



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO – QUÍMICO, MICRO- BIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA DEL AGUA UTILIZADA EN LAS QUESERAS UBICADA EN LA PARROQUIA DE QUIMIAG EN EL CANTÓN RIOBAMBA PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: LIGIA ELENA CARRILLO VILLAFUERTE

TUTORA: Dra. SANDRA NOEMI ESCOBAR ARRIETA

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Ligia Elena Carrillo Villafuerte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimientos, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO – QUÍMICO, MICROBIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA DEL AGUA UTILIZADA EN LAS QUESERAS UBICADA EN LA PARROQUIA DE QUIMIAG EN EL CANTÓN RIOBAMBA PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad de la señorita Ligia Elena Carrillo Villafuerte, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Sandra Noemí Escobar Arrieta
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Dra. Cumandá Lourdes Carrera Beltrán
**MIEMBRO DEL TRABAJO DE
TITULACION**

Yo, Ligia Elena Carrillo Villafuerte, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.....
LIGIA ELENA CARRILLO VILLAFUERTE

DEDICATORIA

A Dios, luz, guía, sabiduría, poder y confianza.

A mis padres y hermanos ejemplo de lucha constante, superación, comprensión y unidad.

A mi hijo por ser mi inspiración, mis fuerzas y mis ganas de salir adelante, por llegar a mi vida en el momento indicado y hacerme ver lo bello que es ser su madre y porque desde el momento que le tuve en mis brazos me ha enseñado que el verdadero amor existe, regalándome una sonrisa que me ayuda a no rendirme y seguir adelante persiguiendo mis metas y llenando mi corazón de alegría, amor y ternura por él y para él.

Ligia Elena

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, la salud para seguir adelante en esta etapa y confiar en mí misma y no rendirme por más grandes obstáculos que encuentre en mi camino y culminar mi carrera exitosamente.

A Johnny por el apoyo brindado durante mi vida estudiantil y las facilidades brindadas para la ejecución del presente trabajo.

A mi hijo que con amor ha sido mi inspiración para concluir con mi meta planteada.

A mis padres y hermanos por apoyarme de manera incondicional a lo largo de toda mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y brindarme la formación necesaria para hacer de mí una profesional comprometida a trabajar por la sociedad.

A la Dra. Sandra Escobar por su tiempo, asesoramiento y colaboración en la dirección de este Proyecto de Tesis.

A la Dra. Anita Albuja por su colaboración, apoyo y consejos ante las adversidades presentadas.

A la Ing. Paola Arguello por su constante preocupación y colaboración durante la culminación de la mi carrera.

A la Dra. Cumandá Carreara por brindarme su orientación y guía de conocimientos para la elaboración de este trabajo.

Ligia Elena.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Antecedentes de la investigación	5
1.2 Definiciones	8
1.3 Agua e importancia	9
1.4 Disponibilidad y distribución de agua en el mundo	10
1.5 Fuentes de agua en la naturaleza	11
<i>1.5.1 Agua Superficial</i>	<i>11</i>
<i>1.5.2 Agua Subterránea</i>	<i>11</i>
1.6 Factores que contaminan el agua de consumo humano	12
1.6.1 Contaminantes microbiológicos	<i>13</i>
1.6.2 Contaminantes químicos	<i>13</i>
1.6.3 Contaminación radiológica	<i>14</i>
1.7 Calidad del agua de consumo humano	14
1.7.1 Calidad organoléptica	<i>15</i>
1.7.2 Calidad física	<i>15</i>
1.7.3 Calidad química	<i>16</i>
1.7.4 Calidad microbiológica	<i>21</i>
1.8 Agua potable	25
1.9 Técnicas de análisis	27
1.9.2 Número más probable (NMP)	<i>27</i>
<i>1.9.2.1 Caldo Verde bilis brillante</i>	<i>27</i>
<i>1.9.2.2 Eosina azul de metileno</i>	<i>27</i>
1.9.3 Tinción Gram	<i>28</i>
1.9.4 Método de Concentración por Flotación	<i>29</i>

1.9.5	<i>Tinción de Ziehl-Neelsen</i>	29
1.10	Microorganismos presentes en el agua	30
1.10.1	Bacterias	30
1.10.2	Virus	31
1.10.3	Parásitos	31
1.11	Enfermedades transmitidas por microorganismos presentes en el agua	32
CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	35
2.1	Tipo de investigación	35
2.2	Población de estudio y localización de los puntos de muestreo	35
2.3	Flujograma de trabajo	37
2.4	Muestreo	38
2.4.1	Envases para el muestreo	38
2.4.3	Técnicas de recolección de las muestras	39
2.4.3.1	<i>Agua de vertientes</i>	39
2.4.3.2	<i>Agua del tanque de almacenamiento.</i>	40
2.4.3.3	<i>Agua de las redes de distribución.</i>	40
2.4.3.4	<i>Trasporte y preservación de las muestras.</i>	40
2.5	Parámetros analizados en el Laboratorio	40
2.5.1	Análisis físico	41
2.5.1.1	<i>Determinación del color por el método Espectrofotometría</i>	41
2.5.1.2	<i>Determinación de Turbidez por el método Espectrofotometría.</i>	42
2.5.1.3	<i>Determinación sólidos totales disueltos (std), conductividad, temperatura y pH.</i>	42
2.5.2	Análisis químico	43
2.5.2.1	<i>Determinación de Nitritos</i>	43
2.5.2.2	<i>Determinación de Nitratos</i>	43
2.5.2.3	<i>Determinación de fluoruros</i>	44
2.5.3	Análisis Microbiológico	44
2.5.3.1	<i>Determinación de coliformes fecales</i>	44

2.5.3.2	<i>Método del Numero más probable (NMP)</i>	44
2.5.3.3	<i>Agua peptonada</i>	45
2.5.3.4	<i>Caldo Verde Bilis Brillante</i>	45
2.5.3.5	<i>Eosina Azul de Metileno</i>	46
2.5.3.6	<i>Tinción Gram</i>	47
2.5.3.7	<i>Método Petri film</i>	47
2.6	Análisis parasitológico	49
2.6.1	Determinación de <i>Giardia lamblia</i>	49
2.6.1.1	<i>Método de Flotación</i>	49
2.6.1.2	<i>Método de centrifugación</i>	49
2.6.2	Determinación de <i>Cryptosporidium</i>	49
2.6.2.1	<i>Técnica de Ziehl-Neelsen</i>	49
2.6.3	Determinación de parásitos generales.	50
2.6.3.1	<i>Método de sedimentación</i>	50
 CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS. 51	
3.1	Caracterización del agua	51
3.2.	Análisis de los parámetros físicos del agua	51
3.2.1	<i>Análisis del parámetro turbiedad según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	52
3.2.2	<i>Análisis del parámetro color según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	55
3.2.3	<i>Análisis del parámetro solidos totales disueltos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	57
3.2.4	<i>Análisis del parámetro conductividad según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	60
3.3	Análisis de los parámetros Químicos	62
3.3.1	<i>Análisis del parámetro pH según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	62

3.3.2	<i>Análisis del parámetro nitratos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	64
3.3.3	<i>Análisis del parámetro nitritos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	66
3.3.4	<i>Análisis del parámetro fluoruros según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	68
3.4	Análisis de parámetros microbiológicos para Coliformes totales y fecales	70
3.4.1	<i>Análisis de coliformes fecales mediante el método NMP de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	70
3.4.2	<i>Análisis de Coliformes Fecales y Totales mediante el método Petrifilm 3M de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	72
3.5	Resultado del análisis parasitológico	76
3.5.1	<i>Análisis de parásitos de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag</i>	76
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Distribución del agua en el planeta	10
Figura 2-1	Límites máximos permisibles de parámetros Microbiológicos y parasitológicos	21
Figura 3-1	Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua.	33
Figura 1-2	Mapa de ubicación de la parroquia Quimiag.....	36
Figura 2-2	Esquema del procedimiento de análisis.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1	Requisitos físicos y químicos del agua potable.....	26
Tabla 3-1	Requisitos microbiológicos.....	26
Tabla 4-1	Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua.....	32
Tabla 1-2	Puntos de muestreo y Abreviatura de codificación de las muestras.....	37
Tabla 1-3	Resultados de análisis del parámetro turbiedad (U.N.T.).....	52
Tabla- 2-3	Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras del parámetro turbiedad según la norma NTE INEN 1108:2014	53
Tabla- 3-3	Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras del parámetro color según la norma NTE INEN 1108-2014	56
Tabla 4-3	Resultados a partir de valores de sólidos totales disueltos (mg/L).....	57
Tabla 5-3	Porcentajes de muestras dentro y fuera de los límites establecidas en la norma NTE INEN 1108:2014	58
Tabla- 6-3	Análisis de los resultados obtenidos para el parámetro conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	60
Tabla 7-3	Tabla de resultados de análisis del parámetro pH	62
Tabla 8-3	Resultados de análisis del parámetro nitratos (mg/L)	64
Tabla 9-3	Resultados de análisis del parámetro nitritos (mg/L)	66
Tabla 10-3	Resultados de análisis del parámetro flúor (mg/L)	68
Tabla 11-3	Resultados de Coliformes fecales por el método NMP	70
Tabla 12-3	Resultados de análisis microbiológico para Coliformes fecales y totales por el método Petrifilm.....	72
Tabla 13-3	Resultados de parásitos analizados por el método de centrifugación y flotación.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Dispersión lineal del parámetro turbiedad.....	52
Gráfico 2-3	Porcentaje según del nivel máximo permitido para la turbiedad.....	53
Gráfico 3-3	Resultados de análisis del parámetro color (PtCo)	55
Gráfico 4-3	Dispersión lineal del parámetro color.....	55
Gráfico 5-3	Porcentaje de muestras dentro y fuera del límite máximo permitido del parámetro color.....	56
Gráfico 6-3	Porcentaje de muestras dentro de los límites permitidos según la normativa NTE INEN 108: 2006	59
Gráfico 7-3	Dispersión lineal del parámetro conductividad	60
Gráfico 8-3	Dispersión lineal del parámetro pH.....	63
Gráfico 9-3	Dispersión lineal del parámetro nitratos.....	65
Gráfico 10-3	Dispersión lineal del parámetro nitritos	67
Gráfico 11-3	Dispersión lineal del parámetro fluoruros	69
Gráfico 12-3	Porcentaje de Coliformes fecales presentes en las muestras por el metodo NMP	71
Gráfico 13-3	Grafico de Coliformes totales por el método Petrifilm TM	73
Gráfico 14-3	Porcentaje de cumplimiento de Coliformes totales por el método Petrifilm TM.....	73
Gráfico 15-3	Coliformes fecales por el método Petri film 3M	74
Gráfico 16-3	Porcentaje de cumplimiento de Coliformes fecales por el método Petrifilm TM.....	74
Gráfico 17-3	Porcentaje de ausencia y presencia d parásitos en muestras analizadas en la parroquia Quimiag.....	77
Gráfico 18-3	Porcentaje de cumplimiento de Giardia lamblia en muestras analizadas en la parroquia Quimiag.....	78
Gráfico 19-3	Porcentaje de cumplimiento de Cryptosporidium parvum en muestras analizadas en la parroquia Quimiag.	78

ANEXOS

- Anexo A.** NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos
- Anexo B.** NTE INEN 2169:1998 Agua. Calidad de agua .Muestro, Manejo y Conservación de Muestra
- Anexo C.** NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
- Anexo D.** NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico.
- Anexo E.** Norma de calidad ambiental y descarga de influentes recurso agua.
- Anexo F.** Índice del NMP con 95% del límite de confianza cuando se usan 5 tubos.
- Anexo G.** Norma Oficial Mexicana Nom-127-Ssa1-1994
- Anexo H.** Puntos De Muestreo
- Anexo I.** Muestreo. Recolección de Muestras
- Anexo J.** Análisis de las Muestras
- Anexo K.** Estado del sistema d eabastecimiento de agua de la parroquia Quimiag

RESUMEN

Se analizó la calidad físico-química, microbiológica y parasitológica del agua que se utiliza en las Queseras ubicadas en la Parroquia de Quimiag del Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo. Este estudio analizó los parámetros físicos – químicos, microbiológicos y parasitológicos del sistema de agua que abastece a las queseras artesanales. Las muestras fueron tomadas por triplicado durante el periodo Abril – Junio del 2017, en las fuentes de agua ubicadas en las quebradas Paquiasha, Sananquillay y Guntus, los tanques de almacenamiento que distribuye el agua a toda la parroquia y las queseras, donde se recolectó cuarenta y dos muestras; se analizó turbiedad, color, pH, conductividad, sólidos totales, nitratos, nitritos, fluoruros, coliformes totales, coliformes fecales, y parásitos, según la normativas INEN correspondientes en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. El análisis microbiológico se realizó por el método Petrifilm y por Número más probable (NPM) y en la determinación de parásitos se utilizó 2 métodos la centrifugación y flotación por saturación con NaCl. Los resultados evidencian que el agua muestreada en todos los puntos cumple con los parámetros físico-químicos que exige la norma NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos, sólo las fuentes naturales de agua presentan calidad microbiológica aceptable, el agua de los tanques de reserva supera el límite permitido, y el agua utilizada en las queseras presenta una mayor contaminación. En lo que corresponde al análisis parasitológico, el 82 % de muestras tiene presencia de *Giardia lamblia*, 65% Ameba *coli*, entre otros. Se concluye que el agua no es apta para utilizar en las queseras y por ende no es apta para el consumo. Se recomienda realizar un tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio al 5 o 10% para eliminar los microorganismos, al no contar con una planta de tratamiento que garantice su calidad, y mejorar la infraestructura y mantenimiento de todo el sistema de abastecimiento de agua.

PALABRAS CLAVES: <BIOQUÍMICA>, <CALIDAD DEL AGUA>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>, <ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO>, <MÉTODO PETRIFILM TM >, <COLIFORMES FECALES>, <PARÁSITOS>, <NORMA NTE INEN 1108>.

SUMMARY

The physical-chemical, microbiological and parasitological quality of the water used in the cheese companies located in the Quimiag Parish of Riobamba canton, province of Chimborazo, was analyzed. This study examined the physical-chemical, microbiological and parasitological parameters of the water system that supplies the artisan cheese companies. The samples were taken in triplicate during April-June 2017 in the water sources located in the ravines of the Paquilla, Sananquillay, and Guntus. The storage tanks that distribute the water to the whole parish and

the cheese companies where forty-two samples were collected; turbidity, color, pH, conductivity, total solids, nitrates, nitrites, fluorides, total coliforms, fecal coliforms, and parasites were analyzed according to the INEN normative corresponding to the laboratories of the Faculty of Sciences of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. The microbiological analysis was conducted by the Petrifilm method and by most probable number (NPM). Besides, in the determination of parasites, two methods of centrifugation and flotation by saturation with NaCl were used. The results show that the water sampled in all the points complies with the physical-chemical parameters required by the NTE INEN 1108 standard Potable Water. Requirements, only natural water sources have an acceptable microbiological quality. The water in the reserve tanks exceeds the allowed limit. Furthermore, the water used in the cheese companies presents greater contamination. As for the parasitological analysis, 82% of samples have *Giardia lamblia*, 65% *Amoeba coli*, among others. It is concluded that the water is not suitable to use in the cheese companies and therefore it is not ideal for consumption. It is recommended to carry out a disinfection treatment with sodium hypochlorite at 5 or 10% to eliminate microorganisms, in not having a treatment plant that guarantees its quality, and to improve the infrastructure and maintenance of the entire water supply system.

KEYWORDS: <BIOCHEMISTRY>, <WATER QUALITY>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>, <PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS>, <PETRIFILM TM METHOD>, <FECAL COLIFORMS>, <PARASITES>, <NTE INEN 1108 STANDARD>

INTRODUCCIÓN

El agua es categorizada como el líquido vital para el ser humano y su desarrollo, es un recurso natural que cada vez es más escaso e inaccesible, esta sustancia tiene gran importancia para que todo ser vivo pueda realizar sus funciones específicas, tiene un sin número de usos siendo el de mayor relevancia el uso doméstico, donde las personas la utilizan para el consumo directo, lavado de alimentos, limpieza de utensilios que sirven para la preparación y producción de alimentos, e higiene. Según el punto de vista sanitario el agua debe desempeñar tres parámetros importantes para ser óptima: la calidad, en la cual no debe presentar riesgos para la salud de la humanidad, la cantidad donde ésta debe abastecer las necesidades del consumidor y la accesibilidad.

La industria láctea se caracteriza por consumir grandes cantidades de agua, siendo el uso indirecto en operaciones secundarias mayor que el gasto de agua de forma directa en el proceso. El consumo de agua depende de los procesos de producción existentes, el tiempo de producción y las prácticas de manufactura del personal. Ésta es utilizada en la elaboración de queso fresco, que por su alta actividad de agua y su valor nutricional se cataloga como un alimento de alto riesgo microbiológico (Arguello, 2015); la calidad del agua utilizada en las etapas de producción de alimentos debe ser controlada por considerarse un vector potencial de contaminación.

Los procesos que están involucrados directamente en el consumo de agua en la línea de producción de queso son; coagulación y salado, mientras que de manera indirecta corresponden a los procesos de recepción, filtrado, enfriado, desuerado, moldeo, prensado, desmoldado, salado y almacenamiento; y a servicios auxiliares como la limpieza general. Es importante mencionar que el consumo de agua directo en el producto, no se refiere a que forma parte de un ingrediente para su elaboración, sino que el uso de agua en las operaciones de coagulación y salado entran en contacto directo con el producto final, mientras que los otros procesos y servicios lo hacen de forma indirecta. Por esta razón, es importante analizar la calidad de agua con que se realizan estas actividades.

La parroquia Quimiag al ser una de las mayores productoras de leche, el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial ha identificado 12 queseras. Se estima una producción diaria de alrededor de 4.888 litros de leche, los mismos que son trasladados desde las diferentes comunidades y barrios a las microempresas(familiares) donde la mayor parte de leche es destinada a la producción artesanal de quesos, con una producción por día de 2685 unidades, 18150 unidades semanales y 75400 unidades mensuales. (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural Quimiag, 2015)

El queso es un alimento de la canasta básica en los hogares a nivel de Ecuador, constituye uno de los productos lácteos de mayor consumo, mensualmente se consumen 1,36 millones de kilos de queso de todas las variedades, donde el queso fresco corresponde al 81,5% del total. (Arguello, 2015)

Estudios realizados indican la relación de contaminación microbiana de los alimentos por las condiciones higiénicas de las instalaciones de fabricación, siendo necesaria la evaluación de todos los factores que pueden influir sobre la calidad microbiológica del producto final. Los factores identificados en la quesera son: la leche, salmuera, ambiente, superficies vivas e inertes, medidas de higiene y el agua. (Guillen 2017)

Los alimentos preparados artesanalmente, representan un riesgo para la salud como en el caso del queso, puesto que al tratarse de un alimento de alto valor nutritivo, su composición química, el grado de hidratación y las prácticas sanitarias deficientes de expendio y comercialización, son factores que favorecen el desarrollo y proliferación de microorganismos patógenos.(Arguello, P. et al.,2015: p.67) Esta falta de calidad e inocuidad desemboca en consecuencias que afectan directamente al consumidor produciendo Enfermedades Transmitidas por los alimentos, conocidas como ETAs (Koooper, 2009)

Estadísticas expuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que el 30% de las muertes por ETAs, se producen en niños menores de 5 años que representan solo 9% de la población mundial, además a esto se suma las enfermedades producidas por la decadencia de la calidad de agua cada año se reporta 4000 millones de casos de diarrea, el 56% mueren por esta enfermedad, se debe a la ausencia de agua salubre y a un saneamiento y una higiene deficientes (OMS, 2015) La diarrea es el problema de salud pública más importante debido a las deficiencias en materia de agua y saneamiento, según datos obtenidos de la Organización Mundial de la Salud 2015.

La parroquia de Quimiag de la provincia de Chimborazo, cuenta con el abastecimiento de agua de vertiente, que es conducida por tubería de PVC con más de 30 años al servicio de la población,

este tipo de agua es almacenada en un tanque de reserva, la cual proviene de las fuentes, ubicadas en las quebradas Paquisha, Sananquillay y Guntus, es distribuida sin ningún tipo de tratamiento que garantice su calidad a la población de 5257 habitantes, según el INEC, este tipo de agua al no ser potable sumada a su manipulación en las queseras artesanales, la convierten en un factor de contaminación del queso poniendo en riesgo la salud del consumidor y de la población, ya que se desconoce la calidad física, química y microbiológica y por tanto no puede ser catalogada como agua apta para el consumo humano.

El propósito de este estudio fue evaluar la calidad físico-química, microbiológica y parasitológica del sistema de agua que abastece a las queseras del sector, proporcionando información de la influencia de la manipulación del agua desde su fuente natural hasta su uso en la planta de producción y su incidencia en la calidad del producto final.

Este proyecto puede generar una propuesta con las entidades competentes para generar una planta de tratamiento para mejorar la calidad del agua, garantizando así la seguridad al consumirla y al utilizarla en la producción de quesos inocuos y libres de patógenos.

Se estableció los catorce puntos de muestreos, donde se tomó la muestra por triplicado recolectando cuarenta y dos muestras, siguiendo la normativa NTE INEN 1105:1983. “Aguas. Muestreo para examen microbiológico”, la NTE INEN 2176:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo” y la NTE INEN 2169:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras” para posteriormente ser analizadas, tanto sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos a través de métodos estandarizados. Esta investigación tuvo lugar durante el período abril- junio del 2017.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

- Analizar la calidad físico-química, microbiológica y parasitológica del agua que se utiliza en las Queseras ubicadas en la Parroquia de Quimiag del Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos:

- Recolectar las muestras de agua que abastece a las queseras de la parroquia Quimiag para realizar su respectivo análisis según la norma NTE INEN 2169:1998 para el manejo y conservación de muestras.
- Determinar los parámetros físicos del agua (color, turbiedad, conductividad, sólidos totales).
- Realizar la determinación de los parámetros químicos del agua (pH, nitritos, nitratos, flúor) y analizar el cumplimiento con la norma NTE INEN 1108:2014.
- Analizar la calidad microbiológica del agua según la norma NTE INEN 1108:2014. Agua Potable Requisitos, mediante técnicas Petrifilm, y el Número Más Probable NMP
- Realizar el análisis parasitológico del agua que se consume y utiliza en las 5 queseras de la parroquia Quimiag a través de 2 métodos la centrifugación y flotación por saturación con NaCl.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes de la investigación

Con la finalidad de adquirir la información necesaria sobre los distintos trabajos de investigación relacionados con el análisis de calidad de agua para consumo humano, se realizó una revisión bibliográfica, teniendo como resultados los siguientes estudios:

En 2008, Matute, Sarmiento y Valdez en su tesis de Grado, “Control Físico-Químico y Microbiológico del Agua según INEN 1108: 2006 de la junta de Agua Potable regional Cojitambo”, verificaron la calidad del agua de esta parroquia y se determinó que el agua cumple satisfactoriamente con los parámetros físico-químicos, no así para los parámetros microbiológicos en donde se determinó que el líquido que se distribuye a la red domiciliaria presenta un índice elevado de contaminación (Matute, 2010).

