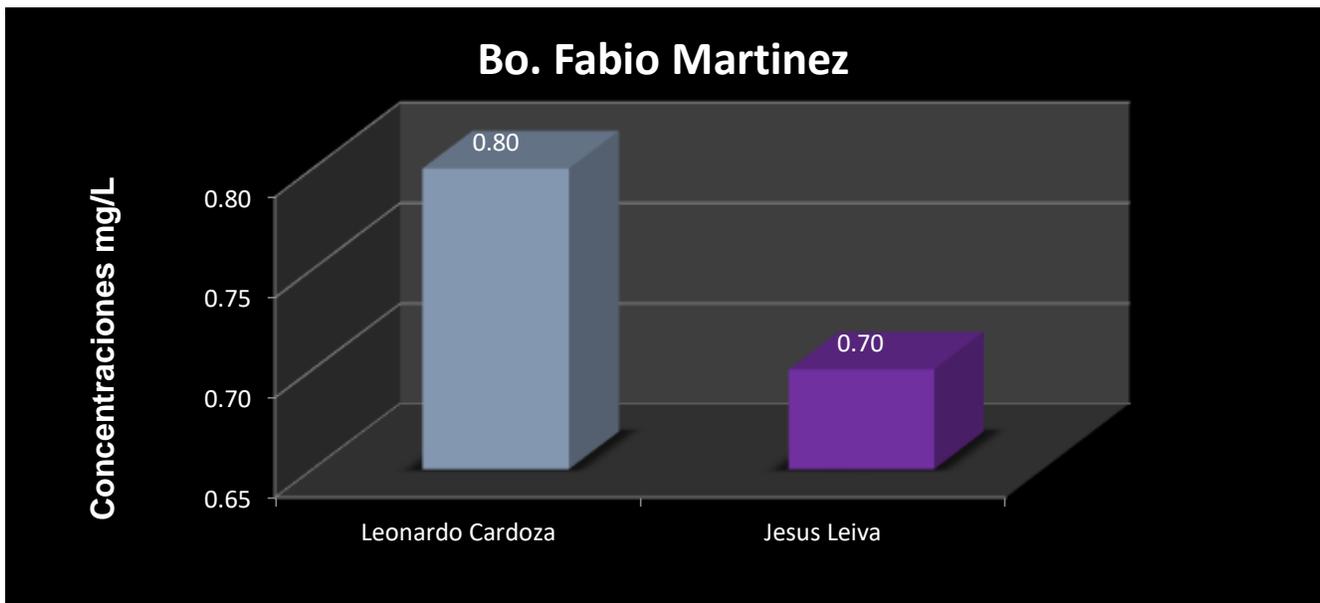


Gráfico 3 Concentración de cloro residual en el Bo. Fabio Martínez

En el grafico número 3 pueden observarse las concentraciones de las muestras analizadas en el barrio Fabio Martínez; una tomada de la conexión domiciliar perteneciente al Sr. Leonardo Cardoza y la otra del Sr. Jesus Leiva. En la semana N^o 4 puede observarse una mínima fluctuación en la concentración de cloro residual menor al rango admisible **0,49<0,50 mg/L.** La distancia que

existe entre el domicilio del Sr. Leonardo y el reservorio es de 800 m y entre el domicilio de del Sr. Jesus Leiva es de 1 km.