En el año 2010, Reascos y Yar en su Tesis de Grado, evaluaron la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi, cuyos análisis demostraron que el Recurso Hídrico no cumple con lo establecido por Normas de Calidad Vigentes (TULAS e INEN 1108), en las vertientes, tanque de tratamiento y domicilios; posiblemente debido a la inadecuada infraestructura o falta de la misma en las vertientes; inadecuada limpieza, mala cloración y filtraciones en la red de distribución hacia los domicilios (Reascos, 2010)

En el año 2011, Cajamarca y Contreras en su Tesis de Grado, Realizaron un control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores de contaminación como; bacterias heterotróficas, coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomona aeruginosa*, cuyos resultados fueron: que no es necesario el análisis complementario basado en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales de *Pseudomona aeruginosa* como indicador para el control de rutina, debido a su ausencia en el 100% de las muestras tanto de agua cruda, como de agua tratada, viéndose afectada solo por la presencia de Bacterias heterotróficas (Cajamarca, 2011, p. 67)

En el año 2015, Campoverde en su trabajo de postgrado, analizó el efecto que provoca el agua de consumo humano no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del cantón Cuenca, cuyos resultados fueron; que más del 60% de la población en estudio ingieren agua no apta para el consumo humano, que se convierte en el tóxico de mayor consumo en estas comunidades, y al no tener un tratamiento adecuado de filtración y una correcta dosificación de cloro, contendrá diversos tóxicos químicos y biológicos. (CAMPOVERDE, 2015 p. 88)

En el año 2015, Tierra en su trabajo de titulación evaluó la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de San Luis, mediante métodos estandarizados como Standard Methods for examination of water and wastewater, Método Hach y el método Filtración por membrana, donde se demostró que el agua de consumo de la parroquia de San Luis cumple con los límites máximos permitidos por la normativa en cuanto a los parámetros de calidad físicos y químicos, mientras que los parámetros microbiológicos no cumplen con el requerimiento, el 85,71% de muestras tiene Coliformes fecales y por lo tanto no son aptas para el consumo, debido a la contaminación que posee la vertiente. (Tierra, 2015)

En el año 2016, Sánchez y col. en su estudio: Diagnóstico de la calidad sanitaria en las queserías artesanales del municipio de Zacazonapan, Estado de México se analizaron 5 queseras y se obtuvieron muestras de agua, leche, cuajo y queso, y de superficie de las manos y de los utensilios que están en contacto con el queso y como resultados se obtuvo que todas las superficies presentaron contaminación; por lo tanto, se observa falta de higiene al elaborar el queso. Los conteos durante la elaboración de queso fueron, para leche, de 6.8, 6.7 y 4.5 log₁₀ UFC/ml para Mohos y levaduras, Bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales, respectivamente. En queso, se detectó 9,16 9,23 y 9,18 log₁₀ UFC/g para Mohos y levaduras, Bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales respectivamente, en las muestras de agua se encontraron coliformes totales. (Sánchez, 2016)

En el estudio realizado por (ARGUELLO P et al, 2015, pp. 65 - 67) revelan la situación actual sobre la calidad microbiológica de los quesos que son elaborados artesanales en el Ecuador. En el estudio realizado en Riobamba en las zonas rurales, los datos del estudio revelaron que el 77% de las queseras no llegaron a superar ni siquiera el 40% de los criterios sometidos a consideración, el análisis microbiológico reveló niveles elevados de coliformes totales, enterobacterias y *S. au-*

reus, estos se encontraron por encima de los niveles permitidos en todas las muestras. La presencia de *S. aureus* en los quesos elaborados de forma artesanal constituye un riesgo de importancia para los consumidores, por la posible presencia de las enterotoxinas. (Arguello, P et al. 2015).

En el 2017 se realizó un estudio para evaluar la calidad higiénico-sanitaria de la quesera artesanal COD.Q6 ubicada en la parroquia Quimiag, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, se evaluó el cumplimiento de la resolución ARCSA-DE-057-2015-GGG sobre prácticas correctas de higiene (PCH). Los resultados obtenidos en las PCH fueron de 63,55% de cumplimiento, el producto final sobrepasa los requisitos microbiológicos de la norma NTE INEN 1528:2012 en 23,8%; 51%; 63,33% y 13,66% en cuanto a aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *coliformes* y *Escherichia coli*, respectivamente. (Villacis, 2017)

Se realizó el mismo estudio en otra quesera denominada COD.Q3 ubicada en la parroquia Quimiag, se analizó la presencia de Coliformes totales, E.coli, S.aureus por medio de placas Petrifilm TM y aerobios mesófilos por cultivo en agar PCA. Se obtuvo el 18.57% de cumplimiento total de las prácticas correctas de higiene, el recuento microbiológico de las muestras con elevada contaminación de aerobios mesófilos son la leche cruda (7,06 Log UFC/mL), suero (6.05 Log UFC/mL), superficies y ambiente; para el patógeno *S.aureus* su alta contaminación se evidencia en el suero (5,95 Log UFC/mL), superficies (mesa, prensa, malla y agitador), manos del manipulador (2,19 Log UFC/manos) y queso fresco (5,12 Log UFC/g), todos los valores obtenidos superan los parámetros descritos por la normas INEN e internacionales. (Guillen, 2017)

Según el estudio realizado en la empresa de lácteos “El Tambo” el consumo del agua en el proceso de producción de queso se estima que es 1009,2 m³/año. Las causas con mayor incidencia en el empleo del agua, corresponden a los servicios de limpieza general y al proceso de recepción de las actividades auxiliares. (Semanate, 2017)(Semanan & Te, 2017)

En el estudio de Púa Carpio en Honduras en el año 2010 ingresan 6,524 litros de leche al día con un consumo promedio de agua de 49,002 litros diarios por lo que el consumo normalizado es de 7,5 litros de agua/litro leche procesada diarios. (Pua, 2010)

Por lo tanto, es de gran importancia conocer la situación actual en las que se encuentran la calidad del agua consumida en la parroquia Quimiag, ya que una gran cantidad de agua es utilizada en producción artesanal de quesos por esto se ejecutó el estudio de la calidad físico-química, microbiológica y parasitológica del agua que se utiliza en las Queseras ubicadas en la Parroquia de

Quimiag del Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo, al no existir información con mayor detalle sobre la calidad del agua para consumo humano de la parroquia Quimiag, la presente investigación pretende facilitar una herramienta informativa de las condiciones del agua de dicha parroquia, y de esta manera aportar con el monitoreo y control.

1.2 Definiciones

Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento. (Ministerio de Salud, 2011)

Agua potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (NTE INEN 1108, 2014a)

Límite máximo permitido: Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números. (NTE INEN 1108, 2014b)

ufc/ml.: Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias. (NTE INEN 1108, 2014)

NMP: Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples. (NTE INEN 1108, 2014c)

Microorganismo patógeno: Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano (NTE INEN 1108, 2014d)

Muestreo: es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas. (NTE INEN 2176, 1998)

Sistema de abastecimiento de agua potable: El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución. (NTE INEN 1108, 2014e)

Sistema de distribución: Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria. (NTE INEN 1108, 2014)

1.3 Agua e importancia

El agua es una sustancia fundamental para la supervivencia de todas las formas de vida conocidas, es una molécula formada por tres átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno (H₂O), unido mediante enlaces polares que permiten la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas contiguas. Por esta razón posee elevados puntos de fusión y ebullición. (Carbajal, 2012)

Conforma el líquido más abundante y necesario para el planeta Tierra ya que sirve como vehículo para que ocurra las reacciones bioquímicas que hace posible el desarrollo de la vida, y en la biosfera lo podemos encontrar en tres estados físicos que son sólido, líquido y gaseoso. (Ortiz Mayorga, 2015)

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos e indispensables para la vida de los seres humanos. (Brito, Dinora et.al, 2016). Es el líquido fundamental para la vida de todo ser viviente, la cantidad de la misma en la tierra es muy limitada especialmente en lo que llamamos agua dulce, su calidad está regida a un control estricto y permanente ya que esta es importante para el uso de los humanos, sus necesidades rutinarias especialmente en la higiene de los alimentos y la producción de los mismos. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos y tóxicos. (Ramos, 2003, p. 24)

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones. (Arcos, 2011)

El agua es aprovechada por el hombre de 5-6 litros/habitante-día en países subdesarrollados, y hasta 500-600 litros en zonas industriales aproximadamente. Además, es muy importante recalcar que, de cada 100 litros de agua potabilizada, apenas 5-10 litros aproximadamente se consumen directamente para bebida en nuestros hogares. (Pascal, 2012)

1.4 Disponibilidad y distribución de agua en el mundo

A medida que pasa el tiempo se incrementa la disminución de los recursos hídricos por la disposición de agua que se ha brindado a la agricultura, crecimiento y desarrollo de animales, industrias y el uso doméstico. El agua es una de las sustancias esenciales para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida, es el componente más abundante en la corteza terrestre cubriendo el 75% de la superficie de la Tierra, dentro de este porcentaje tan solo el 5% es agua dulce que forma parte de glaciares o cuerpos de hielo de gran volumen encontrados en cada polo de nuestro planeta, pues desventajosamente solo el 2% es agua de fácil acceso, así que gran parte de esta pertenece a los océanos. (Agua y Saneamiento Argentino S.A, 2005)



Figura 1-1. Distribución del agua en el planeta

Fuente: (Lugo, 2012)

No hay un equilibrio en la distribución de agua en el mundo, pues varía desde la facilidad al acceso hasta las estaciones climáticas que presenta cada año, lastimosamente las raciones de agua no son equitativas ya que algunas poblaciones son ricas en agua pura mientras que en otras invade el desierto, así que la igualdad del agua en cuanto a su cantidad y a su calidad es nula. (Mejia, 2005)

1.5 Fuentes de agua en la naturaleza

Para seleccionar la fuente de abastecimiento deben considerarse los requerimientos de la población y se consideran dos fuentes de agua cuando se trata acerca de abastecimiento de agua, ellos son aguas de origen subterránea y de superficie, estas fuentes para consumo provienen tanto de los ríos, lagos y de las napas subterráneas (corrientes de agua por debajo del suelo), las mismas que afectan la salud porque no se da el tratamiento adecuado. (Reascos, 2010)

1.5.1 Agua Superficial

El agua superficial es aquel que nace sobre la superficie del suelo en cuerpos denominados: ríos, quebradas, arroyos, lagunas y manantiales. Estos cursos de agua superficiales conforman las travésías por las cuales se evacúan los excedentes hídricos procedentes de las precipitaciones en un territorio, cuya importancia radica en la proporción de sales que llevan disueltas, muy pequeña en comparación con las aguas marinas.

1.5.2 Agua Subterránea

Es el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre ya que se encuentra en el interior de los poros entre las partículas sedimentarias y en fisuras de las rocas más sólidas. El agua subterránea profunda logra permanecer de manera oculta durante millones de años, y son extraídas a menudo para la utilización agrícola e industrial mediante la construcción y la operación de pozos de extracción. (Reascos, 2010)

El agua subterránea ha tenido múltiples aplicaciones, utilizada como agua potable, en la irrigación agrícola, uso industrial, debido a que se encuentra en mayor volumen al agua superficial (ríos y lagos) con 0.60% y 0.04% respectivamente. Este tipo de agua debe ser previamente tratada para el consumo humano, debido a la contaminación de la superficie que puede afectar al agua subterránea.

Características químicas

Las características químicas de las aguas subterráneas están regidas por dos factores básicos de su constitución: la naturaleza u origen geológico del acuífero y del suelo y el funcionamiento hidrogeológico del mismo, la correlación entre los dos factores proporciona la composición química del agua subterránea. Por ejemplo, el agua que circula en suelo arenoso o granítico tiene un pH ácido y menor proporción de minerales, mientras que aguas subterráneas que circula en suelo limoso y arcilloso poseen un pH alcalino y bicarbonatos. Aunque también puede afectarse su composición por factores externos, acciones antrópicas, como la pluviometría. (Porras, 1986)

Constituyentes en mayor proporción: Cloruros, anhídrido carbónico, bicarbonatos, sulfatos, carbonatos, calcio, magnesio, sodio y sílice. Constituyentes en menor proporción: Representan menos del 1% del contenido iónico total como nitratos, fluoruros, potasio, hierro, estroncio y boro. Constituyentes en trazas: Metales pesados como plomo, Arsenio, cromo, antimonio, zinc, mercurio, uranio. (Porras, 1986)

1.6 Factores que contaminan el agua de consumo humano

El agua tiene una gran capacidad de purificarse debido a su ciclo natural. Por esta misma razón de regeneración y por la abundancia evidente de este líquido vital, se convierte en el vertedero habitual de residuos producidos a través de nuestras actividades diarias. Desechos químicos, pesticidas, residuos reactivos, metales pesados, etc., se encuentran en grandes o pequeñas proporciones al momento en que se analizan muestras de aguas de los lugares más remotos del mundo. Gran cantidad de aguas en el mundo están contaminadas hasta el punto de ser altamente peligrosas para la salud humana y dañina para la vida. (Reascos, 2010)

La contaminación del agua subterránea, aunque es menor que la del agua superficial, se debe especialmente a la agricultura, al arrastrar el agua infiltrada numerosos compuestos químicos utilizados como fertilizantes o abonos, o también productos fitosanitarios para la lucha contra las enfermedades y plagas, o incluso por regar con agua salada o salobre, aceites de petróleo, mala disposición de la basura, otros compuestos y se ha convertido también en una preocupación en los países industrializados y de todos. En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural MON) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros) (Tores, Patricia et al., 2009)

El peligro más común y más difundido relativo al agua es el de su contaminación directa o indirecta de las excretas del hombre o animales. Entre los agentes patógenos que pueden estar presentes se encuentran: virus, bacterias, protozoos y helmintos que difieren en tamaño, estructura y composición, lo que implica que su supervivencia en el ambiente y resistencia a los procesos de tratamiento difieren significativamente (Tacuri, 2012)

Los contaminantes pueden ser:

1.6.1 Contaminantes microbiológicos

Los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales incluyendo a los de las aves ya que los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua como el cólera, tífus, gastroenteritis diversa, hepatitis, etc. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

En países en vías de desarrollo estas enfermedades producidas por estos agentes patógenos son la causa principal de muerte precoz, principalmente en los niños. Por lo general estos agentes patógenos llegan al agua en las heces y demás restos orgánicos que provienen de las personas infectadas. Un buen indicador para medir la salubridad del agua en cuanto se refiere a microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua que se usa para el consumo deben existir 0 colonias de coliformes por 100 mL. (Echarri, 2009)

1.6.2 Contaminantes químicos

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo (OMS, 2006).

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas.(OMS, 2006)

1.6.3 Contaminación radiológica

Se debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia en el agua de consumo de radionúclidos de origen natural, aunque su contribución a la exposición total a radionúclidos es muy pequeña en circunstancias normales. Aunque no se fijan valores de referencia formales para radionúclidos individuales en agua de consumo, sino que se utiliza un sistema basado en el análisis de la radiactividad alfa total y beta total en el agua de consumo.(OMS, 2006)

1.7 Calidad del agua de consumo humano

La calidad del agua depende de su origen e historia. Las aguas naturales muestran, en general, las propiedades más características de sus fuentes. Sin embargo, muchos factores producen variaciones en la calidad de las aguas obtenidas del mismo tipo de fuente. Estas variaciones provienen de la capacidad que tiene el agua de absorber sustancias en forma de soluciones o tenerla en suspensión. Las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas son factores importantes para determinar la calidad del agua (Verrey, 1968).

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como "adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal". Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiana que sea perjudicial a la salud humana. (Rojas, 2002)

El agua distribuida a través de los sistemas de abastecimiento debe ser inocua. Para ello, la calidad del agua debe cumplir con las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas establecidas por la autoridad de salud, de tal manera que el consumo no dañe la salud de los usuarios. (Rojas, 2002)

La intervención de la mano del hombre y los constituyentes ambientales han sido los principales factores para que la calidad se vea aumentada o disminuida, si las personas tuvieran una higiene adecuada y la acción con el agua fuera controlada esta sustancia vendría a ser determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración, sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Romero, 1999)

1.7.1 Calidad organoléptica

El agua de consumo debe tener un aspecto, sabor y olor aceptables para el consumidor. El sabor y el olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución sabores y olores debidos a la actividad microbiana. Los sabores u olores del agua de consumo pueden revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución del agua. Por lo tanto, puede indicar la presencia de sustancias potencialmente dañinas. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Las papilas gustativas de la lengua detectan ciertos metales tales como el magnesio, calcio, sodio, cobre, hierro y zinc. Algunos compuestos químicos poseen olores propios como el sulfuro de hidrógeno a huevos podridos, los metales pesados principalmente el manganeso y el hierro dan un sabor al agua áspero o medicinal. (Tierra, 2015)

1.7.2 Calidad física

Turbidez: Este parámetro analiza la calidad de transparencia del agua que se da por el conjunto de partículas que se encuentran suspendidas, es una expresión óptica que se da por la proyección

de los rayos de luz que se absorben en el agua, se puede decir que cuando esta presenta turbidez la cantidad de sólidos totales o sólidos disueltos será alta pero su calidad baja, es decir a mayor turbidez menor calidad. (Severiche, 2013)

Color: El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se debe considerar que define el concepto de “color verdadero”, esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El término “color aparente” engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla. El método estandarizado utiliza patrones de platino cobalto y la unidad de color (UC) es la producida por 1 mg/L de platino en la forma de ion cloroplatino. (Severiche, 2013)

Conductividad: es la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, movilidad, valencia y concentración de los dichos iones, así como de la temperatura del agua. Este parámetro permite el control del agua potable distribuida, descubriendo variaciones causadas por infiltraciones de aguas de mineralizaciones diferentes y por ende, contaminadas. En las aguas dulces los valores de conductividad pueden ser relativamente bajos porque la materia orgánica y coloides son por lo general malos conductores de la corriente eléctrica (Severiche, 2013)

Sólidos disueltos totales: La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. (Biología Manual, 2014)

1.7.3 Calidad química

La evaluación de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. En el caso de los aditivos (sustancias proce-

dentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia. Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. (OMS, 2006)

pH: Ayuda a medir la concentración de iones de hidrógeno presentes en el agua, detecta la acidez del agua o si se encuentra básica, forma parte del conjunto de parámetros para establecer la calidad del agua, tanto el pH como la alcalinidad es indispensable para detectar la corrosividad. El agua pura tiene un pH entre 6.5 y 8.5, si este líquido se encuentra por debajo de 6.5 se dice que el agua es corrosiva lo que puede disolver iones metálicos ocasionando daños en las tuberías metálicas y alterando su estética, mientras que si el resultado muestra por encima de 8.5 el agua es alcalina y tendrá problemas con la dureza provocando sarro en las tuberías y capas blanquecinas en la vajilla de cristal de cocina. (Severiche, 2013)

Antimonio (Sb): El límite máximo permitido del metaloide por la norma es de 0,02 mg/L; generalmente en aguas superficiales y subterráneas la concentración normal es de 0,1 Pg/L a 0,2 Pg/L. Forma aleaciones con Cr, Pb y Sn de fuerte dureza. (OMS, 2006)

Arsenio (As): Distribuido en el planeta en forma de sulfuro de arsénico y arseniuros metálicos. Forma parte del agua de consumo humano por disolución de minerales y menas naturales. El límite máximo permitido del metaloide por la norma es de 0,01 mg/L. la concentración de Arsenio en aguas naturales comúnmente va de 1 Pg/L a 2Pg/L.(OMS, 2006)

Bario (Ba): Es un metal comúnmente presente en concentraciones por debajo a 100 Pg/L, pero en análisis de aguas subterráneas se han reportado concentraciones por encima de 1 mg/L. Según la norma vigente el límite máximo permitido es de 0,07 mg/L. (OMS, 2006)

Boro (B): Principalmente se encuentra en plantas comestibles y en forma natural en aguas subterráneas y superficiales debido a contaminación de detergentes. La concentración de este metal

varía de 0,1 mg/L a 0,3 mg/L. La norma vigente declara que el valor límite máximo permitido es de 0,05 mg/L. (OMS, 2006)

Cadmio (Cd): Es un metal que se encuentra en el agua por contaminación de aguas residuales y fertilizantes, la NTE IEN 1108:2014 establece como valor límite 0,003 mg/L.(OMS, 2006)

Cianuro (CN): Su presencia en el agua se debe fundamentalmente a la contaminación de origen industrial, afecto esencialmente a la glándula tiroides y al sistema nervioso. Se estableció un límite máximo permitido de 0,07 mg/L. (OMS, 2006)

Cloro libre residual: Está presente en el agua de consumo como resultado de uso de cloro como desinfectante en las plantas potabilizadoras, en altas concentraciones provoca sabores desagradables. La norma exige como valor máximo 0,3 mg/L a 1,5 mg/L. (OMS, 2006)

Cobre (Cu): Es un metal importante en la dieta diaria, pero en agua de consumo humano se lo considera como un contaminante debido a su presencia por corrosión de cañerías o tuberías formadas o constituidas de cobre. Otra de las razones de su presencia en el agua de consumo es al ser añadido como sulfato de cobre para controlar algas en las plantas potabilizadoras de agua. El valor de límite máximo permitido por la norma es de 2 mg/L. (OMS, 2006)

Cromo (Cr): Es un elemento que se encuentra ampliamente dispuesto en la corteza terrestre, se consume en alimentos y en el agua es fruto de contaminación de vertidos industriales. Valor límite máximo permitido 0,05 mg/L. (OMS, 2006)

Fluoruros: En diversos minerales los fluoruros se encuentran en una concentración de 0,3 g/kg en la corteza terrestre. A concentraciones de hasta 1,5 ppm y 6ppm genera efectos beneficiosos, pero su toxicidad radica en dosis de 230 mg. La norma establece que un valor límite máximo permitido de 1,5 mg/L. (OMS, 2006)

Manganeso (Mn): Generalmente acompañado del hierro, distribuido por toda la corteza del planeta. Esencial en la dieta diaria de los seres humanos, presente en muchos alimentos y está en

forma natural en aguas superficiales y subterráneas, sobre todo en condiciones anaerobias. Según la norma el valor límite máximo permitido de este metal es de 0,4 mg/L. (OMS, 2006)

Mercurio (Hg): Es un metal presente tanto en alimentos y en el agua superficial y subterránea, su ingesta varía dependiendo del país, pero generalmente se estima que el consumo por día es de 2 Pg/día a 20 Pg/día por persona. En el agua superficial y subterránea el mercurio inorgánico se encuentra valores por debajo de 0,5 ug/L. La OMS establece un valor límite máximo permitido de 0,006 mg/L. (OMS, 2006)

Níquel (Ni): Este metal es utilizado para elaborar acero inoxidable y constituye una fuente de contaminación en la liberación de Ni de grifos aportando hasta 1 mg/L. Normalmente el níquel en el agua de consumo humano está por debajo de 0,02 mg/L. la OMS y la NTE INEN 1108:2014 establece como valor límite máximo permitido 0,07 mg/L. (OMS, 2006)

Nitratos y nitritos: Son productos generados en el ciclo del nitrógeno, son ampliamente utilizados el nitrito como conservante en productos cárnicos y el nitrato como fertilizante. En el agua subterránea y superficial sus concentraciones son bajas, generalmente aumenta por filtración de tierras agrícolas en aguas subterráneas y por contaminación de materia orgánica por oxidación del amoníaco y fertilizantes utilizados. La presencia de nitrito en el agua de consumo es resultado de actividad microbiana en condiciones anaerobias. El valor límite máximo permitido de nitratos en el agua potable es de 50 mg/L y 0,2 mg/L correspondiente a nitritos.(OMS, 2006)

Plomo (Pb): Naturalmente en agua superficial este metal no está presente en su constitución, en aguas subterráneas solo lo constituye si el metal forma parte del suelo. Es un metal sumamente tóxico que en aguas superficiales su concentración se debe a contaminación industrial. El valor límite máximo permitido es 0,01 mg/L en agua potable.(OMS, 2006)

Selenio (Se): Oligoelemento que en forma natural constituye cereales, pescado y carne, generalmente está presente junto a otros minerales que poseen azufre. En aguas subterráneas es un componente que está presente dependiendo del suelo del cual se extrae. La OMS establece un valor límite máximo permitido de 0,01 mg/L. (OMS, 2006)

pH: El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua. El pH se define como el logaritmo de la inversa de la actividad de los iones hidrógeno. (Orellana, 2005).

Sulfatos: Los sulfatos se hallan distribuidos ampliamente en la naturaleza, en especial están presentes en abundancia en aguas duras. Existen varios métodos para la cuantificación de los sulfatos, siendo el más exacto el gravimétrico con calcinación del residuo. El método turbidimétrico es el más rápido y puede ser tan exacto como el gravimétrico. (OMS, 2006)

Dureza: La dureza del agua se define como la característica del agua que representa la concentración de los iones calcio y magnesio expresados como carbonato de calcio. Sin embargo, deberán incluirse otros iones metálicos que produzcan dureza si éstos están en cantidades significativas. (Orellana, 2005).

Amonio: El amoníaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales, así como de la desinfección con cloramina. Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0,2 mg/l, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/l y la ganadería intensiva puede generar concentraciones muchos mayores en aguas superficiales. También pueden producir contaminación con amoníaco los revestimientos de tuberías con mortero de cemento. El amoníaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. (Orellana, 2005)

Hierro: La cosa que más notarás en el agua con alto contenido de hierro es que el agua puede tener un sabor metálico. El agua podría decolorarse y parecer de color marrón, y puede incluso contener sedimentos. El hierro dejará manchas de color rojo o naranja en el lavabo. La EPA advierte que, aunque el hierro en el agua potable es seguro para ingerir, los sedimentos de hierro pueden contener trazas de impurezas o albergar bacterias que pueden ser perjudiciales. Las bacterias del hierro son organismos que pueden disolver el hierro y otros minerales de origen natural (OMS, 2006).

Fosfatos: Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fósforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua

o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Los compuestos del fósforo (particularmente el orto-fosfato) se consideran importantes nutrientes de las plantas, y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, pudiendo llegar a promover la eutrofización de las aguas. Los fosfatos están directamente relacionados con la eutrofización de ríos, pero especialmente de lagos y embalses. En lo referente a las aguas de consumo humano, un contenido elevado modifica las características organolépticas y dificulta la floculación en las plantas de tratamiento. El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de todos los organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas. (APHA., 1992)

1.7.4 Calidad microbiológica

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias
 (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Figura 2-1. Límites máximos permisibles de parámetros Microbiológicos y parasitológicos

Fuente:(Ministerio de Salud, 2011)

Los indicadores microbiológicos son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos, tales como concentración y reacción frente a factores ambientales y barreras artificiales; cuya particularidad es de ser más rápidos

El aislamiento e identificación de *Escherichia coli* es una prueba concluyente de contaminación de agua potable por materia fecal, forma parte del grupo bacterias coliformes termotolerantes, indicador de calidad sanitaria.(OMS, 2006)

Coliformes totales

Pertencen a la familia Enterobacteriaceae, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido láctico de 24 a 48 h de incubación y pueden presentar actividad de la enzima β -galactosidasa. Constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales.18,21,22 Se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua. En aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió

contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes. (Associaton, 2012)

Coliformes fecales

Coliformes Fecales son un subgrupo de los Coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces están formados por este grupo está formado por los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Escherichia*, aunque hay mayor presencia del género *Escherichia* en el agua. La *Escherichia coli* es la más representativa ya que se encuentra en altas concentraciones en heces de origen animal, productora de indol a partir del triptófano y productora de β-glucuronidasa. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a Coliformes Totales y Fecales. La capacidad de los Coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH y humedad. Desde hace mucho tiempo se han utilizado un indicador ideal de contaminación fecal. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades. (Análisis Microbiológico, 2014)

Existen varios métodos para cualificación y cuantificación de *Escherichia coli* como filtración de membrana, número más probable, equipos de análisis rápido como luminómetros. Si se confirma su presencia en el agua de consumo se deben tomar medidas correctivas, como muestreos, estudio y análisis de posibles fuentes de contaminación.

Escherichia coli

Bacteria del grupo coliforme que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ en 24 horas, produce indo a partir del triptófano, oxidase negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β galactosa y β glucuronidase, que es considerado el más

específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos.

Escherichia coli es una bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria. La infección por *E. coli* se transmite generalmente por consumo de agua o alimentos contaminados, como productos cárnicos poco cocidos y leche cruda. Los síntomas de la enfermedad incluyen cólicos y diarrea, que puede ser sanguinolenta. También pueden aparecer fiebre y vómitos. La mayoría de los pacientes se recuperan en el término de 10 días, aunque en algunos casos la enfermedad puede causar la muerte. (OMS, 2015)

Parásitos: Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de aguas. (Alarcon M, et.al, 2005)

Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica* y *Balantidium coli*. En los últimos años, ha ganado gran importancia la contaminación por *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*, los cuales se consideran patógenos emergentes y la investigación se ha orientado básicamente al estudio de procesos de desinfección que garanticen la eliminación de este tipo de quistes. (Pulles, Robert, 2014)

La transmisión de parásitos intestinales a través del agua representa un problema de salud pública a nivel mundial. Considerando la importancia del agua como uno de los recursos renovables más importantes para el hombre por su utilidad, abundancia y amplia distribución en la naturaleza, la contaminación de ésta con excretas humanas y animales, favorecen la transmisión de infecciones parasitaria. Se han seleccionado *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* como organismos indicadores de contaminación de origen parasitario y su análisis es útil para evaluar la calidad del agua y determinar el riesgo sanitario. (Pulles, Robert, 2014)

Cryptosporidium: es un parásito obligado intracelular, protozoo, infecta tanto animales como al hombre, descubierto en 1907 por el investigador Tizzer y en 1976 se registra como patógeno en humanos. Tiene un complejo ciclo de vida con reproducción sexual y asexual, el huésped elimina

heces con ooquistes de 4 µm a 6 µm de diámetro, se caracterizan por su resistencia a los procedimientos de potabilización, es necesario 80 mg/L de cloro para su eliminación, dosis muy superior a la permitida por la OMS (0,2 a 1,5 mg/L).

Infecta por largos períodos de tiempo el suelo y el agua, el agua es su principal medio de transmisión de enfermedad, criptosporidiosis, una enfermedad emergente. El *Cryptosporidium parvum* es el responsable de la mayoría de las infecciones al consumidor.

El protozoo cumple todo su ciclo vital en el tracto gastrointestinal en sus células epiteliales, los ooquistes son eliminados por las heces contaminando el medio que lo rodea. Los rayos ultravioletas son responsables de inactivar los ooquistes de *Cryptosporidium*, y por ende algunas plantas de tratamiento incluyen tratamiento con rayos ultra violeta entre sus procesos de desinfección. La filtración por membrana es otro proceso adecuado y eficaz para eliminar posibles ooquistes. Los métodos aceptados para detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* por la OMS son: pruebas de colorantes vitales para viabilidad, filtración para aguas potables y floculación inorgánica para aguas residuales. (OMS, 2006)

Giardia: Su quiste es muy resistente y se encuentra distribuido por todo el mundo, contaminando alimentos y agua. Su mayor fuente de transmisión es agua contaminada y en menor medida alimentos. La infección por *Giardia* suele ser asintomática en adultos y niños, los trofozoítos son los responsables de diarreas y hipoabsorción intestinal. Estudios revelaron que al consumir 10 quistes o menos de *Giardia* genera riesgo de infección. Los quistes de *Giardia* resisten desinfectantes como el cloro que son altamente oxidantes, se necesita grandes concentraciones y durante un tiempo determinado (25 a 30 minutos, 1mg/L de cloro libre) de la acción del desinfectante. Pero los rayos ultra violeta a dosis bajas desactiva la *Giardia*.(OMS, 2006)

1.8 Agua potable

La normativa NTE INEN 1108:2014 referente a los requisitos del agua potable, define a esta sustancia como un producto que ha seguido un tipo de tratamiento que pueda garantizar calidad de la misma en el cumplimiento de sus características físicas, químicas y microbiológicas para que pueda ser apta para el consumo humano, es decir, que no debe poseer ningún riesgo significativo para la salud del humano.(NTE INEN 1108, 2014)

Tabla 1-1 Requisitos físicos y químicos del agua potable.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	—	no objetable
Sabor	—	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual ¹	mg/l	0,3 a 1,5 ¹¹
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α ²	Bq/l	0,5
Radiación total β ^{2*}	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos ² Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰ Po, ²¹⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ^{2*} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁵⁷ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹³² I, ¹³⁷ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Ra		

Fuente: NTE INEN 1108:2014. Agua potable. Requisitos, 2014. p. 2.

Tabla 2-1.- Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 [*] < 1 ^{**}
Cryptosporidium, número de ooquistes/ litro	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litro	Ausencia
[*] < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo ^{**} < 1 significa que no se observan colonias (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: NTE INEN 1108:2014. Agua potable. Requisitos, 2014. p. 4.

1.9 Técnicas de análisis

1.9.2 Número más probable (NMP)

El método de número más probable (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes. Por lo tanto, un requisito importante de este método es la necesidad de poder reconocer un atributo particular de la población(es) en el medio de crecimiento a utilizarse. El estimado de densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística. (Biología Manual, 2014)

Algunas de las ventajas del NMP son: (i) la capacidad de estimar tamaños poblacionales basados en atributos relacionados a un proceso (selectividad); por ejemplo se puede determinar la densidad poblacional de organismos que pueden nodular leguminosas en una muestra de suelo usando el método de infección de plantas, (ii) provee una recuperación uniforme de la poblaciones microbianas de suelos diversificados, (iii) determina sólo organismos vivos y activos metabólicamente, y (iv) suele ser más rápido e igual de confiable que los métodos tradicionales de esparcimiento en platos de cultivo, entre otros.

1.9.2.1 Caldo Verde bilis brillante

Este medio está recomendado para el recuento de coliformes totales y fecales, por la técnica del número más probable. En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable. Es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas. (Britania, 2012)

1.9.2.2 Eosina azul de metileno

El Agar con Eosina y Azul de Metileno es una combinación del medio de Levine y el de Holt-Harris y Teague, contiene una mezcla de peptonas según Levine y presenta dos carbohidratos lactosa y sacarosa. Este medio de cultivo permite una diferenciación muy clara entre las colonias

de organismos fermentadores de lactosa y aquellos que no la fermentan; el contenido de eosina y azul de metileno inhiben en cierto grado organismos Gram positivos. La presencia de sacarosa permite para algunos miembros del grupo coliforme fermentarla con más facilidad que la lactosa. Las colonias lactosa positiva son azules a moradas con brillo metálico o poseen centros oscuros con periferias transparentes incoloras y las que son negativas en lactosa. (Probiotex, 2012.)

FÓRMULA EN GRAMOS POR LITRO DE AGUA DESTILADA: Agar 13.5, Lactosa 5.0, Azul de metileno 0.065, Peptona especial 10.0, Eosina Y 0.4, Fosfato dipotásico 2.0, Sacarosa 5.0 (pH 7.2 ± 0.2).

CRECIMIENTO POR MICROORGANISMO: *Escherichia coli*–Colonias azul a moradas, con brillo metálico azul verdoso, *Enterococcus faecalis*–Inhibición parcial, *Salmonella typhimurium*–Colonias incoloras y/o transparentes, *Shigella flexneri*–Colonias incoloras y/o transparentes, *Staphylococcus aureus*–Crecimiento parcialmente inhibido o colonias puntiformes, *Candida albicans*–Colonias plumosas, rosa pálido atípicas.

1.9.3 Tinción Gram

La tinción de Gram, también conocida como coloración de Gram, es una técnica de laboratorio que se utiliza rutinariamente en los estudios microbiológicos de las bacterias. Fue diseñada por Christian Gram, un científico danés, en el año 1884. El objetivo de Gram era conseguir una prueba con la que fuera posible diferenciar diferentes grupos de bacterias para así poder estudiarlas y clasificarlas. La prueba resultó todo un éxito y pronto se convirtió en una técnica muy útil no solo para el estudio de las bacterias, sino también para poder identificarlas rápidamente en una infección y seleccionar el antibiótico más adecuado para tratarla. (Cuello, Marco, 2009)

La técnica se basa en aplicar una serie de colorantes a una muestra de cualquier origen (esputo, orina, pus, etcétera) que supuestamente contenga bacterias no identificadas. Los colorantes tiñen la pared de las bacterias de color morado y, tras unos minutos, se realiza un lavado del colorante. Después de eso puede que el colorante permanezca en la pared bacteriana o que se haya ido. En el primer caso permanecería el color morado, y se trataría de bacterias Gram positivas.

1.9.4 Método de Concentración por Flotación

Willis en 1921, describe este método basado en la propiedad que tienen las soluciones de densidad mayor de hacer flotar objetos menos densos. Este método está recomendado específicamente para la investigación de protozoarios y helmintos, consiste en la preparar la materia fecal con solución saturada de cloruro de sodio. Las parasitosis intestinales son un conjunto considerados un problema de salud pública. (Sharog Lugo, 2012)

El examen coproparasitoscópico (CPS) es un conjunto de técnicas diagnósticas que constituyen la indicación de la mayoría de las entero parasitosis causadas por protozoarios o helmintos. Su eficacia y sensibilidad para establecer un diagnóstico correcto dependen de la adecuada indicación y preparación de la muestra, los datos clínicos y antecedentes de interés que sean aportados al laboratorio y de su correcta y completa ejecución con examen directo microscópico. Faust es el método más usado y efectivo, en este se precipitan los parásitos por centrifugación después de haber filtrado la muestra. (Universidad de Murcia, 2015, p. 131)

Es un examen coproparasitoscópico cualitativo de concentración por centrifugación y flotación. Hace una buena concentración de quistes huevos y larvas, es la técnica preferida por la generalidad de los laboratorios. Las formas parasitarias son encontradas con facilidad pues las preparaciones quedan con pocos artefactos. Los elementos parasitarios son recuperados de la capa superficial y los residuos se mantienen en el fondo del tubo.

1.9.4 Tinción de Ziehl-Neelsen

La **tinción de Ziehl-Neelsen** es una técnica de tinción diferencial rápida y económica, usada para la identificación de bacterias ácido-alcohol resistentes (BAAR) , como *M. tuberculosis* o el Phylum Apicomplexa (coccidios intestinales) entre otros. Fue descrita por primera vez por dos médicos alemanes: Franz Ziehl, un bacteriólogo, y Friedrich Neelsen, un patólogo.

Las paredes celulares de ciertas bacterias contienen ácidos grasos (ácidos micólicos) de cadena larga (50 a 90 átomos de carbono) que les confieren la propiedad de resistir la decoloración con alcohol-ácido, después de la tinción con colorantes básicos. Por esto se denominan ácido-alcohol resistentes. Las micobacterias como *Mycobacterium tuberculosis* y *M. marinum* se caracterizan

por sus propiedades de ácido-alcohol resistencia. La coloración clásica de Ziehl-Neelsen requiere calentamiento para que el colorante atraviese la pared bacteriana que contiene ceras. Al suspender el calentamiento y enfriar con agua, provoca una nueva solidificación de los ácidos grasos de modo que el colorante ya no puede salir de las bacterias. Por otro lado, el calentamiento aumenta la energía cinética de las moléculas del colorante lo cual también facilita su entrada a las bacterias. Las bacterias que resisten la decoloración son de color rojo y las que no, se ven de color azul ya que se utiliza azul de metileno como tinción de contraste. Debido a esto es que esta muy influenciado con la enfermedad de tuberculosis. (Biología Manual, 2014)

1.10 Microorganismos presentes en el agua

El agua destinada al consumo humano y uso doméstico debe estar libre de patógenos. Debido a que el agua es un medio idóneo, para el desarrollo de ciclos de vida de microorganismos, se ha encontrado microorganismos como:

1.10.1 Bacterias

Son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria, según la especie, su tamaño puede variar entre 0,2 μm hasta 10 μm de diámetro. Su forma varía entre esférica (cocos), bastón alargado (bacilos) o espiral (espirilos). En el agua podemos encontrar con mayor frecuencia bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de las heces fecales. (Tacuri, 2012)

Al introducirse en el agua, por las condiciones ambientales variadas hace que su capacidad de reproducirse y de sobrevivir, sean limitadas. El grupo de los Coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que se encuentra presente en el tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente en grandes cantidades, y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección. Este grupo coliforme está definido como todas las bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, Gran negativas, no formadoras de esporas y de forma redonda que fermentan la lactosa formando gas en 48 horas y a 35 °C (Lazo, 2015)

1.10.2 Virus

Son microorganismos acelulares, ubicados en la frontera entre la vida y el mundo inorgánico, compuestos por un virión (ADN o ARN) y una cápside proteica. Su tamaño oscila entre 20 y 300 milimicras. Su forma varía entre: simetría, icosaédrica, helicoidal y compleja. Están presentes en el tracto gastrointestinal de individuos infectados, los mismos que a través de sus deposiciones contaminan el agua. Dentro de los virus más comunes transmitidos por el agua se encuentran: Hepatitis A y E, Enterovirus, Adenovirus, Rotavirus (una de las principales causales de gastroenteritis infantil) (Tacuri, 2012)

1.10.3 Parásitos

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de aguas. Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica* y *Balantidium coli*. En los últimos años, ha ganado gran importancia la contaminación por *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*, los cuales se consideran patógenos emergentes y la investigación se ha orientado básicamente al estudio de procesos de desinfección que garanticen la eliminación de este tipo de quistes.

Los protozoos pueden causar enfermedades en el hombre como: giardiasis, criptosporidiosis, malaria, diarrea por flagelados, disentería amebiana, meningoencefalitis amebiana, disentería balantidiana, infecciones diseminadas e infecciones intestinales. Una cuarta parte de la humanidad está afectada por este tipo de enfermedades. La malaria es responsable de más de 100 millones de casos al año, un millón de los cuales son fatales. (Pulles, Robert, 2014)

Tabla 3-1.- Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua ^a	Resistencia al cloro ^b	Infectividad relativa ^c	Fuente animal importante
Bacterias					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Baja	Puede proliferar	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> patógena ^d	Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Legionella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
Micobacterias no tuberculosas	Baja	Prolifera	Alta	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Prolifera	Moderada	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja	No
Otras salmonelas	Alta	proliferar	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	proliferar	Baja	Baja	Sí
		Corta			
		Corta			
		Larga			
Virus					
Adenovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Enterovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Norovirus y sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Protozoos					
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
<i>Giardia intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	Sí
<i>Naegleria fowleri</i>	Alta	Puede proliferar ^f	Alta	Alta	No
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
Helmintos					
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No
<i>Schistosoma</i> spp.	Alta	Corta	Moderada	Alta	Sí

Fuente:(OMS, 2006)

1.11 Enfermedades transmitidas por microorganismos presentes en el agua.

La transmisión por el agua de consumo es sólo uno de los vehículos de transmisión de los agentes patógenos transmitidos por la vía fecal-oral. Pueden ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general. (OMS, 2015)

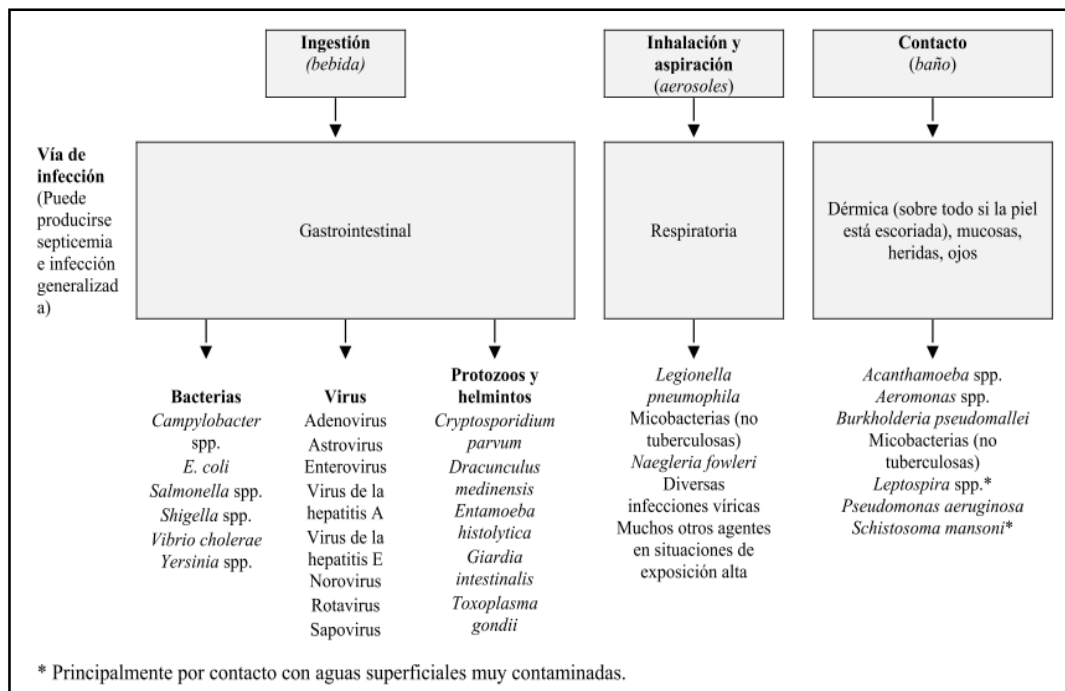


Figura 2-1.- Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua.

Fuente:(OMS, 2006)

La inocuidad del agua de consumo no depende únicamente de la contaminación fecal. Algunos microorganismos proliferan en las redes de distribución de agua (por ejemplo, *Legionella*), mientras que otros se encuentran en las aguas de origen (el dracunculo, *Dracunculus medinensis*) y pueden ocasionar epidemias y casos aislados. (OMS, 2015)

Ciertas enfermedades graves se producen por inhalación de gotículas de agua (aerosoles) en las que los microorganismos causantes de la enfermedad pueden multiplicarse si contienen nutrientes y la temperatura es cálida. Son ejemplos de tales enfermedades las legionelosis, como la legionelosis neumónica o «enfermedad del legionario», ocasionadas por *Legionella spp.*, y las enfermedades causadas por la ameba *Naegleria fowleri* (meningoencefalitis amebiana primaria [MAP]) y por *Acanthamoeba spp.* (meningitis amebiana, infecciones pulmonares).

La esquistosomiasis (bilharziasis) es una importante enfermedad parasitaria de las regiones tropicales y subtropicales que se transmite por la penetración en la piel de la larva del parásito (cercaria), liberada por caracoles acuáticos infectados. Se transmite principalmente por contacto con el agua. La disponibilidad de agua inocua contribuye a prevenir la enfermedad, ya que reduce la

necesidad de contacto con agua contaminada, por ejemplo, al recogerla para transportarla al hogar o al utilizarla para lavar la ropa o para la higiene personal.

La gravedad de los efectos sobre la salud humana ocasionados por agentes transmitidos por el agua es variable, de gastroenteritis leve a diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. El agua contaminada puede ser la fuente de grandes epidemias de enfermedades, como el cólera, la disentería y la criptosporidiosis; sin embargo, la mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua presentan otras vías de infección importantes, como el contacto de persona a persona y la transmisión por los alimentos. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2017)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de investigación

El trabajo se llevó a cabo en la parroquia de Quimiag en la Provincia de Chimborazo, el mismo que es de tipo investigativo ya que tiene un diseño metodológico observacional, en donde el estudiante no tiene el control del factor de estudio, pues solo observa, toma mediciones y analiza.