Tabla 12 Concentración (mg/L) de cloro residual en muestras del Bo. Zinica

Bo. Zinica (mg/L)	
Feliciano Artola	Miguel Artola
0,62	0,52

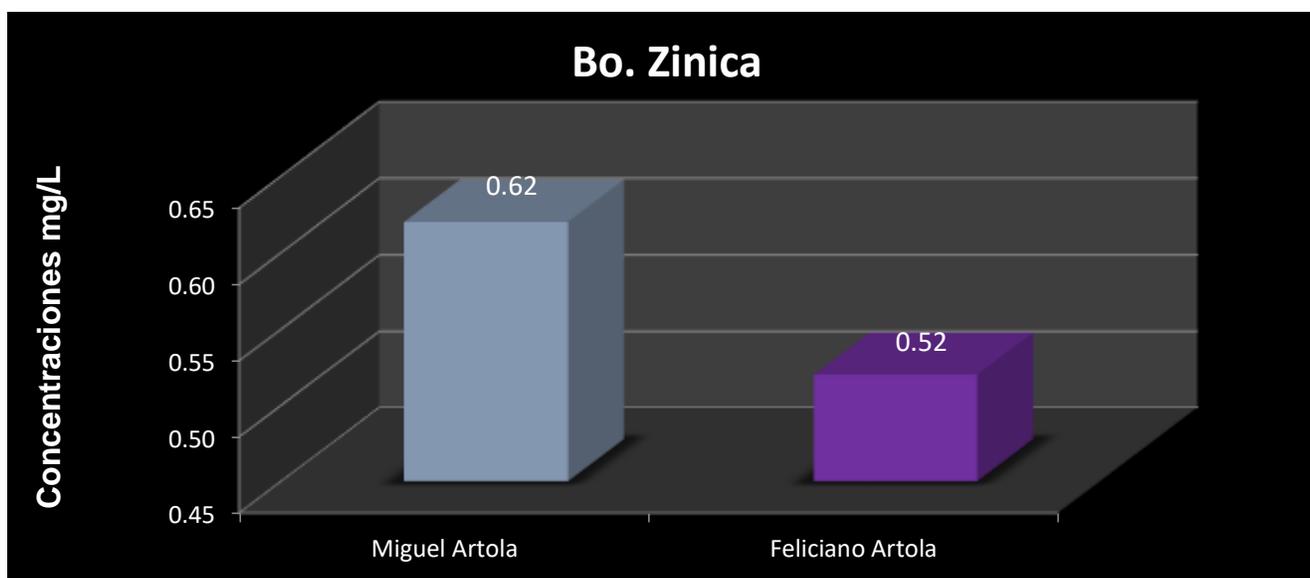


Gráfico 4 concentración de cloro residual en el Bo. Zinica

En el grafico 4 se observan las concentraciones promedio de las muestras analizadas en el barrio Zinica; una analizada en el domicilio del Sr. Feliciano Artola que se encuentra a una distancia de 2 km del tanque para abastecimiento y la otra donde el Sr. Miguel Artola que se encuentra a 1 km de distancia.



Los dos puntos de muestreo presentan concentraciones en promedio que están dentro del rango que establece la norma regional, sin embargo en los dos puntos se presentan variaciones en la concentración durante la semana número 5, la concentración de cloro en el domicilio del Sr. Miguel Artola fue de $0,49 < 0,5$ mg/L y en el domicilio del Sr. Feliciano Artola en la cuarta y quinta semana registro concentraciones de $0,42$ y $0,52 < 0,5$ mg/L

A Diferencia de estudios anteriores, el municipio de San Dionisio presenta un promedio de concentraciones de cloro residual aceptables respecto a otras investigaciones como es el caso del estudio sobre la cadena de suministros de cloro en los sistemas rurales de abastecimiento donde se encontró que el 54% de los sistemas no estaban clorando, en ese caso con urgencia se deberían evaluar los demás parámetros que establece la norma para determinar si realmente el agua que suministra el sistema para abastecimiento no está afectando gravemente la salud de los consumidores. Si bien no es el caso de la filial de San Dionisio, se debe considerar revisar cuando se encuentran fluctuaciones y encontrar porque se están generando deficiencias en la calidad de agua que se abastece lo que permitiría aplicar medidas correctivas de ser necesario.

La encuesta que se realizó a usuarios del sistema para abastecimiento permitió conocer que algunos domicilios se quejan porque afirman que les han suministrado agua con larvas de zancudos, sin embargo los operadores encargados de atender la parte técnica de la desinfección tienen dentro de su plan de vigilancia la limpieza de tanques cada tres meses en época seca y las veces que sean necesarias durante invierno en este caso existe la posibilidad de que algunos usuarios no estén manipulando de manera adecuada los depósitos, tanques o cualquier otro espacio que se almacene agua.

Otra causa probable es debido a que en la actualidad los operadores realizan la cloración a través de aforo o goteo en intervalos de tiempo lo que podría ocasionar variaciones si las personas encargadas no suministran el cloro en tiempo y forma para generar un remanente de cloro que cubra la demanda del caudal que se está recepcionando.