2.2 Población de estudio y localización de los puntos de muestreo

Quimiag, es una parroquia rural perteneciente al cantón Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo. Según el INEC, cuenta con una población de 5.257 habitantes, Esta limitada, al Norte con el Cantón Penipe; al sur con el Cantón Guano; al Este con el Cantón Guambo y (perteneciente a la provincia de Morona Santiago) y con el Parque Nacional Sangay; y al Oeste con la parroquia de Cubijés.

La población de estudio es el agua cruda que es consumida y utilizada en la producción artesanal quesera.

La Parroquia Quimiag actualmente se abastece de agua entubada que proviene de las quebradas Paquisha, Sananquillay, Guntus, la misma que es recolectada en tanques de captación en de allí realiza un gran recorrido a través de tuberías de PVC subterráneas hasta llegar al tanque de almacenamiento de distribución localizado en la parroquia de Quimiag, no se realiza ningún tipo de tratamiento para su posterior distribución a toda la población.



Figura 1-2.- Mapa de ubicación de la parroquia Quimiag

Fuente: (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural Quimiag, 2015)

Se determinó parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos (pH, color, olor, turbiedad, temperatura, solidos totales disueltos, conductividad, nitratos, nitritos), además de coliformes totales, coliformes fecales, y parásitos). El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio bacteriológico y Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se determinó catorce puntos de muestreo(Tabla 1-2) , los cuales corresponden a los siguientes lugares (Tabla 2-5): tres vertientes u ojos de agua (v1, v2, v3), tres tanques de captación (TC1, TC2, TC3) ubicados en las quebradas Paquisha, Sananquillay y Guntus; un tanque reservorio (TR); cinco domicilios ubicados en la parroquia Quimiag en donde se encuentran las queseras artesanales aquí se recolecto las muestras en dos puntos: el grifo (GQ1, GQ2, GQ3, GQ4, GQ5) y la cisterna (CQ4, CQ5), no en todas las queseras tienen cisternas o reservorios de agua . Las muestras fueron recogidas por triplicado analizando así 42 muestras, finalmente se comparó los resultados obtenidos con la NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos Quinta edición.

Tabla 1-2.- Puntos de muestreo y Abreviatura de codificación de las muestras.

MUESTREO	Punto de muestro	Codificación	Lugar del punto de muestreo
ABRIL – JUNIO 2017	Vertiente 1	V1	Quebrada
	Tanque de recolección o captación 1	TC1	Paquisha
	Vertiente 2	V2	Quebrada
	Tanque de recolección 2	TC2	Sananquillay
	Vertiente 3	V3	Quebrada Guntus
	Tanque de recolección 3	TC3	
	Tanque general de almacenamiento y distribución	TR	Quimiag
	Grifo Quesera 1	GQ1	Quimiag
	Grifo Quesera 2	GQ2	Quimiag
	Grifo Quesera 3	GQ3	
	Grifo Quesera 4	GQ4	
	Cisterna Quesera 4	CQ4	
	Grifo Quesera 5	GQ5	
	Cisterna Quesera 5	CQ5	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

2.3 Flujograma de trabajo

Para realizar la evaluación actual de la calidad del agua utilizada en las queseras artesanales de la parroquia Quimiag se realizó un reconocimiento del sistema de abastecimiento del agua y una entrevista con a las autoridades políticas y propietarios de las queseras artesanales que reciben el servicio del agua, las muestras y análisis se realizaron siguiendo el esquema como se muestra en la (figura 2.2)

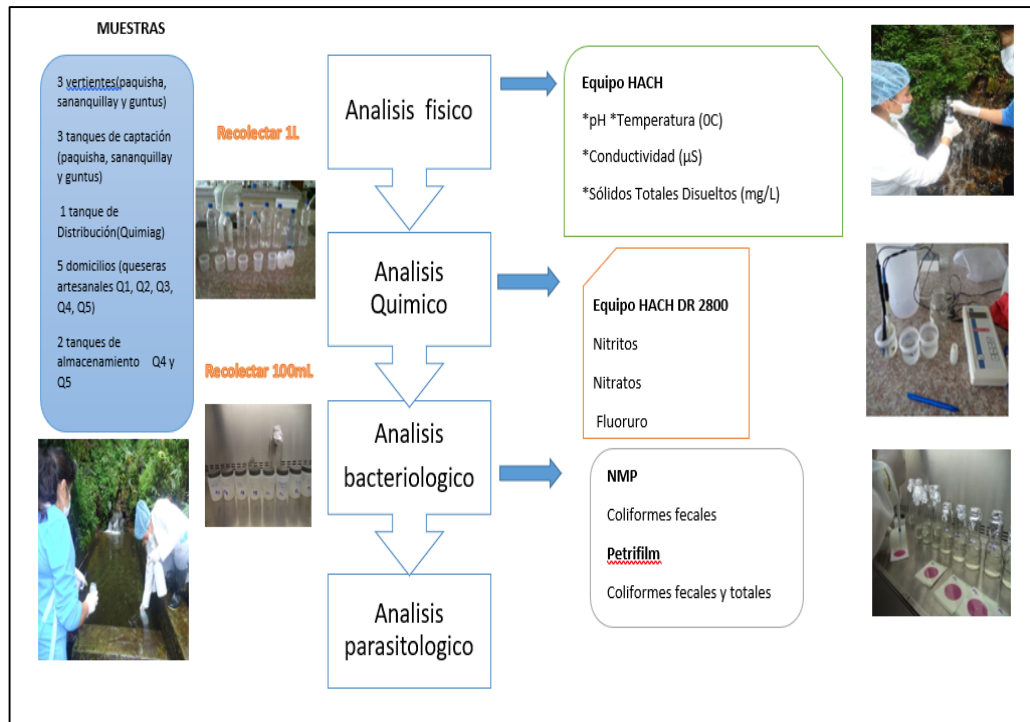


Figura 2-2.- Esquema del procedimiento de análisis.

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

2.4 Muestreo

Para la toma de muestras, el procedimiento se realizó de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 para Calidad de agua y muestreo, donde nos revela las técnicas apropiadas de hacer un muestreo adecuado, pues nos da a conocer que éste es el proceso de recolección de forma aleatoria de una porción representativa con el volumen necesario de agua para la prueba a analizar. Las muestras recogidas deben ser clasificadas específicamente para cada análisis, es decir, separar las muestras para el análisis físico, químico y microbiológico. (NTE INEN 2176, 1998)

2.4.1 Envases para el muestreo

El frasco para la toma de muestras bacteriológicas debe ser esterizable, preferentemente de vidrio, boca ancha, con tapa o tapón de cierre seguro y de una capacidad no menor a 120 mililitros. (Rojas, 2002)

Los recipientes de muestreo empleados en este grupo de análisis pueden ser de plástico (polietileno o polipropileno) o de vidrio y de un litro de capacidad. El procedimiento de lavado es semejante al anterior, a excepción de que la limpieza con ácido debe ser más exhaustiva. (Rojas, 2002)

Equipos y materiales para el muestreo

- Envases estériles para toma de muestras microbiológicas
- Envases de plástico para análisis físico químico
- Nevera (Cooler) con bolsas refrigerantes o bolsas con hielo
- Frasco de Alcohol
- Marcador permanente
- Guantes
- Mandil blanco
- Mascarillas
- Cofia

2.4.3 Técnicas de recolección de las muestras

La recolección o toma de muestras se ejecutó en función de los tipos de estructuras o puntos de muestreo, se trabajó con muestras de agua, provenientes desde las fuentes hasta las redes de distribución, tomando las muestras por triplicado, las mismas que se recolectaron tomando en cuenta especificaciones de seguridad, para evitar posibles contaminaciones cruzadas de las muestras.

2.4.3.1 Agua de vertientes

Las muestras fueron tomadas de los puntos de descarga de todas las vertientes, mediante recipientes de plástico, limpio y estéril. De esta manera se procedió a tomar las muestras divididas en: 500 mL de muestra en un frasco estéril para el análisis físico-químico y 100 mL de muestra en el frasco estéril para el análisis microbiológico. Cada muestra fue rotulada con fecha de recolección y hora. Las muestras fueron transportadas en la caja térmica.

2.4.3.2 Agua del tanque de almacenamiento.

Las muestras fueron tomadas en el tanque de almacenamiento, se empleó un cordel atado al frasco y se tomó 500 mL de muestra para el análisis físico-químico y 100 mL de muestra para el análisis microbiológico. Cada muestra fue rotulada con fecha y hora de recolección. Las muestras fueron transportadas en la caja térmica.

2.4.3.3 Agua de las redes de distribución.

Se realizó el muestreo en los domicilios donde se encuentran ubicadas las queseras artesanales, que se abastecen del agua proveniente del sistema de distribución. Se desinfectaron los puntos de descarga con alcohol para luego dejar fluir el agua durante 2 a 3 minutos, tiempo suficiente para permitir limpiar la línea de servicio. Luego se tomó 500 mL de muestra en un frasco estéril para el análisis físico-químico y 100 mL de muestra en frasco estéril para el análisis microbiológico. Cada muestra fue rotulada con fecha de recolección y hora. Las muestras fueron transportadas en la caja térmica.

Para el análisis parasitológico se sigue el mismo procedimiento, pero se toma un volumen de 5 litros.

Trasporte y preservación de las muestras.

Una vez recolectadas las muestras, fueron transportadas hasta los laboratorios de análisis de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de manera inmediata, en el menor tiempo posible. Para conservar a las muestras, se las trasladaron en un baño de hielo a 4°C, en la nevera denominada Cooler. El tiempo que se demoró en llevar las muestras al laboratorio fue de 4 horas, desde la toma de la primera muestra hasta la entrega al laboratorio.

2.5 Parámetros analizados en el Laboratorio

En el Laboratorio de Aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se realizaron los análisis de cada una de las muestras tomadas en los diferentes puntos de muestreos. Los paráme-

tros analizados fueron: pH, color, Olor, Turbiedad, Temperatura, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Nitratos, Nitritos, Flúor. Coliformes Totales, Coliformes Fecales y presencia de parásitos.

2.5.1 Análisis físico

Materiales y equipo para determinación de temperatura, color, sólidos totales disueltos, conductividad, turbiedad.

- ✓ Muestra
- ✓ Mascarilla
- ✓ Mandil
- ✓ Guantes
- ✓ Turbidímetro
- ✓ Equipo Consort C562
- ✓ Equipo HACH DR2800

2.5.1.1 Determinación del color por el método Espectrofotometría

Procedimiento

- a) En este análisis usamos el equipo de HACH DR2800, seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.
- b) Seleccionar el test: 125 Color 465nm
- c) Preparamos la muestra estándar o blanco colocando 10 mL de agua destilada en la celda perteneciente al equipo, limpiar bien con toallas absorbentes el exterior de la misma.
- d) Leer el blanco seleccionando el botón "CERO"
- e) En otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar.
- f) Limpiar las paredes externas de la celda.
- g) Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- h) La lectura se realiza a 465 nm de longitud
- i) El resultado nos da en PtCo.

2.5.1.2 Determinación de Turbidez por el método Espectrofotometría.

Procedimiento

- a) Encender el Turbidímetro.
- b) Colocar en la celda la muestra hasta la marca indicada
- c) Limpiar bien la celda
- d) Poner, dentro de la porta celdas y cerrar.
- e) Tomar la lectura, dado en NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

2.5.1.3 Determinación sólidos totales disueltos (std), conductividad, temperatura y pH.

Procedimiento para determinar sólidos totales disueltos (std), conductividad, temperatura y pH

Para la determinación de estos parámetros se utilizó el equipo Consort C562.

- a) El primer paso fue encender el Conductímetro
- b) Posteriormente se colocó suficiente muestra a analizar en el vaso de precipitación.
- c) Se procedió a lavar el sensor de conductividad con suficiente agua desionizada, y posteriormente secarlo.
- d) Agitar la solución durante las mediciones para la homogeneidad de la muestra.
- e) Se sumergió el sensor de conductividad en el recipiente que contiene la muestra.
- f) Seleccione pH, conductividad (S/cm), sólidos disueltos (TDS) y temperatura pulsando MODE y diríjase con las flechas hacia arriba o hacia abajo, seleccione el parámetro pulsando CAL.
- g) Tome nota de las mediciones cuando estas se encuentren estables.
- h) Enjuague los electrodos siempre con agua destilada después de su uso y guárdelas en una solución 3M o 4M de KCl.
- i) Las unidades deben registrarse en uS/cm y mg/L para conductividad y sólidos disueltos respectivamente.

2.5.2 Análisis químico

2.5.2.1 Determinación de Nitritos

Procedimiento

- En el equipo HACH DR2800, seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.
- Seleccionar el test: 375 N Nitrito RB AV.
- Preparar la muestra: Colocar 10 ml de la muestra en una celda.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de Nitriver en polvo.
- Agitar con rotación.
- Si existen nitritos en la muestra, la solución tomará un color ámbar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar Ok.
- Esperar el tiempo determinado por el temporizador, 20 minutos.
- Período de reacción. Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda.
- Al sonar el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde al blanco y colocarla en el soporte, porta cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observará la medición 0,00 mg/L
- Limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde a la muestra y colocarla en el soporte, porta cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición. Tomar la lectura que indica el equipo, dado en mg/

2.5.2.2 Determinación de Nitratos

Fundamento

Los nitratos son medidos por ultravioleta a una longitud de onda de 220 nm, pero a esta misma longitud de onda, la materia orgánica presente en las muestras, también puede absorber, por lo que se mide a una longitud de onda de 275 nm para corregir el valor de nitrato. Sin embargo, esta corrección es empírica, dado que las concentraciones de materia orgánica pueden variar de un agua a otra.

Procedimiento

- Se añade 10mL de muestra en la celda, añadir el contenido de un sobre de reactivo de NitraVer5 en polvo.
- Agitar la cubeta con rotación durante cinco minutos.
- Preparar el blanco se coloca 10 mL de agua destilada en una celda.

- En la pantalla del equipo HACHDR 2800 seleccionar el test 355 N Nitrato RA PP.
- Ya pasado el tiempo limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde al blanco
- Colocar en el soporte con la marca de llenado hacia al frente
- Seleccionar en la pantalla: Cero se observará la medición de 0,00 mg/L, N_NO3- de la misma forma procedemos para la muestra preparada, pero en la pantalla se seleccionará: Medición, se tomará lectura indicada por el equipo dado en mg/L N_NO3-

2.5.2.3 Determinación de fluoruros

- En el equipo HACH DR 2800, seleccionar en la pantalla el test 190 Fluoruros.
- Para el análisis de flúor se llenó una cubeta con 10mL muestra residual, y la otra con 10 mL de agua desionizada.
- Añadir a cada cubeta 2 mL de Solución SPADNS Reagent y mezclar. Su periodo de reacción es de 1 minuto.
- Después del tiempo establecido limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde al blanco y colocarla en el soporte, porta cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observa la medición 0,00 mg/L.
- Para la muestra se procede de igual manera, pero en la pantalla se selecciona: Medición. Tomar la lectura que indica el equipo, dado en mg/L.

2.5.3 Análisis Microbiológico

Para el análisis de las muestras de agua se realizaron dos métodos para la determinación de Coliformes fecales:

2.5.3.1 Determinación de coliformes fecales

Con este análisis se busca la presencia o ausencia de *Escherichia coli* usando pruebas presuntivas como el Método del Número Más Probable (NMP) y pruebas confirmativas como Eosina Azul de Metileno y Tinción Gram.

2.5.3.2 Método del Numero más probable (NMP)

Fundamento

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo el medio de cultivo verde bilis brillante 2%.

Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 35 a 37°C. Se lleva a cabo la incubación de estos medios selectivos hasta por 48 horas a 35 - 37 °C para la detección de organismos Coliformes

Materiales, Reactivos y Equipos

- Medio verde bilis brillante 2%.
- Equipo de protección: Guantes, Muestra de agua, Mascarilla, Cofia
- Puntas azules
- Algodón
- Gasa
- Pipetas
- Cámara de flujo laminar Figura

2.5.3.3 Agua peptonada.

- Para la preparación de este medio líquido se debe utilizar la peptona bufferada (20g/1L), esta solución debe estar estéril, para someter al autoclave para su respectiva esterilización.
- Colocar 9 mL de agua peptonada en 3 tubos de ensayo de boca ancha independientemente codificándolos (10-1, 10-2, y 10-3).
- Adicionar al primer tubo el cual se codificó con 10-1, un mililitro del agua problema con ayuda de una micropipeta y homogenizar, esta es la primera dilución.
- Coger con la micropipeta un mililitro de la primera solución con una punta distinta y agregar al segundo tubo codificado con 10-2 para realizar la segunda dilución.
- Repetir el mismo procedimiento para realizar la tercera y última dilución cogiendo un mililitro de la segunda preparación y colocar en el tercer tubo codificado con 10-3, todo este proceso se debe realizar con distintas puntas para la micropipeta.

2.5.3.4 Caldo Verde Bilis Brillante.

- En primer lugar, hacer los cálculos para la preparación del caldo 40g/1L de agua destilada, de igual manera la solución debe ser estéril lo cual se lo somete al autoclave.

- Una vez preparada la solución, colocar 10 mL en tres tubos de ensayo de boca ancha por cada dilución preparada anteriormente dando una totalidad de 9 tubos con el caldo.
- Colocar las Campanas Durham en cada tubo.
- Colocar un mililitro de cada dilución preparada en 3 tubos de caldo verde bilis brillante realizando 3 series.
- Flamear la boca de cada tubo durante la siembra y cambiar las puntas para cada serie.
- Tapar herméticamente los tubos usando gasas estériles y algodón.
- Llevar a la estufa los tubos en una gradilla y totalmente codificados con el punto de muestreo.
- Dejar incubar 48 horas a 37 grado Celsius.
- Los tubos que den positivos se formará gas el Campana Durham, turbidez o cambio de color del caldo.

2.5.3.5 Eosina Azul de Metileno

- Esta es una prueba confirmativa específicamente para *E. coli* que se realiza la siembra con los tubos del Número más Probable que resultaron positivos.
- Para la preparación de este agar sólido calcular 36g y disolvemos en 1L de agua destilada tomando en cuenta que en cada caja Petri colocamos aproximadamente 15mL del agar.
- Una vez preparado los medios de cultivo con Eosina Azul de Metileno introducir el asa de platino estéril en cada tubo con el caldo que ha sufrido alguna modificación y realizar el estriado en la caja Petri con el medio.
- Repetir este procedimiento con todos los tubos positivos en cada caja correspondiente.
- Realizar la siembra en un ambiente estéril utilizando un mechero o una cámara de flujo laminar.
- Codificar las cajas según la dilución de la siembra, número de muestra y fecha.
- Incubar en la estufa a 37 grados Celsius por 24 horas.
- El crecimiento de *E. coli* se observa con la formación de colonias azules con un brillo metálico o la presencia de colonias con centros oscuros y periferia incolora.

2.5.3.6 Tinción Gram

- Esta prueba se realiza para confirmar la presencia de *E. coli* en cada muestra observando en el microscopio bacilos Gram negativos.
- Para realizar el análisis coger con el asa de platino totalmente estéril una colonia del medio de EAM y estirar en una placa porta objetos codificada para evitar confusiones.
- Fijar la muestra en un mechero.
- Colocar gotas de Cristal Violeta y dejamos reposar durante 60 segundos.
- Lavar la placa con abundante agua destilada.
- Poner gotas de Lugol por 60 segundos.
- De igual manera lavar la placa.
- Colocar decolorante (alcohol cetónico) por 30 segundos.
- Lavar rápidamente la muestra
- Finalmente agregar Safranina durante 60 segundos.
- Dejar que se seque la muestra.
- Leer en el microscopio con aceite de inmersión utilizando el lente de 100x

2.5.3.7 Método Petri film

Fundamento

Se usa para el recuento de Coliformes. Las placas Petrifilm contienen los nutrientes del Violeta Rojo Bilis (VRB) modificado, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador de tetrazolio que facilita la enumeración de colonias. El film superior atrapa el gas producido por la fermentación de la lactosa por los coliformes.

La ISO define los coliformes por su capacidad de crecer en medios específicos y selectivos. El método ISO 4832, que enumera los coliformes por la técnica del recuento de colonias, define los coliformes por el tamaño de las colonias y la producción de ácido en el Agar VRB con lactosa (VRBL). En las placas Petrifilm estos coliformes productores de ácido se muestran como colonias rojas con o sin gas. El método ISO 4831, que enumera los coliformes por el método del Número Más Probable (NMP), define los coliformes por su capacidad de crecer y producir gas a partir de la lactosa en un caldo selectivo. En las placas Petrifilm, estos coliformes se muestran como colonias rojas asociadas a gas.

Materiales para determinación de Coliformes fecales por Petrifilm.

- Placas Petrifilm 3M
- Muestra de agua
- Guantes
- Mascarilla
- Cofia
- Puntas azules
- Gasa
- Algodón
- Aplicador
- Cámara de flujo laminar

Procedimiento

- Se inició agitando la muestra enérgicamente para mezclar
- se coloca la placa Petri film en una superficie plana y esteril
- Se tomó 1 ml de muestra con pipeta automática para colocar en las placas Petri Film
- se levanta el film superior y con una pipeta colocada de forma perpendicular a la placa Petri film, colocando 1 ml, de la muestra en el centro del film inferior.
- Se baja el film superior con cuidado evitando introducir burbujas de aire.
- Con la cara lisa hacia abajo, se coloca el aplicador en el film superior sobre el inóculo.
- Presionar con el aplicador con cuidado para repartir el inóculo sobre el área circular antes de que se forme el gel. No se debe girar ni deslizar el aplicador.
- Dejar en reposo al menos un minuto hasta que solidifique el gel.
- Incubar por 24 horas a 35°C, Se incuba las placas caras arriba en pilas de hasta 20 placas.
- Se observa el crecimiento, para leer los resultados se consultó la guía de interpretación. Contar las colonias que presenten gas son coliformes fecales. colonias sin gas coliformes totales

2.6 Análisis parasitológico

2.6.1 Determinación de Giardia lamblia

2.6.1.1 Método de Flotación

Esta técnica nos ayuda a que los parásitos floten ya que reaccionan con la sal que se adiciona al procedimiento, pues si la muestra de agua presenta Giardia lamblia este parásito se va a adherir a la placa porta objetos y se lo podrá observar en el microscopio con facilidad.

- En 2L del agua a analizar se agrega 326g de Cloruro de Sodio (NaCl), mezclar y dejar actuar por 15 minutos.
- Desechar el sobrenadante de los 2 litros dejando unos 20 mL de muestra.
- Llenar completamente un tubo de ensayo con la solución restante y tapar con una placa porta objetos.
- Dejar reposar 30 minutos.
- Leer la placa directamente.

2.6.1.2 Método de centrifugación

- Recoger 5L de muestra a analizar y dejar reposar 24 horas.
- Colocar la porción más profunda en un tubo de ensayo.
- Centrifugar.
- Desechar el sobrenadante.
- Colocar una gota del sedimento formado en una placa porta objetos.
- Dejar secar la muestra
- Leer al microscopio directamente

2.6.2 Determinación de Cryptosporidium

2.6.2.1 Técnica de Ziehl-Neelsen

- Realizar un frotis bacteriano del sedimento y fijarla la extensión con calor.
- Añadir el primer colorante: Carbofucsina.

- Se pasa por el mechero varias veces, durante cinco minutos, sin permitir que hierva el colorante.
- Decantar y lavar con agua destilada el exceso de colorante.
- Decolorar con alcohol/ácido hasta que la muestra tenga un color rosado.
- Lavar con agua destilada.
- Teñir con el colorante azul de metileno durante un minuto.
- Lavar con agua destilada hasta retirar el exceso de colorante.
- Secar la extensión al aire.
- *Observar al microscopio óptico y anotar los resultados*

Resultados si el microorganismo aparece de color rosa es AAR+ o ácido alcohol resistente positivo. En cambio, si el microorganismo aparece de color azul, en el microscopio óptico, es AAR- o ácido alcohol resistente negativo.

2.6.3 Determinación de parásitos generales.

2.6.3.1 Método de sedimentación

Con este método nos ayuda a encontrar si existen otros parásitos en la muestra de agua que no exija la normativa utilizada, así podemos detallar la calidad del agua en estudio.

- Recoger 4L de agua a analizar y dejar reposar 24 a 48 horas.
- El sedimento colocar en un tubo de ensayo.
- Centrifugar.
- Desechar el sobrenadante.
- Colocar una gota del sedimento formado en una placa porta objetos.
- Dejar secar la muestra.
- Leer en el microscopio directamente en suero fisiológico y Lugol

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Caracterización del agua

Para la caracterización del agua de esta parroquia se realizó trabajo de campo durante el periodo Abril - junio. Obteniendo en los resultados en los parámetros físicos (temperatura, sólidos totales disueltos, turbiedad, conductividad); parámetros químicos como (pH, nitritos, nitratos, flúor), en cuanto a lo microbiológico se encontró un elevado conteo de coliformes totales y fecales que son los causantes de contaminación del agua de consumo.

La toma de muestras se realizó en 14 puntos, donde cada punto se codificó con abreviaturas para el mejor manejo de muestras, para la obtención de resultados se estableció un análisis descriptivo realizado en Microsoft Excel por medio de una gráfica de líneas.

Se graficó los diferentes parámetros físico-químico, además se sacó la media de las muestras haciendo referencia con los límites que indica la normativa utilizada para comprobar si cada punto se encuentra dentro o fuera del rango permitido.

3.2. Análisis de los parámetros físicos del agua.

Los análisis físicos se realizaron en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias, bajo la responsabilidad de la Dra. Gina Alvares.

3.2.1 Análisis del parámetro turbiedad según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag

Tabla 1-3.- Resultados de análisis del parámetro turbiedad (U.N.T.)

TURBIEDAD	M1	M2	M3	Media	Desviación Es-tándar	SI	NO
V1	1,18	1,2	1,16	1,18	0,02	x	
TC 1	1,29	1,05	1,12	1,15	0,123	x	
V2	3,6	2,93	3,4	3,31	0,344	x	
TC2	0,71	0,84	0,76	0,77	0,066	x	
V3	3	2	3	2,7	0,577	x	
TC3	3,4	3,1	3	3,2	0,208	x	
TR	2,9	2,51	2,4	2,6	0,263	x	
GQ1	1,16	1,04	1,2	1,1	0,083	x	
GQ2	1,33	1,36	1,28	1,3	0,040	x	
GQ3	2,2	2,86	2,52	2,4	1,372	x	
CQ4	1,06	1,09	1,2	1,1	0,612	x	
GQ4	1,13	1,07	1,16	1,1	0,661	x	
CQ5	2,33	2,28	2,16	2,3	0,087	x	
GQ5	1,6	1,4	1,7	1,6	0,153	x	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

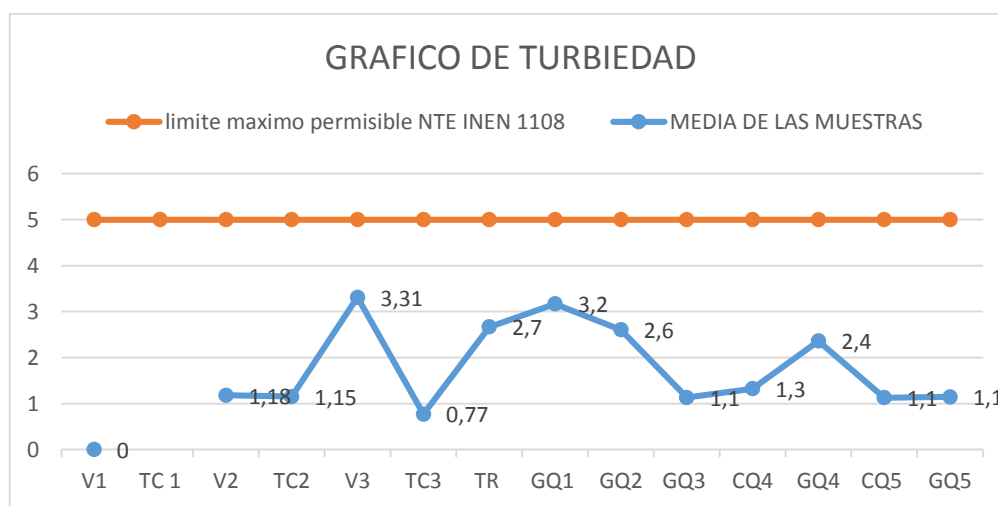


Gráfico 1-3.- Dispersión lineal del parámetro turbiedad

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

Tabla- 2-3.- Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras del parámetro turbiedad según la norma NTE INEN 1108:2014

TURBIEDAD (NTU)		
REFERENCIA	NUMERO DE MUESTRA	%
<5 dentro del límite máximo permitido.	51	100
>5 dentro del límite máximo permitido.	0	0
TOTAL	51	100

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

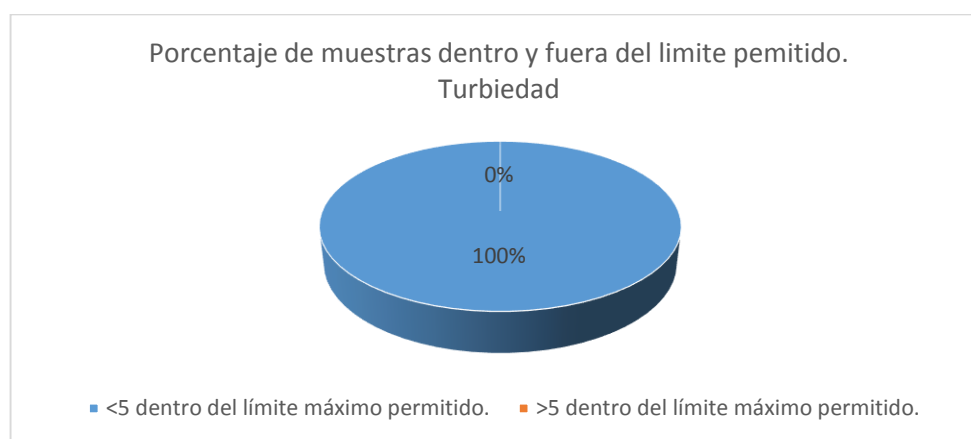


Gráfico 2-3.- Porcentaje según del nivel máximo permitido para la turbiedad

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

La tabla 3-1 y la gráfica 3.1 se observa que el valor promedio de turbiedad 0,62 UNT. Ninguna muestra se encuentra fuera del límite máximo permitido (<5 NTU), establecido por la NTE INEN 1108:2014, obteniendo así un 100% de aceptación de muestras dentro del límite establecido como lo indica la tabla 3.2 y el gráfico 3.2.

Según este parámetro, el agua procedente desde las vertientes hasta las redes de distribución, son aptas para consumo humano, debido a que los valores están por debajo de la referencia dada por la NTE INEN 1108: 2014, < 5

La turbiedad del agua es vital para la aceptación del consumidor, ya que visualmente y por estética se puede aceptar o rechazar el producto de forma inmediata, en este caso el agua de consumo de la parroquia Quimiag goza de calidad en base al parámetro turbidez.

La turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua. El suelo de las áreas aledañas a las vertientes, al presentar pendientes pronunciadas y arcillosas facilita el arrastre de sedimentos por escorrentía superficial y refleja un incremento en la turbiedad, y por ello varía la calidad de agua, mientras que los valores de turbiedad permanecen normales cuando existe un adecuado tratamiento para este parámetro evaluado. (Zhen Wu, 2009)

Durante los muestreos que se realizó en esta investigación, se evidenció que en el sector donde están ubicadas las vertientes presentan un tipo de suelo limo arenoso, además que la topografía es bastante irregular, no existen zonas homogéneas, que podría facilitar el deslizamiento de tierra y una posible contaminación, pero en este caso no existe contaminación de este tipo, debido a que los valores obtenidos se encuentran por debajo de la normativa, aun cuando hubo presencia de lluvia, no varió considerablemente los valores de turbiedad.

Corroborando con el análisis realizado Tierra (2por 015), en la parroquia San Luis, el 100% de las muestras cumplen según lo establecido por la normativa.

3.2.2 *Análisis del parámetro color según muestras analizadas del agua de la parroquia Qui-miag*

Tabla N° 3-3 Resultados de análisis del parámetro color (PtCo)

COLOR Unidades de color aparente. Límite máximo permitido (15 PtCo)							
	MUESTRAS				Desviación Estándar	CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
V1	0	0	0	0	0,00	x	
TC1	0	0	0	0	1,15	x	
V2	2	2	3	2,33	0,58	x	
TC2	4	3	4	3,67	0,58	x	
V3	3,5	3,7	3,3	3,60	2,08	x	
TC3	13	14	13,6	13,53	0,50	x	
TR	11	10	8	9,67	0,00	x	
GQ1	11	8	7	8,67	2,08	x	
GQ2	1,33	1,36	1,28	1,32	0,04	x	
GQ3	2,2	2,86	2,52	2,53	0,33	x	
CQ4	1,06	1,09	1,2	1,13	0,66	x	
GQ4	1,13	1,07	1,16	1,15	0,66	x	
CQ5	2,33	2,28	2,16	2,26	0,09	x	
GQ5	1,6	1,4	1,7	1,57	0,15	x	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

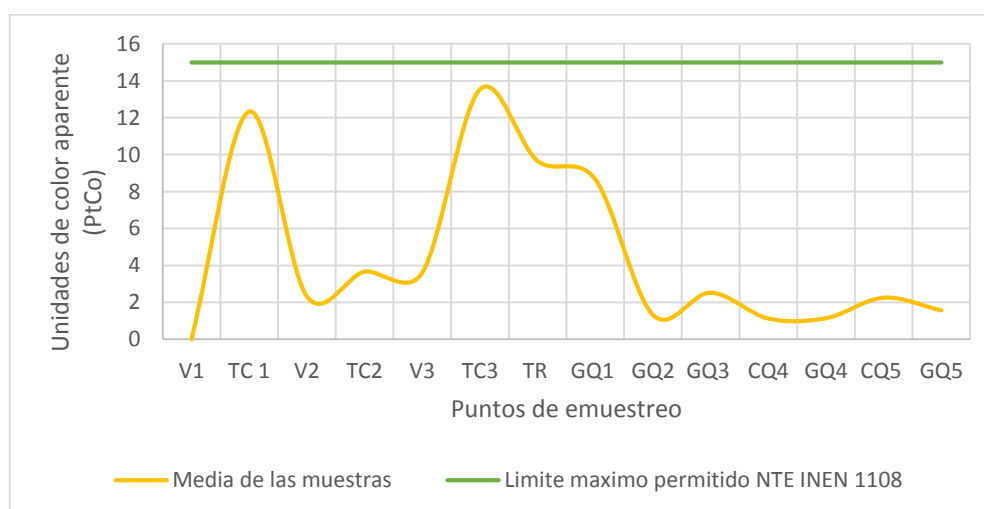


Gráfico N° 3-3.- Dispersión lineal del parámetro color.

Realizado por: Carrillo, L. 2018

Tabla- 4-3.- Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras del parámetro color según la norma NTE INEN 1108:2014

Referencia	Numero de muestra	%
<15 dentro del límite máximo permitido	51	100
>15 fuera del límite máximo permitido	0	0
Total	51	100

Realizado por: Carrillo, L. 2018

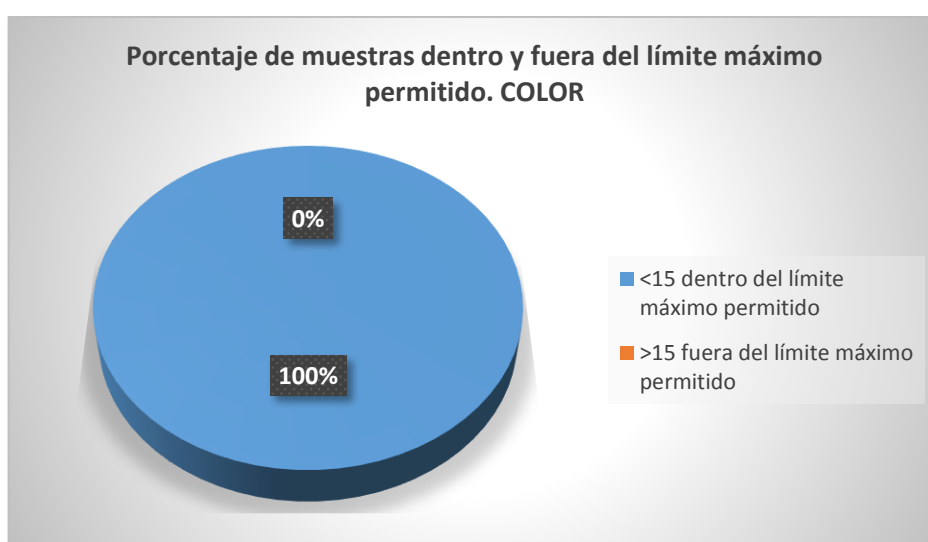


Gráfico 4-3.- Porcentaje de muestras dentro y fuera del límite máximo permitido.

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

La Tabla y gráfico 3-3 denota los resultados obtenidos, todas se encuentran dentro del límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014 Agua Potable. Requisitos, obteniendo así un 100% de aceptación de muestras dentro del límite establecido como lo indica la tabla y gráfico 3-4-3.

Según este parámetro, el agua procedente desde las vertientes hasta las redes de distribución, son aptas para consumo humano, debido a que los valores están por debajo de la referencia dada por la NTE INEN 1108: 2014, < 15.

Estos resultados cumplen con la normativa, son un indicativo de agua cuya constitución estaría libre de contaminantes como metales, minerales, además de materia orgánica, plancton, humus y desechos que perjudican radicalmente este parámetro de calidad.

Se relacionó este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada por (Tierra, 2015) en la parroquia de San Luis los cuales concuerdan ya que los límites máximos permitidos son no son superados, al igual que la turbidez el color reporta un 100% de muestras dentro límite permitido y se relaciona directamente con el parámetro turbidez, a mayor color mayor turbidez.

3.2.3 *Análisis del parámetro solidos totales disueltos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 5-3.- Resultados a partir de valores de sólidos totales disueltos (mg/L).

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS					Desviación Estándar	CUMPLE	
Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006 (100 mg/L)						SI	NO
	Muestras						
	M1	M2	M3	MEDIA			
V1	123	122	128	124,33	0,00	✓	
TC1	141	140	135	138,67	3,21	✓	
V2	94	98	88	93,33	5,03	✓	
TC2	109	107	105	107,00	2,00	✓	
V3	125	131	129	128,33	3,06	✓	
TC3	129	131	134	131,33	2,52	✓	
TR	121	119	123	121,00	2,00	✓	
GQ1	121	122	125	124,	0,00	✓	
GQ2	122	124	123	123,00	0,00	✓	
GQ3	124	120	122	122,54	0,00	✓	
CQ4	107	106	98	103,67	4,93	✓	
GQ4	107	104	106	105,67	1,53	✓	
CQ5	122	124	126	124,00	2,00	✓	
GQ5	121	119	115	118,33	3,06	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

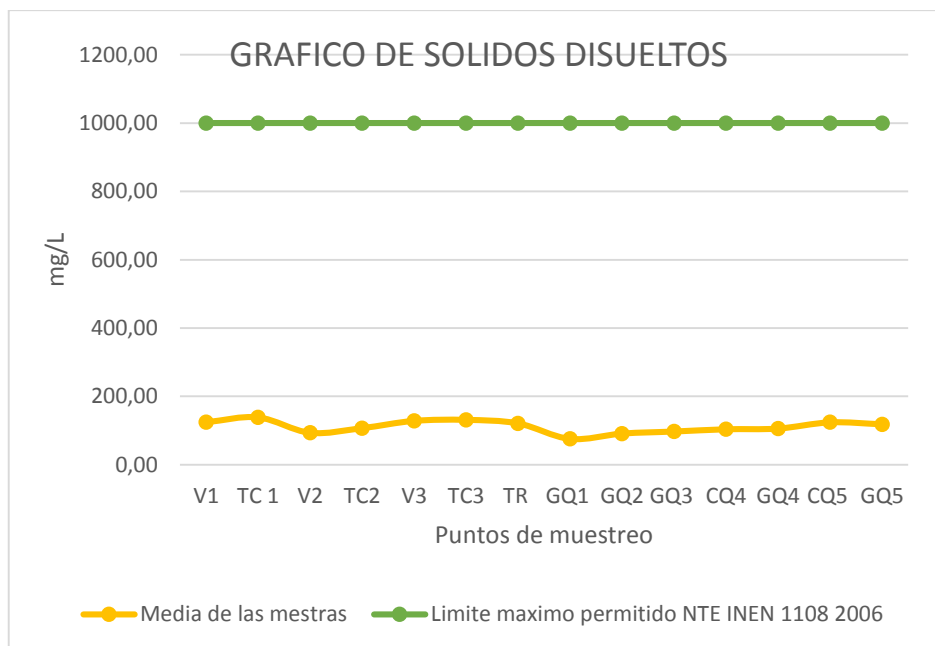


Gráfico N° 5-3.- Dispersión lineal del parámetro Solidos Disueltos Totales

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

Tabla 6-3.- Porcentajes de muestras dentro y fuera de los limites establecidas en la norma NTE INEN 1108:2014

Referencia NTE INEN 1108:2006 (1000 mg/L)	Numero de muestra	%
dentro del límite máximo permitido 1000 mg/L	51	100
fuera del límite máximo permitido >1000 mg/L	0	0
Total	51	100

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

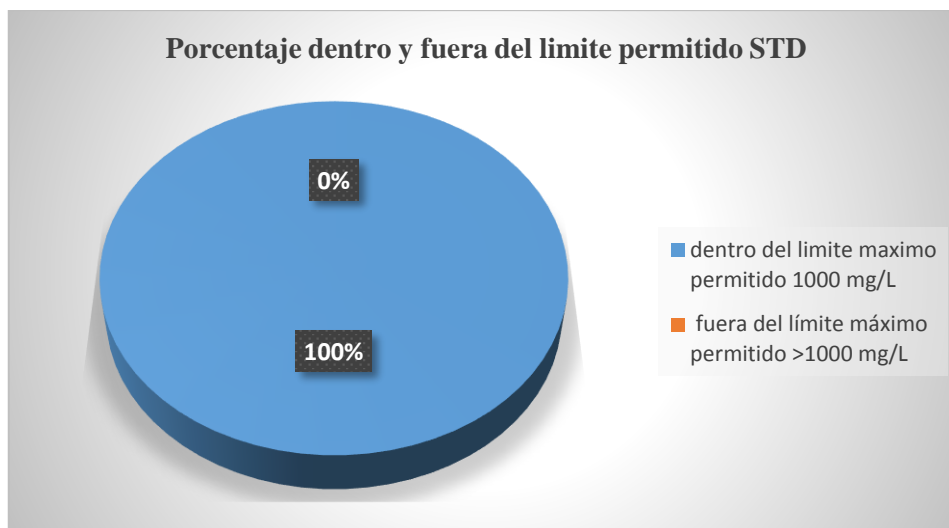


Gráfico N° 4-3.- Porcentaje de muestras dentro de los límites permitidos según la normativa NTE INEN 1108: 2006

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

En la tabla y figura 5-3, se observa que el valor promedio de sólidos totales disueltos es 107.8mg/L, Según este parámetro, el agua procedente desde las vertientes hasta las redes de distribución, son aptas para consumo humano, debido a que el 100% de muestras (Tabla y Grafico 6-3) están por debajo de la referencia dada por la NTE INEN 1108: 2006, hasta 1000 mg/L.

En el artículo sobre los parámetros y características de las aguas naturales, menciona que los sólidos totales disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración. Los STD presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. La presencia de estos sólidos no es detectable a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos. (Rocha, 2010)

Los resultados obtenidos para solidos totales disueltos son adecuados debido a que, al obtener valores dentro de la normativa, es una muestra de que el agua se encuentra libre de contaminantes como minerales o metales que alteren la calidad del agua, y al no presentar resultados por encima del límite, se puede decir que el agua de consumo de la parroquia Quimiag, cumple con el parámetro de solidos totales disueltos, de esta manera no provoca ningún problema en la elaboración de quesos artesanales. Los STD se relaciona directamente con la turbidez, ya que la presencia de sólidos en el agua ocasiona turbiedad.

3.2.4 *Análisis del parámetro conductividad según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 7-3.- Análisis de los resultados obtenidos para el parámetro conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS					Límite máximo permisible	NORMATIVA	
	M1	M2	M3	Media	Desviación Estándar		OMS-1995 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	CUMPLE
						SI		NO
V1	282	279	280	280,33	0,00	1500	✓	
TC1	188	198	195	193,67	5,13	1500	✓	
V2	284	282	278	281,33	3,06	1500	✓	
TC2	180	175	179	178,00	2,65	1500	✓	
V3	110	112	110	110,67	1,15	1500	✓	
TC3	120	115	117	117,33	2,52	1500	✓	
TR	155	156	159	156,67	2,08	1500	✓	
GQ1	201	201	205	202,33	2,31	1500	✓	
GQ2	194	195	197	195,33	1,53	1500	✓	
GQ3	184	184	187	185,00	1,73	1500	✓	
CQ4	179	181	180	180,00	1,00	1500	✓	
GQ4	232	215	214	220,33	10,12	1500	✓	
CQ5	224	223	221	222,67	1,53	1500	✓	
GQ5	232	244	255	243,67	11,50	1500	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

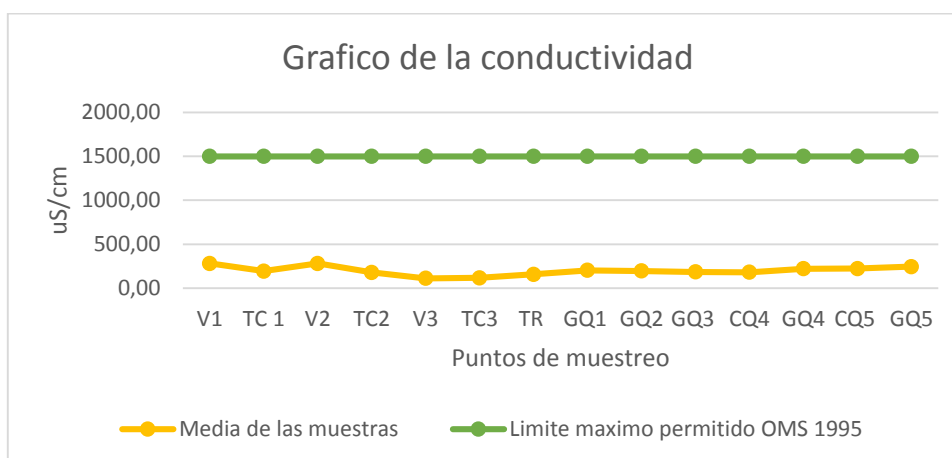


Gráfico N° 5-3.- Dispersión lineal del parámetro conductividad

Realizado por: CARRILLO, L. 2018.