CAPÍTULO V





5.1. CONCLUSIONES

1. Se encontró cloro residual en todas las muestras que fueron recolectadas para análisis, sin embargo, se encontró que el Barrio Linda Vista de San Dionisio no se toma en cuenta para realizar monitoreo de cloro residual libre. El operador Ismael López explica que esto ocurre debido a la distancia con respecto al punto de cloración, el tamaño de la población y la frecuencia con la que distribuyen el agua. La dirección técnica de ENACAL-Matagalpa es la responsable de valorar los criterios de selección de los puntos de muestreo, sin embargo, ellos argumentan que no se puede acceder a cierta información por políticas de la empresa.
2. De 30 muestras recolectadas de las diferentes conexiones domiciliarias de los 5 barrios de San Dionisio, se encontró que, en promedio las muestras analizadas están dentro del rango admisible que establece la norma regional CAPRE el cual corresponde a 0.5-1.0 mg/L. Cuatro domicilios presentaron pequeñas fluctuaciones por debajo de las concentraciones permisibles. En promedio esta variación se encuentra en 0.46 mg/L < 0.5 mg/L. Estas variaciones son un indicador de que hay que prestar la atención necesaria en la correcta operación de los procesos que se dan en el sistema de distribución que garantizan la distribución de un servicio con calidad
3. Aunque las tuberías de la red de distribución son de PVC y no es común, existe la posibilidad de que, debido al tiempo que tienen de haber sido instaladas se filtren residuos de sólidos, se acumulen debido a la baja presión del flujo de agua proveniente del tanque de almacenamiento para abastecimiento y esto interfiere con la eficiencia del cloro suministrado en el agua. el hecho de que la concentración de cloro no esté totalmente estable también se debe a la época en la que se hizo el muestreo la cual corresponde a invierno donde aumentan los niveles de turbidez y sedimentación de sólidos sumándole a esto las dificultades que puedan existir en la parte técnica. ENACAL no cuenta con documentación de respaldo donde pueda dársele seguimiento a las anomalías que se presenten en los procesos de desinfección.



5.2. RECOMENDACIONES

1. Aun cuando, la fuente superficial el carrizal no provee grandes volúmenes de agua es recomendable vigilar las actividades que se dan en su entorno, más aun en época de invierno.
2. Revisar el programa de monitoreo y seguimiento de la calidad con el propósito de incluir a todos los barrios de la localidad ya que es de suma importancia que se cubra toda el área que se abastece de la red distribución de San Dionisio.
3. Invertir en capacitaciones para las personas directamente involucradas en la vigilancia de la calidad del agua con el propósito de que ellos tengan la capacidad de aplicar medidas correctivas cuando sea necesario.
4. Proveer a las personas encargadas del análisis de cloro residual con equipos automatizados con el fin de mejorar en cuanto a precisión y exactitud de los análisis ya que esto les permitirá reaccionar de forma inmediata a cualquier percance que pueda ocurrir.



Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



5.3. BIBLIOGRAFIA

Agbar agua . (s.f.). Obtenido de <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>

Asociacion de Municipios Productivos del Norte AMUPNOR. (2009).

Beatriz, S. (04 de junio de 2008). Obtenido de <https://med.unne.edu.ar/>

Carlos Barrios Napuri, R. T. (2009). *Bvsde*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/0gral/078_guia_alcaldes_SB/Guia_alcaldes_2009.pdf

Comision Nacional del Agua CONAGUA. (sf.). *ANEAS*. Obtenido de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro23.pdf>

Departamento de Bioquimica y Biologia Molecular . (2010). *Academia en linea*. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42735126/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEspectrofometria.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200214%2Fus-east-1%2Fs3%](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42735126/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEspectrofometria.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200214%2Fus-east-1%2Fs3%2F)

Industria Quimica del Itsmo. (s.f). *Manual de Cloracion* . Mexico: Ing. Miguel Angel Hernandez.

Instituto INAA. (2012). *Diseño de sistemas de basteciimiento de agua potable en el medio rural*. Nicaragua.

J.Howe, D. K. (2017). *Principios del tratamiento de agua*. Mexico : Cengage Learning Editores S.A.

Kerry. J Howe, D. W. (2012). *Principios del ratamiento del agua* . Mexico: Cengage Learning Editores S.A.

Norma Regional CAPRE. (Marzo de 1994). *Biblioteca ENACAL*. Obtenido de http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE_Normas_Regional.pdf

ONGAWA. (01 de Febrero de 2016). *AGUAS RESIDUALES.INFO*. Obtenido de www.aguasresiduales.info/revista/libros/guia-basica-de-control-de-calidad-de-agua



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Organizacion Mundial de la Salud OMS. (2014). *Guías para la Calidad del Agua Potable*.
Suiza: Ediciones OMS.

Saneamiento, A. E. (Noviembre de 1984). *AEAS*. Obtenido de
soaeas.com/sites/default/files/Documentos/AEAS.%20Manual%20de%20la%20Cloracion.pdf



ANEXOS





Anexos

Anexo 1

Tabla 13 Concentraciones de cloro residual en puntos de muestreo del municipio de San Dionisio-Matagalpa

Muestra de referencia	Colonia Jaime Rugama	Bo. Fabio Martínez	Bo. San Francisco	Bo. Zinica			
Tanque para almacenamiento	Modesta Jarquin	Leonardo Cardoza	Jesús Leiva	Casa Materna	CDI	Feliciano Artola	Miguel Artola
0,99	0.92	0.96	0.79	0.85	0.84	0.7	0.61
1.01	0.95	0.84	0.82	0.89	0.9	0.75	0.58
0,79	0.75	0.75	0.51	0.65	0.62	0.63	0.51
0,81	0.75	0.67	0.49	0.56	0.6	0.59	0.47
0,79	0.79	0.82	0.72	0.61	0.49	0.49	0.42
0,95	0.93	0.81	0.87	0.89	0.61	0.55	0.52



Anexo 2

Encuesta a usuarios

La presente encuesta fue realizada a 15 personas de los diferentes barrios de la cabecera municipal San Dionisio.

1. ¿Con qué frecuencia los colaboradores de ENACAL realizan muestreo?

Respuesta	total	
	Cantidad	%
a) Una vez al mes	0	0
b) Dos veces al mes	1	7%
c) Cuatro veces al mes	14	93%
TOTAL	15	100%



Gráfico 5 Frecuencia de monitoreo domiciliar

Fuente: Elaboración propia

El 7% de las personas a las que se encuestó manifiestan que, dos veces al mes reciben visita de colaboradores de ENACAL para realizar monitoreo y el 93% restante respondió que eran visitados cuatro veces al mes, es decir, una vez a la semana.



2. ¿Con que frecuencia recibe el servicio de agua potable?

Respuesta	Total	
	cantidad	%
d) Una vez por semana	3	0.2%
e) Dos veces por semana	5	33%
f) Tres veces por semana	7	47%
TOTAL	15	100%