La tabla y gráfico 7-3 se observa que el valor promedio de la conductividad en las muestras de agua es de 194.08 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para este parámetro la Norma INEN 1108: 2014, no tiene una especificación sobre los valores límites, pero se comparó con lo establecido en OMS 1995 indicando como referencia 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad se debe a la presencia de metales en el agua que por su movimiento transmiten energía o calor.

Zhen en el estudio de la calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano, en Costa Rica, hace referencia que el agua pura prácticamente no conduce electricidad; por lo tanto la conductividad que se puede medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua, por ejemplo, en aguas que contienen principalmente sales minerales (aguas usadas o para ser usadas, en abastecimiento público y muchas otras aguas subterráneas o de superficie) esta concentración no será muy diferente de aquella de la materia sólida disuelta.

Este parámetro se asocia directamente proporcional con los STD, como se trata de agua potable existe un número extremadamente bajo de STD y por ende se transfiere poca conductividad.

La Organización Mundial de la Salud 1995, exponen rangos de conductividad para agua potable, $<1500 \mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual indica que los valores tomados desde las vertientes hasta las redes de distribución se encuentran dentro del rango establecido por esta normativa, cuyos resultados indican una valoración de la cantidad de sales disueltas que presenta el agua.

3.3 Análisis de los parámetros Químicos

3.3.1 Análisis del parámetro pH según muestras analizadas del agua de la parroquia Qui-miag

Tabla 8-3.- Análisis del parámetro pH del agua de consumo humano de la parroquia Qui-miag.

pH	Límite máximo permisible NTE INEN 1108: 2014 (6.5-8.5 U.N.T.)					NORMATIVA	
	MUESTRAS					CUMPLE	
PUNTO DE MUESTREO	M1	M2	M3	Media	Desviación Estándar	SI	NO
V1	8,8	8,7	8,8	8,74	0,00	✓	
TC1	8,9	8,8	8	8,63	0,38	✓	
V2	8,7	8,2	8	8,35	0,30	✓	
TC2	8,6	8,5	8	8,3	0,05	✓	
V3	8	8,2	8	8,07	0,12	✓	
TC3	8	8	8	8,03	0,06	✓	
TR	8,1	8,2	8	8,16	0,05	✓	
GQ1	7,3	7,4	7	7,33	0,03	✓	
GQ2	7,3	7,07	7,05	7,34	4,24	✓	
GQ3	7,5	6,81	6,80	7,51	4,34	✓	
CQ4	7,4	6,9	7	7,26	0,32	✓	
GQ4	7,4	7,4	7	7,41	0,02	✓	
CQ5	7,5	7,6	8	7,59	0,03	✓	
GQ5	7,1	7	7	7,15	0,05	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

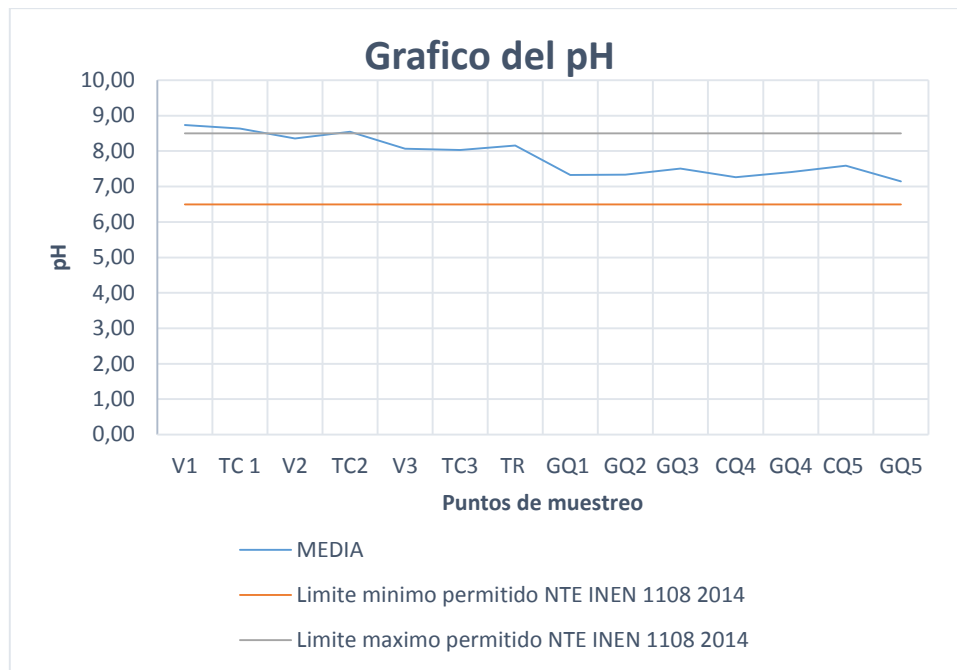


Gráfico N° 6-3.- Dispersión lineal del parámetro pH

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

En la tabla y figura 3-8, se observa que el valor promedio pero en la vertiente les de 8,74 y en el Tanque de captación 1 8.6 superando los límites establecidos por la NTE INEN 1108: 2014, por otra parte, considerando la NORMA DE CALIDA AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUYENTES: RECURSO AGUA (Ministerio del Ambiente, 2015) en la tabla de criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico y que para su potabilización solo requieren desinfección establece un rango de pH de 6-9 (Anexo E), considerando esto se podría decir que las muestras V1 y TC1 cumplen con esta normativa. Probablemente se deba a que en la parroquia Quimiag el agua de consumo humano es agua cruda, es decir no se somete a tratamiento alguno.

Severiche menciona que el agua pura tiene un pH entre 6.5 y 8.5, si este líquido se encuentra por debajo de 6.5 se dice que el agua es corrosiva lo que puede disolver iones metálicos ocasionando daños en las tuberías metálicas y alterando su estética, mientras que si el resultado muestra por encima de 8.5 el agua es alcalina y tendrá problemas con la dureza provocando sarro en las tuberías y capas blanquecinas en la vajilla de cristal de cocina.

En la investigación realizada por (Caranqui, 2016) en la calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano en la parroquia de Punin muestra valores de 7-7,5 aumentando el valor del pH desde el tanque de almacenamiento hasta las redes de distribución , en este punto se

realiza el tratamiento químico que es la cloración, el aumento en el valor de pH, puede deberse a la evaporación del cloro.

En la investigación realizada por Zhen menciona que el pH juega un papel importante en determinados procesos químicos, por ejemplo, en la desinfección del agua con cloro. Las reacciones de cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor entre 5,5 y 9,5. Este tratamiento requiere regular el pH de manera que predomine el HClO, ya que existe una teoría ampliamente aceptada de que este es el ingrediente activo que actúa eficientemente en la inactivación de los microorganismos patógenos, por ende, el pH aumenta en las redes de distribución debido a que el cloro comienza a evaporarse, pero manteniéndose un valor que impida el posible crecimiento microbiano. (Zhen Wu, 2009)

3.3.2 *Análisis del parámetro nitratos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 9-3.- Resultados de análisis del parámetro nitratos (mg/L)

NITRATOS	Límite máximo permisible 50 mg/L					NORMATIVA NTE INEN 1108: 2014	
	MUESTRAS					CUMPLE	
	M1	M2	M3	Me- dia	Desviación Estándar	SI	NO
V1	1,4	1,3	1,3	1,33	0,00	✓	
TC1	1,5	1,5	1,7	1,57	0,12	✓	
V2	2	1,7	1,9	1,87	0,15	✓	
TC2	1,4	1,3	1,4	1,37	0,06	✓	
V3	2,3	2,4	2,3	2,30	1,33	✓	
TC3	2,4	2,4	2,3	2,37	0,06	✓	
TR	1,5	1,7	1,5	1,57	0,12	✓	
GQ1	0,4	0,3	0,5	0,40	0,10	✓	
GQ2	0,6	0,8	0,6	0,67	0,12	✓	
GQ3	0,7	0,6	0,6	0,63	0,06	✓	
CQ4	1,4	1,5	1,5	1,47	0,06	✓	
GQ4	1	1,1	0,9	1,00	0,10	✓	
CQ5	1,2	1	1,3	1,17	0,15	✓	
GQ5	1,2	1,1	1,1	1,13	0,06	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

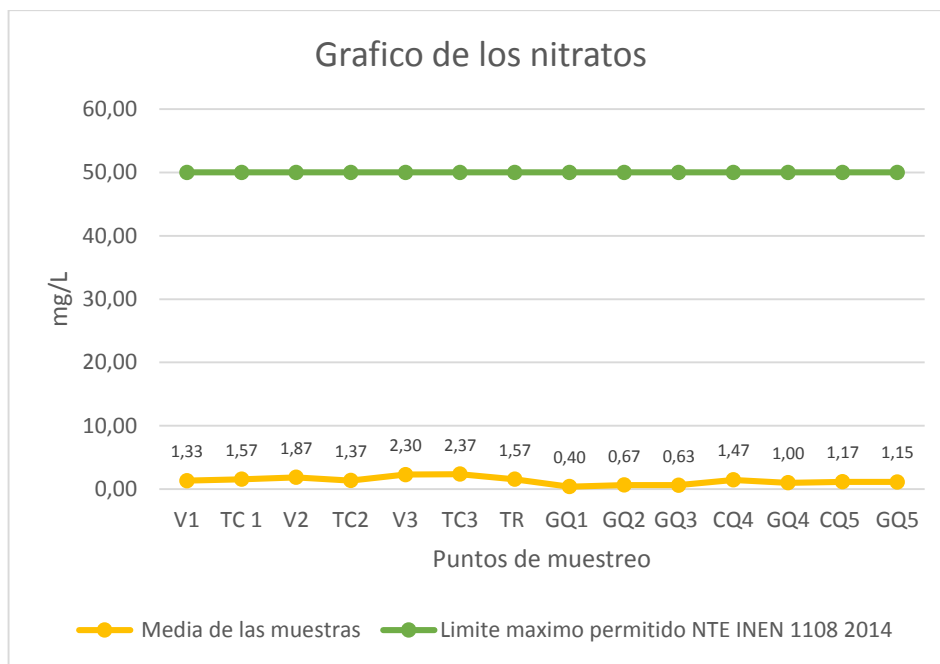


Gráfico 7-3.- Dispersión lineal del parámetro nitratos

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

La tabla y el gráfico 9-3 indican los resultados obtenidos del agua proveniente de las fuentes, tanque de almacenamiento y las redes de distribución permanecen dentro del límite permitido por la NORMA INEN 1108: 2014, para el agua potable. (Límite máximo permitido 50 mg/L).

El artículo sobre parámetros y características de las aguas naturales, indica que los nitratos pueden estar presentes en las aguas subterráneas bien como resultado de la disolución de rocas que los contengan, lo que ocurre raramente, o por la oxidación bacteriana de materia orgánica. Su concentración en aguas subterráneas no contaminadas raramente excede de 10 mg/L. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas. (Rocha, 2010)

En este caso el agua para consumo humano de la parroquia presenta niveles de nitratos inferiores a la normativa y se corrobora con los valores obtenidos, por ello cumple con el parámetro de nitratos. Esto también se debe a que vertientes no se encuentran alejadas a tierras utilizadas para la agricultura, no existe contaminación por dicho parámetro.

En el estudio realizado en la parroquia de San Luis por Tierra (2015) obtuvo un valor de 0,024 mg/ L, este valor es bajo probablemente a que existe menor exposición a lugares agrícolas.

3.3.3 *Análisis del parámetro nitritos según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 10-3.- Resultados de análisis del parámetro nitritos (mg/L)

NITRITOS	Límite máximo permisible (3,0 mg/L)					NORMATIVA NTE INEN 1108:2006	
	MUESTRAS					CUMPLE	
Punto de muestreo	M1	M2	M3	Media	Desviación Es-tándar	SI	NO
V1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
TC1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
V2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
TC2	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	✓	
V3	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	✓	
TC3	0,30	0,25	0,29	0,28	0,03	✓	
TR	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	✓	
GQ1	0,10	0,10	0,11	0,10	0,00	✓	
GQ2	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	✓	
GQ3	0,010	0,011	0,01	0,01	0,01	✓	
CQ4	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
GQ4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
CQ5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	✓	
GQ5	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

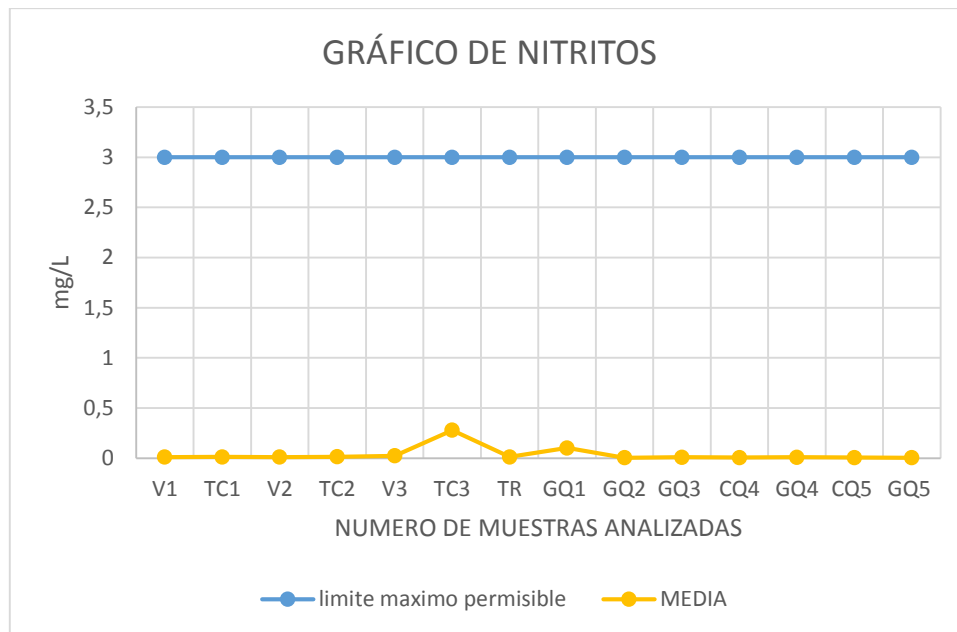


Gráfico 8-3.- Dispersión lineal del parámetro nitritos

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

En la tabla y gráfico 10-3, se observa que el valor promedio de nitritos es de 0,034 mg/L. Los resultados de nitritos obtenidos del agua proveniente de las vertientes, tanque de almacenamiento y las redes de distribución permanecen dentro de los límites permitidos por la NTE INEN 1108: 2014, para el agua potable. (Límite máximo permitido 3,0 mg/L).

Los resultados obtenidos son apropiados, debido a que, al obtener valores dentro de la normativa, señala que el agua se encuentra libre de contaminantes por nitritos, y al no presentar resultados por encima del límite, se puede expresar que el agua para consumo humano de la parroquia Qui-miag, cumple con el parámetro de nitritos.

En el artículo de Ingeniería de, indican que la presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales. En aguas subterráneas su concentración se ha incrementado como resultado de la lixiviación de los fertilizantes que emplean nitrato de amonio. (Rocha, 2010)

En el informe técnico de la calidad del agua de consumo humano en España, realizada por Palau y Guevara, mencionan que el nitrito puede aparecer en la red de distribución cuando la desinfección es por cloraminación y la formación de cloraminas no está suficientemente controlada. Su

presencia en el agua debe considerarse como un indicio fundado de una posible contaminación reciente y tal vez de la no potabilidad del agua debido a la toxicidad de este ión. (Palau, 2011)

Durante los muestreos realizados en esta investigación, se evidencio que el sector donde están ubicadas las vertientes no existe producción agrícola, por lo que no podría darse una posible, debido a que los valores obtenidos se encuentran por debajo de la normativa.

3.3.4 *Análisis del parámetro fluoruros según muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 11-3.- Resultados de análisis del parámetro flúor (mg/L)

FLUORUROS	Límite máximo permisible (1,5 mg/L)					NORMATIVA NTE INEN 1108:2014	
	MUESTRAS					CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media	Desviación Estándar	SI	NO
V1	0,2	0,19	0,16	0,17	0,00	✓	
TC1	0,6	0,61	0,54	0,58	0,04	✓	
V2	0,4	0,47	0,43	0,44	0,03	✓	
TC2	0,3	0,26	0,2	0,24	0,03	✓	
V3	0,6	0,59	0,6	0,58	0,33	✓	
TC3	0,6	0,6	0,6	0,60	0,01	✓	
TR	0,6	0,54	0,56	0,55	0,01	✓	
GQ1	0	0	0	0,00	0,00	✓	
GQ2	0	0	0	0,00	0,00	✓	
GQ3	0,00	0,00	0	0,00	0,00	✓	
CQ4	0	0	0	0,00	0,00	✓	
GQ4	0	0	0	0,00	0,00	✓	
CQ5	0	0,005	0,008	0,01	0,00	✓	
GQ5	0	0,004	0,006	0,00	0,00	✓	

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

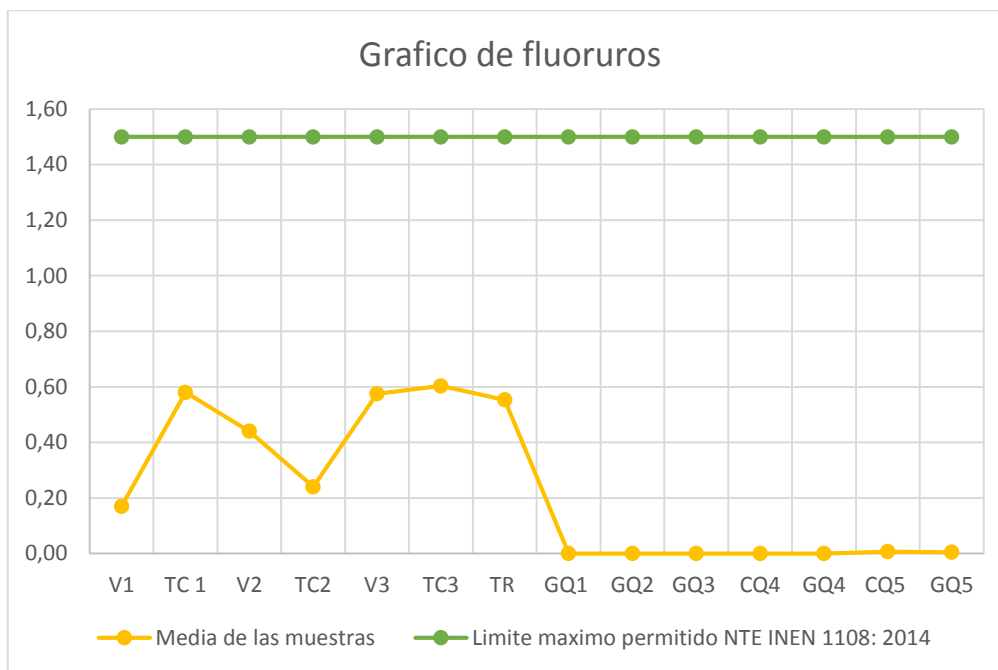


Gráfico 9-3.- Dispersión lineal del parámetro fluoruros

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

En la tabla y figura 11-3, se observa el valor promedio de fluoruro 0,20 mg/L. Los resultados de fluoruro obtenidos del agua proveniente de las vertientes, tanque de almacenamiento y las redes de distribución se encuentran dentro de los límites permitidos por la NTE INEN 1108: 2014, para agua potable. (Límite máximo permitido 1,5 mg/L).

Los resultados obtenidos son adecuados, debido a que se obtiene valores dentro de la normativa, lo cual indica que el agua se encuentra libre de contaminantes por esta sustancia, por ello se puede decir que el agua para consumo humano de la parroquia Quimiag, cumple con el parámetro de fluoruro.

Palau y Guevara, en el informe técnico de la calidad del agua de consumo humano en España, manifiestan que la mayor parte de los fluoruros son de baja solubilidad, por ello la concentración de fluoruros en aguas naturales es normalmente baja por lo general menor de 1 mg/L en aguas superficiales, siendo mucho mayor en zonas volcánicas ricas en rocas fluoradas, y en algunas aguas minerales. (Palau, 2011)

En la investigación realizada en el Cantón Ambato, parroquia Totoras por Landa (2016) obtuvo valores fuera del nivel establecido en la normativa, su presencia en el agua se debe principalmente

a la infiltración y disolución de este elemento del suelo y rocas que lo contienen, este es un problema para la salud de la población ya que el flúor en exceso es la causa de fluorosis dental, fluorosis esquelética y osteoporosis corroborando así el estudio realizado en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de odontología, se estableció un 4% de niños presentan fluorosis cuestionable, 19% fluorosis muy leve, 21% fluorosis leve, 37% fluorosis moderada, 16% fluorosis severa, debido a una severa exposición a fluoruros a través del agua para consumo humano, ya que es la causante de fluorosis dental. (Landa, 2016)

3.4 Análisis de parámetros microbiológicos para Coliformes totales y fecales

3.4.1 Análisis de coliformes fecales mediante el método NMP de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag

Tabla 12-3.- Resultados de Coliformes fecales por el método NMP

	MUESTRAS															Índice de NMP por cada 100mL	NORMATIVA	
	Límite máximo permisible NTE INEN 1108: 2014 NMP <1,1/100 mL)																	
	M1					M2					M3						CUMPLE	
	-1	-2	-3	-4	-5	-1	-2	-3	-4	-5	-1	-2	-3	-4	-5		SI	NO
V 1	+					+					+					1.1	✓	
T C1	+	+					+					+	+			2.6		✓
V 2	+					+					+					1.1	✓	
TC2		+	+				+	+				+	+			2.6		✓
V3	+					+					+					1.1	✓	
TC3	+	+				+	+				+	+				2.6		✓
TR	+	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		8		✓
GQ1	+	+		+		+		+	+			+	+	+		4.6		✓

GQ2		+	+	+			+	+				+	+	+		4.6		✓
GQ3		+		+		+		+				+		+		2.6		✓
CQ4	+		+		+		+		+		+	+	+		+	4.6		✓
GQ4		+	+		+		+		+	+	+		+	+		4.6		✓
CQ5	+		+			+			+				+		+	2.6		✓
GQ5	+		+	+		+	+	+			+		+	+		4.6		✓

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

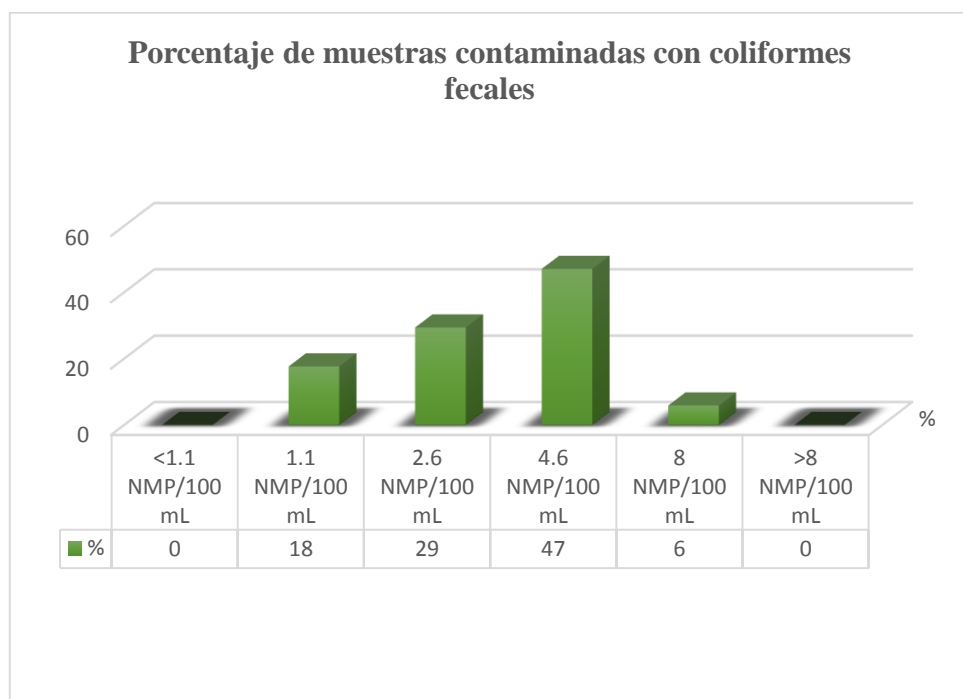


Gráfico 10-3.- Porcentaje de Coliformes fecales presentes en las muestras por el método NMP

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

Para el análisis de *Escherichia coli* que representa al grupo de coliformes fecales se utilizó el método del número más probable (NMP), donde los tubos de caldo verde bilis brillante dieron positivos, dando como resultado turbidez y producción de gas en la campana de Durham. Para la confirmación de las pruebas positivas en el NMP se sembró en agar Eosina Azul de Metileno, donde en las cajas Petri de los primeros dos puntos de muestreo dio como resultado el crecimiento de colonias pequeñas con un color verde metálico.