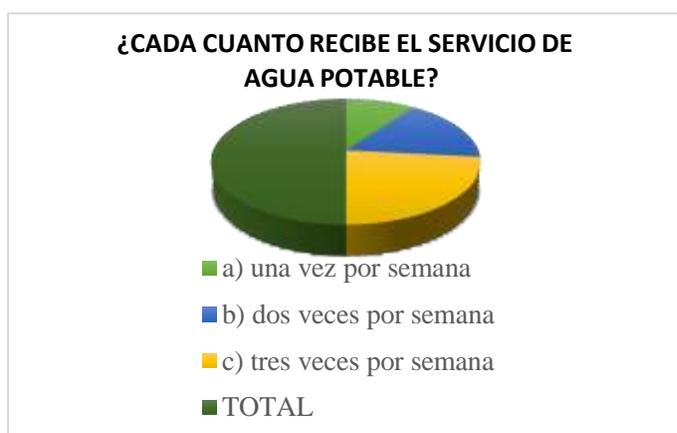


Gráfico 6 Frecuencia de abastecimiento de agua

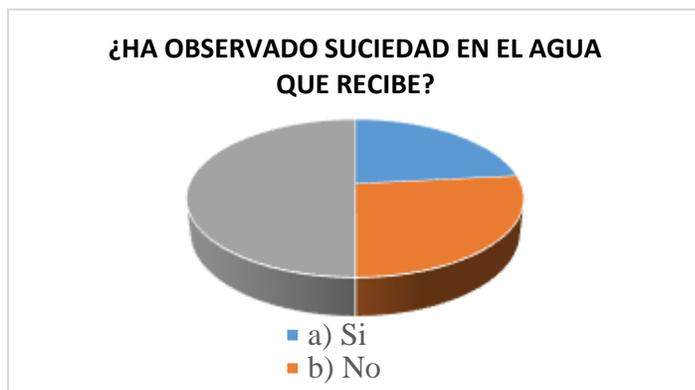
Fuente: Elaboración propia

El 0.2% de un total de 15 personas encuestadas reciben agua una vez por semana, el 33% recibe dos veces por semana y el 47% recibe el servicio de agua tres veces por semana.

3. ¿Ha observado suciedad en el agua que recibe?

Respuesta	total	
	Cantiad	%
g) Si	7	47%
h) No	8	53%
TOTAL	15	100%

Gráfico 4.3. Porcentaje de usuarios que han observado suciedad en el agua



*Gráfico 7 Porcentaje de usuarios que encuentran
basura en el agua*

Fuente: Elaboración propia

El 47% de los 15 usuarios ha observado suciedad en el agua y el 53% restante no ha observado suciedad en el agua

4. ¿Qué tipo de suciedad ha observado?

Respuesta	Total	
	cantidad	%
i) Basura	0	0
j) Tierra	4	27%
k) Insectos	0	0
l) Larvas de insectos	4	27%
m) Ninguno de los anteriores	7	46%
TOTAL	15	100%

Fuentes: Propia



Grafico Porcentaje del tipo de suciedad observada

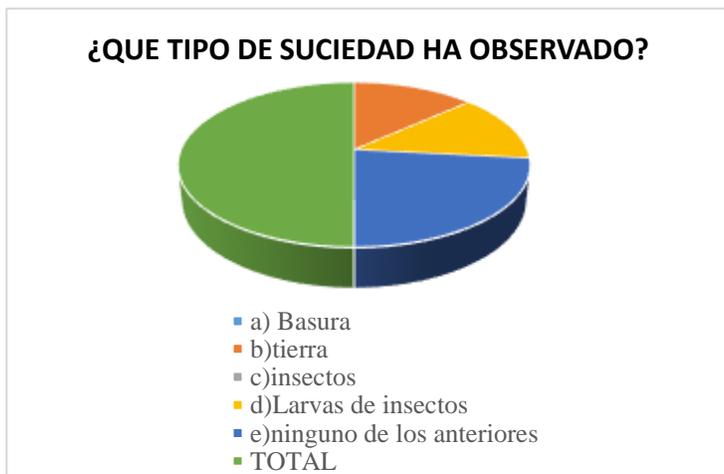


Gráfico 8 Suciedad observada en el agua por los usuarios

Fuente: Elaboración propia

El 27% del total de 15 usuarios ha observado tierra, 27% ha observado larvas de insectos y el 46% del resto de los usuarios encuestados no han observado ningún tipo de suciedad.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



Anexo 3



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**Recinto Universitario “Rubén Darío”
Facultad de ciencias e Ingeniería
Departamento de Química
Seminario de Graduación**



ENTREVISTA

Tema: Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio de la filial de ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019.

Esta encuesta tiene como propósito conocer ubicación y naturaleza de las fuentes para abastecimiento y operaciones que se realizan para la desinfección del suministro de agua.

Encuestado: _____

Cargo: _____ Tiempo de labor: _____

Grado Académico: ___/_____/_____ Duración: _____ Lugar: _____

Estimado(a), ante su amable aceptación a la presente entrevista le solicito responda con sinceridad las siguientes preguntas:

1. *¿Qué tipo de fuente es utilizada para el abastecimiento de la población?*

2. *¿Dónde están localizada la fuente de agua?*

3. *Me gustaría conocer ¿cuáles son las condiciones de la fuente de agua destinada para consumo?*

Karla Polanco & Katherine Jarquín



4. *¿Cuál es el caudal de agua que reciben?*

5. *¿Qué desinfectante utilizan para el tratamiento del agua?*

6. *¿Cuál es la presentación comercial y concentración del desinfectante que utilizan?*