Posteriormente se realizó la prueba de Tinción Gram tomando una colonia representativa de cada punto de muestreo, al leer cada placa en el microscopio se observó bacilos Gram negativo comprobando la presencia de *E.coli*.

En el grafico 12-3 indica que el 100% de las muestras de agua tienen un crecimiento, teniendo un mayor crecimiento mayor en el tanque de almacenamiento y distribución con 8 NMP /100mL lo que nos indica que el agua de consumo humano de la parroquia Quimiag se encuentra con evidente contaminación fecal, posiblemente se deba a el arrastre de heces animales , más aun en época lluviosa donde las precipitaciones elevan el riesgo de contaminación, porque se usa como abono orgánico para los cultivos cercanos a las vertientes de agua, a la mala captación, cabe recalcar que los tanques no se encuentran sellados herméticamente lo que facilita la entrada de insectos y residuos que contaminan fácilmente el agua, además los tanques no se encuentran sellados herméticamente lo que facilita la entrada de insectos y residuos que contaminan fácilmente el agua. (Yubaille, 2017)

3.4.2 *Análisis de Coliformes Fecales y Totales mediante el método Petrifilm 3M de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag*

Tabla 13-3.- Resultados de análisis microbiológico para Coliformes fecales y totales por el método Petrifilm.

	COLIFORMES FECALES Media	COLIFORMES TOTALES Media
Normativa	NTE INEN 1108: 2014. Quinta revisión	Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994
Límite máximo permitido	< 1 UFC/100mL	2 UFC/ 100 MI
V1	0	0
TC1	2	3
V2	0	0
TC2	4	9
V3	0	0
TC3	2	3
TR	6	11
GQ1	8	13
GQ2	10	15
GQ3	10	18
CQ4	12	23
GQ4	11	21
CQ5	10	22
GQ5	9	15

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

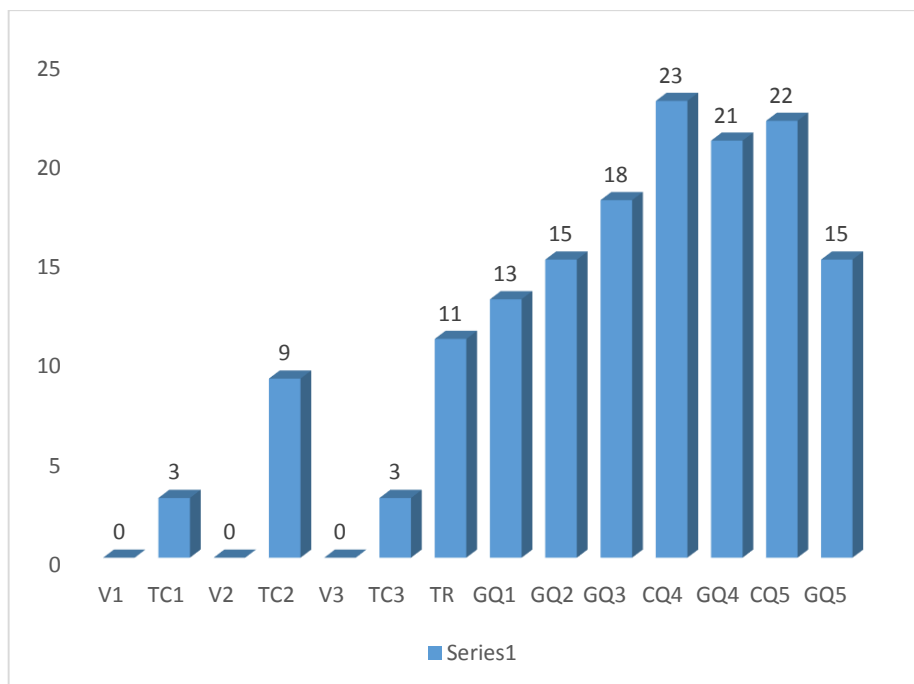


Gráfico 11-3.- Grafico de Coliformes totales por el método Petrifilm.

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

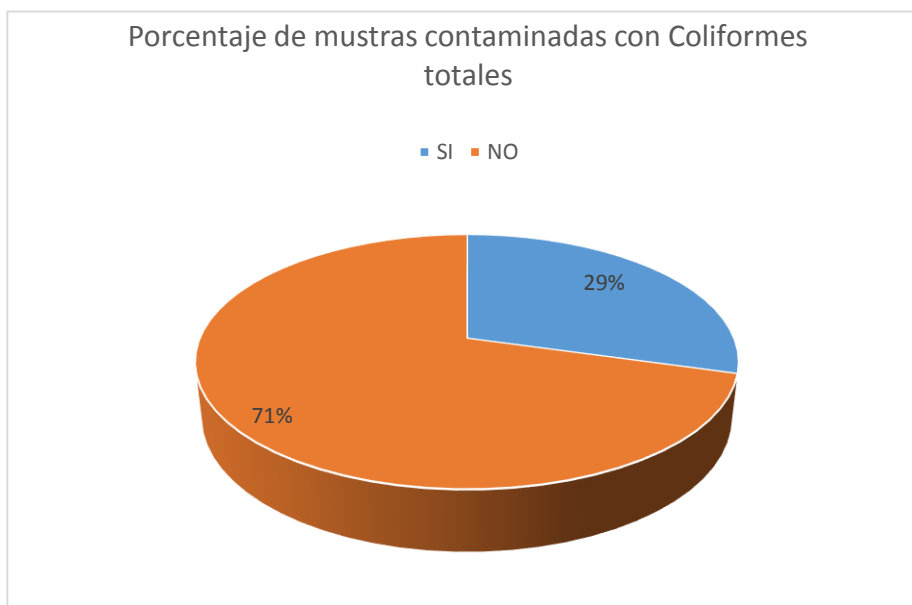


Gráfico 12-3.- Porcentaje de cumplimiento de Coliformes totales por el método Petri-film TM

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

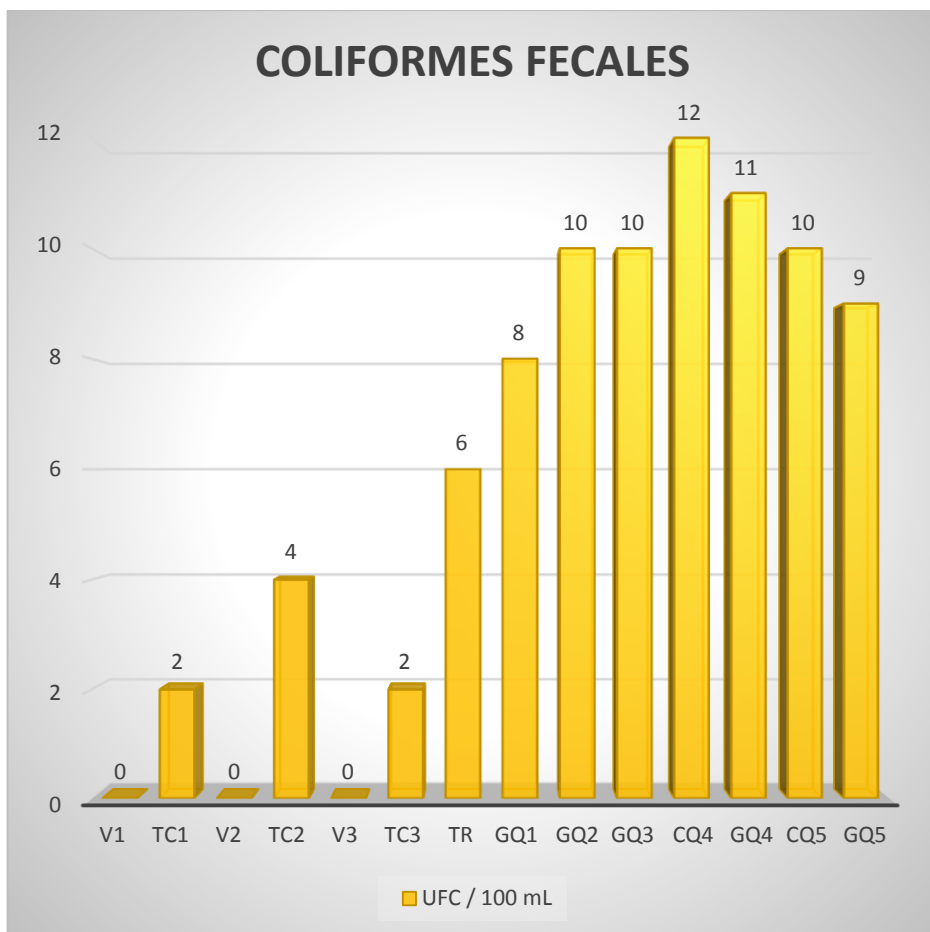


Gráfico N° 13-3.- Coliformes fecales por el método Petri film 3M

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

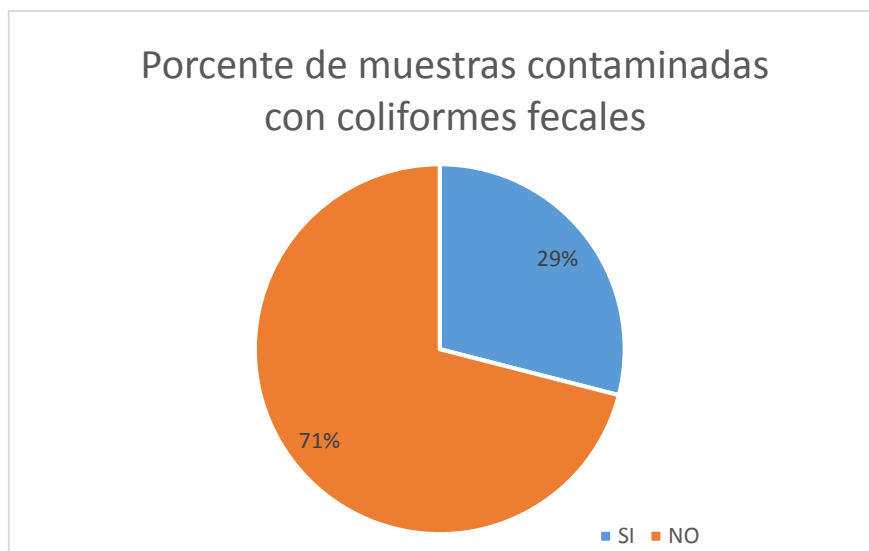


Gráfico 14-3.- Porcentaje de cumplimiento de Coliformes fecales por el método Petrifilm TM

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

La tabla 13-3 nos indica los resultados obtenidos del conteo para coliformes totales de las 42 muestras analizadas en los 14 puntos de muestreo mediante la técnica de las placas Petrifilm TM. Los resultados de coliformes fecales y totales obtenidos, del agua proveniente de las fuentes, tanque de almacenamiento y las redes de distribución se encuentran fuera de los límites permitidos por la NTE INEN 1108-2014 para agua potable. (Límite máximo permitido < 1 UFC / 100 mL).

En el gráfico 14-3 y 16-3, se observa que los valores de coliformes totales y fecales, se encuentran por encima del límite permitido, desde los tanques de captación hasta las redes de distribución. Por ello se puede decir que existe contaminación microbiológica, originada en los tanques de captación, las cuales son propensas a este tipo de contaminación por la ubicación y la inadecuada protección de las mismas.

En el informe técnico de la calidad del agua de consumo humano en España, los autores indican que las bacterias coliformes, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, y si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior. La calidad de agua se deteriora por el arrastre del suelo, que impactan sobre su calidad bacteriológica. (Palau, 2011)

Con respecto a las redes domiciliarias de las queseras es evidente que el tratamiento de desinfección no es el adecuado, lo cual se demuestra al existir contaminación en las mismas cisternas donde se realiza la desinfección, donde el agua debería ser potable para el uso en estos establecimientos, de igual manera sucede en el estudio realizado por (Ortiz Silva, 2016) en Ambato, en donde no existe presencia de Coliformes totales en las redes de distribución, incumpliendo únicamente en las vertientes.

En el estudio realizado por Landa (2016) en la parroquia Totoras cantón Ambato, no se evidenció la presencia de colonias de Coliformes fecales analizadas por el mismo método 3M Petrifilm TM probablemente se deba a la presencia de valores elevados de flúor que en 1000 ppm es bactericida, en 250 ppm es bacteriostático y en 10 ppm es antienzimático (Guzmán 2002), además el sistema de captación cuenta con una cubierta desde su vertiente y no se exponen a contaminación ambiental. (Landa, 2016)

En el estudio realizado por Petro en Colombia reveló que los coliformes totales variaron de 10 a 30 y el punto con mayor coliformes fecales fue 21, el problema radica en una deficiente desinfección y la presencia de excretas al aire libre cerca del cuerpo de agua natural. (Petro, 2014)

Determinando así que el agua de consumo humano de la parroquia Quimiag no cumple con los límites permisibles por la normativa NTE INEN 1108:2014, que da como referencia < 1 significa que no se observan colonias, este recuento elevado de colonias se puede deber a la presencia heces de animales de pastoreo, y heces humanas cerca de tanques de captación y reservorio, que es arrastrada por los factores climáticos como la lluvia.

3.5 Resultado del análisis parasitológico

3.5.1 Análisis de parásitos de las muestras analizadas del agua de la parroquia Quimiag

Tabla 14-3.- Resultados de parásitos analizados por el método de centrifugación y flotación de las muestras.

	<i>E. Coli</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia lamblia</i>	OTROS PARASITOS
V1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
TC1	ausencia	Ausencia	Presencia	Hifas de Hongos, <i>Trichuris parvum</i>
V2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
TC2	Presencia	Ausencia	Presencia	Hifas de hongos, paramecio
V3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<i>Entoameba histolytica</i> hongos,
TC3	Presencia	Ausencia	Presencia	hongos, paramecio
TR	Presencia	Ausencia	Presencia	<i>Entoameba histolytica</i> hongos, <i>Trichuris trichuria</i> , Paramecio
GQ1	Presencia	Ausencia	Presencia	Paramecio
GQ2	Presencia	Ausencia	Presencia	<i>Entoameba histolytica</i> , Paramecio
GQ3	Presencia	Ausencia	Presencia	Paramecio
CQ4	Presencia	Ausencia	presencia	<i>Entoameba histolytica</i> Paramecio

				Hifas de Hongos
GQ4	Presencia	Ausencia	Presencia	<i>Entoameba histolytica</i>
CQ5	Ausencia	Ausencia	Presencia	<i>Entoameba histolytica</i> , Paramecio Hongos
GQ5	ausencia	Ausencia	Presencia	<i>Entoameba histolytica</i>

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

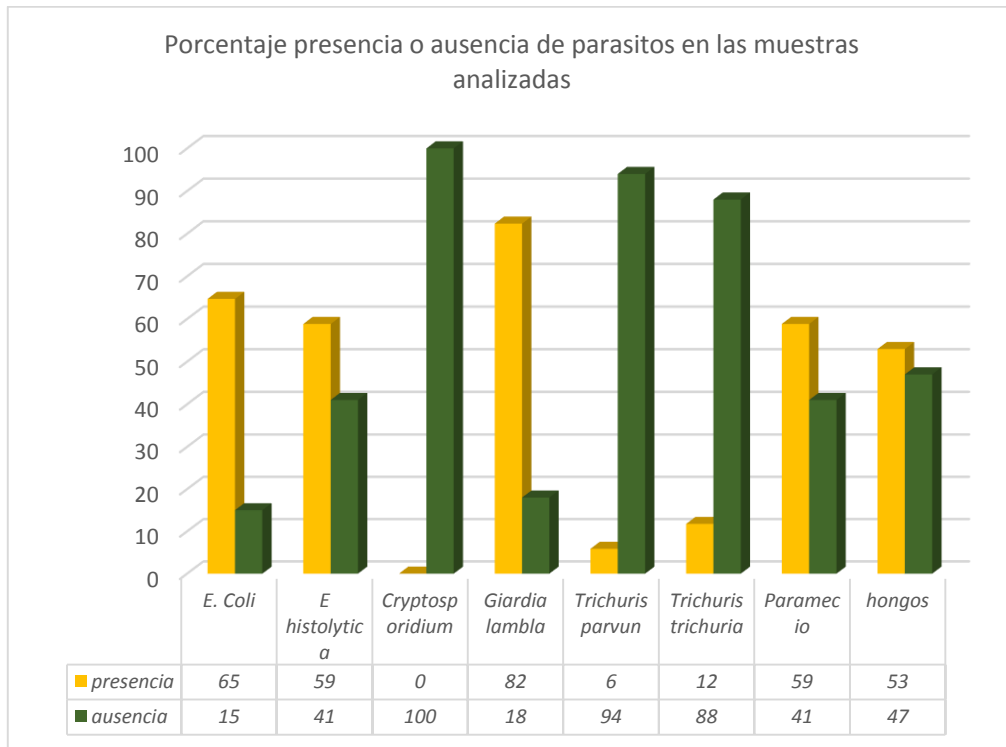


Gráfico 15-3.- Porcentaje de ausencia y presencia d parásitos en muestras analizadas en la parroquia Quimiag.

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

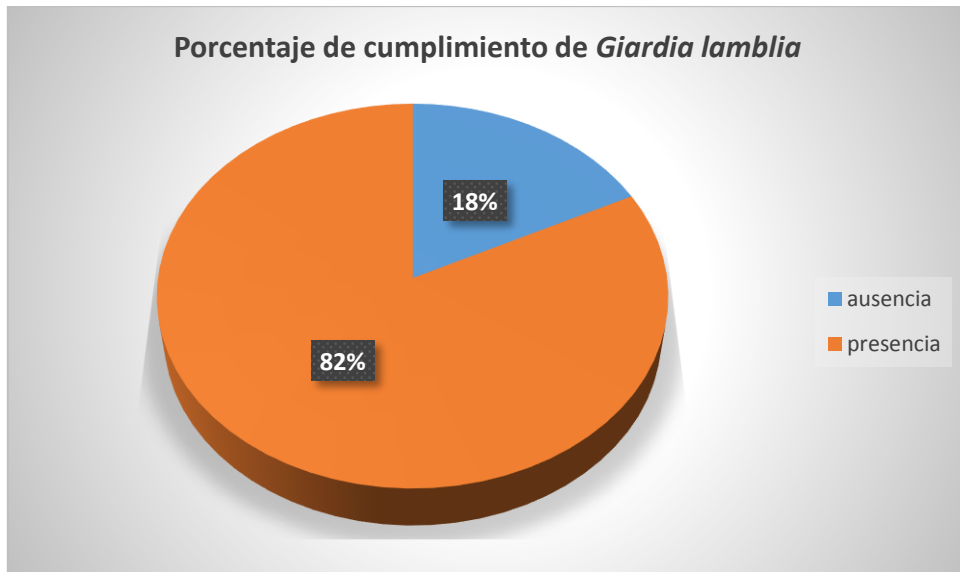


Gráfico 16-3.- Porcentaje de cumplimiento de *Giardia lamblia*

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

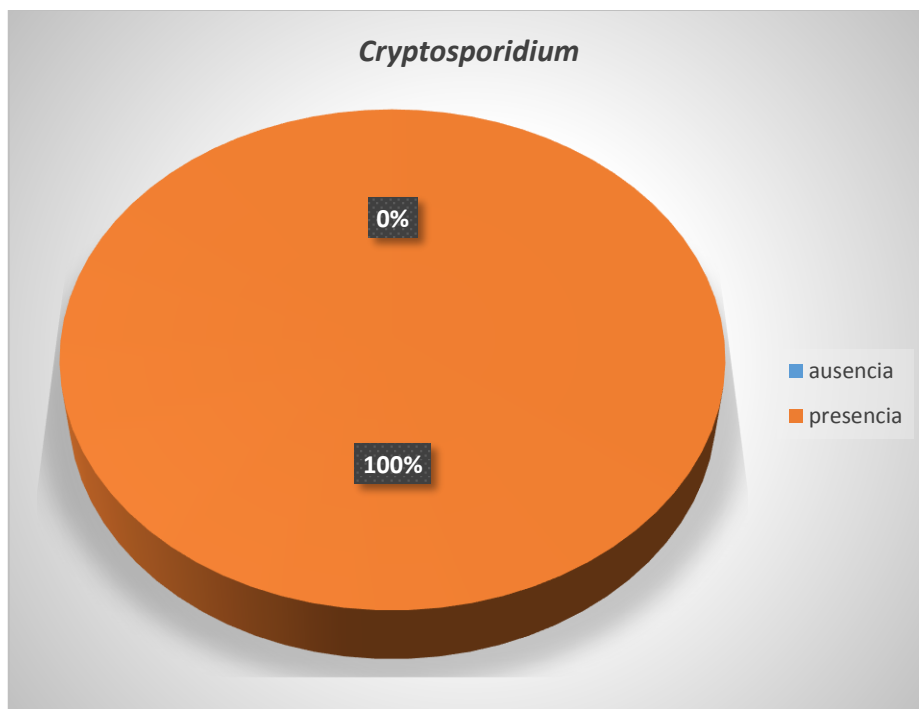


Gráfico 17-3.- Porcentaje de cumplimiento de *Cryptosporidium parvum* en muestras analizadas en la parroquia Quimiag.

Realizado por: CARRILLO, L. 2018

La tabla 14-3 y gráfica 17-3 refleja los resultados obtenidos del análisis de las muestras mediante los métodos de flotación y centrifugación, donde se observa microorganismos como *Entamoeba coli*, *Entamoeba histológica*, *Giardia lamblia*, *Trichuris trichuria*, *Trichuris parvum* microorganismos que se han observado a pesar que en la Norma no los establezca como un requisito de calidad, es importante mencionarlos ya que esta agua es utilizada indirectamente en la elaboración de quesos.

Según el gráfico 18-3 se evidencia que en el 82 % de las muestras existe la presencia de *Giardia lamblia* incumpliendo con lo que se determina en la norma NTE INEN 1108: 2014 Quinta revisión que establece una ausencia total de este parásito, es muy importante tomar en cuenta este resultado, ya que este parásito puede causar una Giardiasis grave sobre todo en niños, además que este parásito es resistente al tratamiento físico-químico del agua, constituyendo un riesgo para las personas que utilizan estas fuentes.