7. *¿Cuánto desinfectante dosifica al caudal recepcionado?*

8. *En el caso de que se presenten variaciones de flujo en el caudal de agua ¿usted está autorizado a realizar cambios en la dosificación del desinfectante?*

9. *¿Cuál es el sistema de cloración que utiliza?*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



10. *¿Qué capacidad tiene el tanque de almacenamiento y donde está ubicado?*

11. *¿Cuánto tiempo esperan a partir de la dosificación para medir cloro residual en la red de distribución?*

12. *¿Qué tipo de red de distribución posee el Municipio de San Dionisio?*

13. *Usted conoce ¿hace cuantos años fue instalada la red de distribución en San Dionisio?*

14. *¿Cuánto mide la red de distribución y de que material so las tuberías de esta misma?*

15. *Usted recuerda: ¿Cuándo fue la última intervención en mejoramiento o ampliación del sistema de abastecimiento?*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



En caso de que se me presenten dudas o quiera hacerle una consulta ¿podría hacerle otra entrevista? ¿Cómo puedo contactarlo?

Investigador _____

¡Muchas Gracias!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019



Anexo 4



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA,
MANAGUA
SEMINARIO DE GRADUACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUIMICA
ENCUESTA**



Título: *Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Dionisio de la filial de ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019.*

Objetivo: *tiene como objetivo analizar la calidad de agua que se abastece a la población del municipio de San Dionisio. La información que nos proporcione será para fines académicos.*

I – Datos generales

1- Nombre del encuestador _____ 2-Ubicación_____ 3- Fecha: _____

II – Desarrollo

Marque con una “X” solo una de las opciones:

1 - ¿Con que frecuencia los colaboradores de ENACAL realizan muestreo en su domicilio?

- Una vez al mes. _____

- Dos veces al mes _____

- cuatro veces al mes _____

2- ¿Con que frecuencia recibe el servicio de agua potable?

Una vez por semana_____

Dos veces por semana_____

Tres veces por semana _____

3 - ¿Ha observado suciedad en el agua que recibe?

Si_____

No_____

4- ¿Qué tipo de fuente ha observado?

Basura_____

Karla Polanco & Katherine Jarquín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Tierra_____

Insectos_____

Larvas de insectos_____

Ninguna de las anteriores_____

¡Muchas Gracias!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA,
MANAGUA
SEMINARIO DE GRADUACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUIMICA



Anexo 5

REGISTROS DE RESULTADOS

Localidad o barrio _____

Nombre del usuario _____

Fecha de muestreo _____

Hora de recolección _____

Número de muestra _____

Determinación de cloro residual _____

Observaciones



Anexo 6

Especificaciones

Lámpara: Diodo electroluminiscente (LED)

Detector: Fotodiodo de silicio

Precisión fotométrica: $\pm 0,0015$ Abs

Ancho de banda del filtro: 15 nm

Longitud de onda: 528 nm

Rango de absorbancia: 0 - 2,5 Abs

Dimensiones: 3,2 x 6,1 x 15,2 cm

Peso: 0,2 kg

Cubetas de análisis: 1 cm (10 mL) und 25 mm (10 mL)

Condiciones de funcionamiento: 0-50°C (32-122 °F);
0-90% de humedad relativa (sin condensación)

Alimentación: Cuatro pilas alcalinas AAA, con una duración aproximada para
2.000 ensayos*

* El uso de la retroiluminación reducirá la duración de las pilas.

1-13

Especificaciones del instrumento para medir cloro residual

Fuente: Manual colorimeter™



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Fuentes que abastecen la red de distribución de la cabecera municipal San Dionisio



Pozo 1 excavado



Pozo 2 excavado



Pozo 3 perforado



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*





UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Reservorio donde convergen las fuentes de captacion del carrizal y los pozoa linda vista



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Reactivo en tabletas dietil-p-fenilendiamina DPD



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Celdas de vidrio con capacidad de 10 ml para recolectar muestras



Equipo de campo; comparador colorimétrico



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

*Cloro residual libre por el método dietil-p-fenilendiamina (DPD) presente en
redes de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San
Dionisio filial ENACAL-Matagalpa, septiembre-diciembre del 2019*



Galones con Hipoclorito de sodio al 12%