Con respecto al cumplimiento de *Cryptosporidium parvum* gráfico 3-19 el 100% de las muestras cumple con lo establecido en la Normativa NTE INEN 1108: 2014 En un estudio realizado en Venezuela (A. Guillen et al., 2013) se determinó protozoarios patógenos y comensales en 90% de las muestras provenientes de las viviendas. En las muestras del pozo profundo se evidenciaron quistes de *Giardia intestinalis*, *Entamoeba coli* y *Endolimax nana* debido a la deficiente desinfección del agua del pozo de la comunidad.

CONCLUSIONES

- Se seleccionó catorce puntos de muestro, correspondiente a tres vertientes, tres tanques de captación ubicados en las quebradas de Paquisha, Sananquillay, Guntus; tanque de almacenamiento, y cinco domicilios donde se encuentran ubicados las queseras artesanales en la parroquia Químiag, se realizó el muestreo según la normativa NTE INEN 2176:1998, NTE INEN 1105: 1983 y NTE INEN 2169:1998.
- Luego de efectuar el análisis de los parámetros físicos se determinó que cumple con el límite establecido por la normativa NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, ya que para el parámetro color (15 unidades de color aparente PtCo) el valor más elevado de la media fue 13,5 PtCo que corresponde al TC3; conductividad (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ OMS 1995) el resultado más alto fue 281,3 que corresponde a V2; sólidos totales (1000 mg/L NTE INEN 1108 2006) el resultado más alto fue 138 mg/L correspondiente a TC1 y turbiedad (5 NTU) el resultado más alto fue 3,2 NTU que corresponde a TC3, con lo que se evidencia que los parámetros analizados cumplen con lo establecido en las normativas ya que los resultados se encuentran dentro del límite máximo permisible.
- Una vez analizados los parámetros químicos como nitratos (50 mg/L) el resultado más alto fue 2,37 mg/L correspondiente a TC3, nitritos (3,0 mg/L) su valor más alto fue 0,28 mg/L correspondiente a TC3 y fluoruros (1,5 mg/L) el valor más alto fue 0,60 mg/L correspondiente a TC3, se establece que todas las muestras se encuentran dentro del límite permitido por la norma NTE INEN 1108:2014.
- En cuanto a la calidad microbiológica, se evidencio que la carga de Coliformes totales y *E. coli*, supera el límite permitido <1.1 por NMP o <1 por el método Filtración de membrana por la NTE INEN 1108:2014, desde los tanques de captación de las vertientes hasta las redes de distribución, esto puede deberse a la falta de saneamiento desde el origen que son las vertientes.
- Se elaboró un análisis parasitario para la determinación de, *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* siguiendo el método, flotación y centrifugación respectivamente, donde se verificó la presencia de *Giardia lamblia* y ausencia de *Cryptosporidium spp* en todos los puntos de mues-

treo, incumpliendo con lo establecido en la norma NTE INNEN 1108:2014 que indica ausencia de estos parásitos, además se verificó que existe una serie de microorganismos como *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Trichuris trichiura*, *Trichuris parvum*, y otros microorganismos ciliados como el *paramecio*, aunque la normativa no los señale como requisitos es importante mencionarlos en este estudio.

- En la evaluación de la calidad del agua que abastece a las queseras y a toda la población de la parroquia Químiag se evidenció que este recurso cumple en parte con lo establecido en la normativa vigente NTE INNEN 1108: 2014 Agua Potable. Requisitos, ya que en lo referente a parámetro físico- químicos cumple con la normativa, mientras en los parámetros microbiológicos (coliformes) no cumple en los tanques de captación, tanque de almacenamiento y redes domiciliarias; posiblemente debido a la inadecuada infraestructura, ausencia de limpieza, presencia de animales de pastoreo y a una inadecuada y obsoleta red de distribución.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar todo el sistema de distribución de agua, ya que el agua se encuentra contaminada a nivel del sistema de abastecimiento, de ser posible embaldosar los tanques de captación para facilitar la limpieza, cambiar las tuberías debido a que ya tienen más de 40 años de uso y algunas se encuentran obsoletas con evidencia de fugas y filtraciones de agua que favorecen a su contaminación.
- Se recomienda cambiar las tapas de los tanques de captación y reserva de cada uno de los acuíferos ya que se encuentran oxidadas y no brindan las condiciones de seguridad e inocuidad.
- Realizar un mantenimiento continuo, y la limpieza de la red de distribución, porque se observó que los tanques de reserva se encuentran con tierra que se precipita hacia el fondo de los mismos, además proteger los tanques de almacenamiento y cisternas de la contaminación que es arrastrada por la lluvia.
- Mejorar el mantenimiento e infraestructura del tanque de almacenamiento, que abastece a la parroquia de Quimiag, estableciendo períodos de limpieza y desinfección del tanque, además limpiar y proteger su alrededor.
- Se recomienda realizar un tratamiento previo con hipoclorito de sodio al 5 o 10 % antes de consumirla y utilizarla en la producción de quesos.
- Se sugiere un estudio parasitológico en la población más vulnerable, en escuelas y colegios de la parroquia, para tomar acciones conjuntas con el Centro de Salud Pública.

BIBLIOGRAFIA

- Arguello, et.al.** Calidad microbiológica de los quesos artesanales elaborados en zonas rurales de Riobamba (Ecuador), *Revista Perspectiva*, 18, pp. 65–74.
- Agua y saneamiento argentinos s.a.** . [En línea]EL AGUA. *Distribucion Mundial* 2005. [Consulta el: 29 de diciembre del 2017.] Disponible en:
http://www.aysa.com.ar/index.php?id_contenido=323&id_seccion=0.
- Alarcon M, et.al.** Recuento de determinación de giardia spp. y cryptosporidium en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. Bogota : s.n., 2005.
- Análisis microbiológico** Tecnicas de microbiologia. *Biology*. Quinta. Colombia : s.n., 2014, pág. 17.
- APHA., AWWA., WPCF.** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales., 17. Madrid – España : Días de Santos, 1992, págs. 2-10; 18-19; 79-87; 88-90; 187-199; 229-235.
- Arcos Mireya, Navia Sara.** Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Cundinamarca : s.n., 2011. págs. 69-73.
- Biología manual.** *Número más probable.* Número más probable. México : s.n., 2014.
- Britania.** Caldo Verde Bilis Brillante. [En línea] Colombia. 2012. [Consulta el: 29 de diciembre del 2017.] Disponible en:
<http://www.britanialab.com/productos/B02107%20REV%2001VERDE%20BRILLANTE%20BILIS%202%25%20CALDO.pdf>.
- Brito, Dinora et.al.** Análisis físico-químico y microbiológico de la Laguna Grande, parroquia La Pica, Maturín - estado Monagas, Venezuela. [En línea] 2016. [Consulta el: 2017 – 12 - 15.] Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000300007&lang=pt.
- Cajamarca, Byron, y Contreras, Luis.** *Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón cuenca, a través de microorganismos indicadores.* (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Cuenca-Ecuador : s.n., 2011. pág. 67.
- Campoverde, Jahanina.** *Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del Cantón Cuenca.* (Tesis Maestría). Universidad de Cuenca, Facultad de Cienci. Cuenca-Ecuador : s.n., 2015. págs. 15-88.
- Carbajal, a y Gonzalez,m.** *"Propiedades y funciones biologicas del agua" Agua patrra la salud, pasado, presente y futuro.* España : s.n., 2012. págs. 63-77.

- Conagua.** Agua en el mundo. Mexico : s.n., 2011. págs. 113-126.
- CPML-N.** Manual De Buenas Practicas Operativas De Produccion Mas Limpia Para La Industria Lactea. Nicaragua : PROARCA/SIGMA, 2009.
- Cuello Marco.** Tinción Gram. [En línea] Tincion Gram. 2009. [Consulta el: 2017 - 01-15] Disponible en: <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/tincion-de-gram-13399>.
- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones.** [En línea]Perfil Sectorial de Lácteos y Cárnicos. [Consulta: 24 de marzo del 2018] Disponible en: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec_psi2016_lacteos.pdf.
- Echarri, Luis.** Agua de calidad para el consumo humano. [En línea] 2009. [Consulta el: 15 de enero de 2018.] Disponible Users/HP/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20del%20agua%2007.pd
- Ecured.** El agua y sus propiedades. *Quimica del agua.* 2017.
- Franson, Mary.** *Metodos Normalizados.* Madril-España : Ediciones Dias de Santo, 1992.
- Galvan, Vara.** *Importancia del agua.*: Alicante-España : Publicaciones UA.ES, 2009. Págs. 33-35.
- Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural Quimiag.** [En línea] Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015[Consulta el: 18 de 2 de 2018.] Http://app.sni.gob.ec/snlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660821990001_Diagnostico_24-06-2015_22-18-04.pdf.
- Guillen, C.** . “Evaluación Higiénico – Sanitaria De La Quesera Artesanal Cod.Q3 Ubicada En La Parroquia Químiag, Cantón Riobamba, Provincia De Chimborazo” . . [En línea] *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Facultad de Ciencias Escuela de Bioquimica y Farmacia* 2017. (Tesis)(Pregrado). Riobamba – Ecuador. pp 20-15. [Consulta el: 2018 - 01- 15] Diponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6792/1/56T00721.PDF>.
- Hermes Miguel, Hyagna Cabello, José Reye.** Campaña de cambio social para incrementar la conciencia ambiental sobre la contaminación de las aguas en el consejo popular N°.14, Puerto Padre. : Puerto Padre, 2013.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos.** [En línea] Datos Estadísticos Agropecuarios. [Consulta el: 2018 - 01- 15] Diponible en: http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac2011/INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf.
- Jaramillo, C.** Estudio de factibilidad para la creación de un nuevo producto en la línea de lácteos Empresa Toni S.S. [En línea]. (Tesis)(Pregrado). Riobamba – Ecuador. pp 20-15. 2015. [Consulta el: 15 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4840/1/T-UCSG-PRE-ECO-MD-ADM-35.pdf>.

- Kooper, G., et al.** Enfermedades Transmitidas por alimentos y su impacto socioeconomico. [En línea] 2009. [Consulta el: 15 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0480s.pdf>.
- Landa, S.** *Evaluación de la calidad físico químico y microbiológico de agua de consumo humano en la parroquia de totoras, cantón ambato, provincia de tungurahua.*”. (Tesis)(Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad De Ciencias. Ambato - Ecuador . 2016. pp. 25-66.
- Lazo, Maritza y Verdugo, Ligia.** *Evaluación de la eficiencia de los filtros durante el proceso de potabilización del agua mediante análisis físico y microbiológico en la planta de tratamiento Uchupucun de la ciudad de Azogues.* (Tesis)(pregrado) Cuenca, Ecuador ., 2015. pp. 24-32.
- Matute, Ximena, et al.** *Control físico-químico y microbiológico del agua según INEN 1108: 2006 de la junta de agua potable regional Cojitambo* (Tesis)(pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Cuenca-Ecuador. Cuenca-Ecuador : s.n., 2010. págs. 1-64.
- Mejia, Mario.** *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca. El Limón, San Jerónimo.* (Tesis)(pregrado). Universidad de Honduras. 2005. pp. 4-18;23-24;48.
- Ministerio del ambiente.** Ecuador. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua. [ed.] 1-37. 2015.
- Ministerio de salud.** Peru., Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. *Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima.* [En línea] 2011. [Consulta el: 16 de marzo del 2018.] <http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2010/DS031-2010-SA.pdf>.
- MSP.** Gaceta epidemiológica semanal [en. [En línea] [Consulta el: 2017 - 12 - 15.] Disponible en: <http://instituciones.msp.gob.ec/dps/snem/images/gaceta2.pdf>.
- NTE INEN 1108: 2014.** *Agua Potable. Requisitos.* Quito – Ecuador. , [Consulta el: 2017-12-16]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1105.1998.pdf>.
- NTE INEN 2169,** 1998. Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservacion de muestras [En línea][Consulta el: 2017-12-16].Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>. NTE
- NTE INEN 1105, 1983.** Aguas. Muestreo para examen microbiológico. [en línea]. 1998. [Consulta el: 2017-12-16]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1105.1998.pdf>.

- NTE INEN 2176. 1998.** *Agua. calidad de agua. Muestreo. Tecnicas de muestreo.* [En línea] 1998. [Consultado el: 2017-12-28.] Disponible en: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2176.pdf>.
- OMS.** Enfermedades alimenticias. [En línea] 2015. [Consultado el: 15 de agosto de 2017.] Disponible en: [http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/..](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/)
- Ortiz Silva, J. P.** "Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la junta administradora de agua potable de la parroquia Quisapincha, cantón Ambato, provincia Tungurahua. (Tesis)(Pregrado). Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. [Consultado el: 2017-12-30.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4952>.
- ONUID.** Introducción a la producción más limpia. *ONUID- Manual de producción más limpia.* 2006. pág. 29.
- Orellana, J.** Agua potable. *Características del agua potable.* [En línea] 2005. [Consultado el: 2017-12-30.] Disponible en: www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf.
- OMS** (2006) 'Guidelines for Drinking-water Quality', [En línea] *Atención Primaria*, Consulta el: 2018-04-12]. Disponible en: http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao_e_evoluo.pdf?sequence=1.
- OMS.** Agua. Enfermedades. [En línea] [Consulta el: 2018-04-21] Disponible en: <http://www.who.int/topics/water/es/>.
- Ortiz Mayorga, Laura Cecilia.** "Análisis físico, químico y microbiológico del sistema de agua de la junta administradora de agua potable y alcantarillado Regional Yanahurco antes y después del tratamiento convencional". Tesis Posgrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Biotecnología Ambiental. Riobamba - Ecuador, 2015. pp. 15-50.
- Palau, Esperanza y Guevara, Margarita.** . Calidad del agua de consumo humano en España. España : s.n., 2011. pág. 151.
- Pascal, Kosuth.** Recursos Naturales. *El agua.* [En línea] 2012. [Consulta el: 2018-04-21] Disponible en: <http://www.agropolis.org/es/pdf/dossier-agua/agua-recurso-natural.pdf>..
- Petro, A.** *Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Turbaco-Bolívar, Caribe Colombiano.* (Tesis)(Pregrado). Universidad tecnológica de Bolívar, Facultad de ingeniería, Programa de ingeniería ambiental. Colombia 2014, 2014. págs. 7-89.

- Probiotek.** Eosina Azul de Metileno.[En línea] *Santiago-Chile* . 2012. [Consulta el: 2018-04-21]. Disponible en: <http://www.probiotek.com/producto/agar-con-eosina-y-azul-de-metileno-emb/>.
- Pua, Andrea** Caracterización del consumo de agua de la planta de lácteos, Zamorano.. [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad de Zamorano. Carrera De Desarrollo Socioeconomico y Ambiente [Consulta el: 2018-04-21]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/551/1/IAD-2010-T022.pdf>.
- Pulles, Robert.** Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Cuba. Cuba Departamento de Microbiología. Dirección de Medio Ambiente. Centro Nacional de Investigaciones Científicas : CENIC. Ciencias Biológicas, 2014. Vol. 45, págs. 25 - 36.
- Ramos, Raudel.** *El agua en el medio ambiente muestreo y analisis.* fRancisco Villalobos. Mexico : s.n., 2003.
- Reascos, Blanca y YAR, Brenda.** *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas.* (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela d. Ibarra : s.n., 2010. págs. 25-155.
- Rocha, Edmundo.** *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas.* Departamento editorial de la UACH, 2010.
- Rojas, Ricardo.** *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano.* Lima-Peru : OPS/CEPIS/PUB., 2002. págs. 88-112. Vol. 2 n° 79.
- Romero, Jorge.** *Calidad del agua.* Tercera. Bogota- Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999. págs. 31-32.
- Sánchez, Jair et.al.** Diagnóstico de la calidad sanitaria en las queserías artesanales del municipio de Zacazonapan , Estado de México. [En línea] 2016. [Consultado el: 2018-05-23]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21149/spm.v58i4.8027>.
- Sanchez, Lina.** Agua Cruda. USA : s.n., 2014. pág. 126.
- Semanate, Leonela.** *Propuesta de un plan de producción más limpia (pml) para reducir el consumo de agua en la línea de producción de queso en la empresa de lácteos "el tambo" cantón cayambe.* (Tesis) (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana sede Quito Ingenierria Ambiental. 2017.pp. 3-25
- Sereviche C, et.al.,.** *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas.* [ed.] Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para eumed.net. Cadiz : Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. págs. 13-14; 14-16; 20-22; 23-25; 37-40.

- Sharoc Lugo.** Métodos de concentración de flotación. México. [En línea] 2012. [Consultado el: 2018-05-23.]. Disponible en: <http://sharon-parasitologia.blogspot.com/2011/09/metodo-de-concentracion-por-flotacion.html>..
- Associaton, american public health.** *Standard Methods for the examination of water and wastewater.* 2012. USA : APHA,AWWA WEF, 2012, Associaton, American Public Health.
- Tacuri, Jose y Veintimilla Oscar.** *Control microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel.* (Tesis) (Pregrado) Universidad de Cuenca. 2012.
- Tierra, Fabricio.** Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de San Luis, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. [En línea] (Tesis)(Pregrado) .Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia.2015. [Consulta el: 2018-05-25.]. Disponible en: www.dspace.esPOCH.edu.ec..
- Tores, Patricia et al.** *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua.* 2009. Vol. 8, 15, pp. 79-94.
- Verrey, J.** *Agua su calidad y tratamiento.* Departamento Federal de Mexico : s.n., Mexico.1968. pp. 1-8.
- Villacis, Andrea.** Evaluación higiénico-sanitaria de la quesera artesanal COD.Q6, ubicada en la parroquia Químiag, cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo”. . [En línea] Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias.Escuela de Bioquímica y Farmacia Riobamba – Ecuador. 2017. [Consulta el: 2016-05-24]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6932/1/56T00735.pdf>.
- Yubaille, D.** *Evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua de consumo humano de la parroquia punín cantón riobamba, provincia de chimborazo.*”. Tesis Pregrado.Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba- Ecuador., 2017. pp. 1-72.
- Zambrano, D. y Montesdeoca, C.** “La producción de leche en Ecuador y Chimborazo: nuevas oportunidades e implicaciones ambientales”. [En línea]. (Tesis)(Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 2016. [Consulta el: 2018-06-12]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3152/1/UNACH-FCP-ING-COM-2016-0027.pdf>
- Zhen Wu, Bi Yun.** *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Costa Rica Guanacaste.*(Tesis)(Pregrado).Universidad de Costa Rica. 2009.pp.1-67.

ANEXOS

Anexo A: NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
ICS: 13.060.20

10 Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	------------------------------------	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)* en su última edición.

Ministerio de salud Pública. **REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS** Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 ufc/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico-químicos.

4.1.7 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o ahuyentar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

4.1.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

4.1.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

4.1.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

4.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	—	no objetable
Sabor	—	no objetable
Inorgánicas		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual ^a	mg/l	0,3 a 1,5 ^b
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α ^c	Bq/l	0,5
Radiación total β ^{cc}	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

^a Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

^b Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁵U, ²³⁸U, ²⁴⁴Pu

^{cc} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹³²I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP	mg/l	0,0007
Benzo [a] pireno		
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0008
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrin	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
• Bromodiclorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

TABLA 6. Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

APÉNDICE Y
(Informativo)

Y.1 Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

Tabla Y.1

POBLACION	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MAS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MAS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011

Anexo B: NTE INEN 2169:1998 Agua. Calidad de agua .Muestro, Manejo y Conservación de Muestra



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 169:98

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.**

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND MAINTENANCE OF SAMPLES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.06-202
CODU: 614.777.620.113
CIU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	<p style="text-align: center;">AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS.</p>	NTE INEN 2 169:98 1998-11
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar muestras de agua y describe las técnicas de conservación más usadas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo y durante el análisis. La naturaleza y el rango de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.</p> <p>3.2 Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación.</p> <p>3.3 Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio. b) Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfatos, etc. c) Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio $Al(OH)_3$, fosfato de magnesio $Mg_3(PO_4)_2$; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cianuro, mercurio). d) El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc. pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire. e) Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra. f) Los productos polimerizados pueden despolimerizarse; lo contrario los compuestos simples pueden polimerizarse. <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		
<hr/> <small>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.</small>		

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS.	NTE INEN 2 189:98 1998-11
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar muestras de agua y describe las técnicas de conservación más usadas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo y durante el análisis. La naturaleza y el rango de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.</p> <p>3.2 Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación.</p> <p>3.3 Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio. b) Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfatos, etc. c) Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio $[Al(OH)_3]$, fosfato de magnesio $[Mg_3(PO_4)_2]$; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cianuro, mercurio). d) El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc. pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire. e) Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra. f) Los productos polimerizados pueden despolimerizarse; lo contrario los compuestos simples pueden polimerizarse. <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		
<hr/> <small>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.</small>		

3.14.2.1 La tabla 1 es una guía general para la conservación de muestras. La naturaleza de las aguas naturales y de las aguas residuales necesitan, antes del análisis, un tratamiento de acuerdo a lo establecido en ésta tabla.

3.14.2.2 La tabla 2 da una guía de los parámetros que se pueden analizar utilizando un mismo método de conservación o preservación. Los parámetros no enlistados en ésta tabla, normalmente no se conservan o preservan utilizando estos métodos.

3.14.2.3 La tabla 3 indica los métodos adecuados para la conservación de las muestras destinadas al análisis microbiológico.

3.14.2.4 La tabla 4 proporciona métodos adecuados para la preservación de los grupos de vegetales y animales más estudiados. Los parámetros biológicos a ser determinados son numerosos y varias veces varían de una especie biológica a otra. Por ésta razón es imposible detallar una lista completa de todas las precauciones que se deben tomar para preservar la muestra.

3.14.2.5 La tabla 5 indica los métodos adecuados para la preservación de las muestras destinadas al análisis de radio químicos.

3.14.3 Esta norma indica los métodos de análisis a ser ejecutados, y cuando es posible los métodos de preservación recomendados para ese análisis.

3.14.4 Además, dado que puede existir incompatibilidad entre el análisis a ser realizado y los varios tipos de preservantes y recipientes posibles, es necesario tomar varias muestras de la misma agua y tratar, a cada una de ellas, en relación al análisis para el cual fueron tomadas. La elección del procedimiento de preservación debe estar sujeto a la consulta con el analista.

4. MANEJO Y CONSERVACIÓN

4.1 El uso de recipientes apropiados

4.1.1 Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

4.1.2 El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- b) absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- c) reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).

4.1.3 El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.

4.1.4 Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

(Continúa)

4.1.5 Las precauciones son necesarias en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento, contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados.

4.1.6 Las muestras blanco de agua destilada deben tomarse, conservarse y analizarse como un control de la elección del recipiente y del proceso de lavado.

4.1.7 Cuando las muestras son sólidas o semisólidas, se deben usar jarras o botellas de boca ancha.

4.2 Preparación de recipientes

4.2.1 Recipientes de muestras para análisis químicos

4.2.1.1 Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados.

4.2.1.2 El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada.

4.2.1.3 Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 mol/l de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada.

4.2.1.4 Para la determinación de fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes.

4.2.1.5 Para el análisis de trazas de materia orgánica puede ser necesario un pretratamiento especial de las botellas (ver 4.2.2).

4.2.2 Recipientes de muestras para determinación de pesticidas, herbicidas y sus residuos.

4.2.2.1 Se deben usar recipientes de vidrio (preferiblemente ámbar), debido a que los plásticos, excepto el politetrafluoroetileno (PTFE), pueden introducir interferencias que son significativas en el análisis de trazas.

4.2.2.2 Todos los recipientes, se deben lavar con agua y detergente, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada, secados en estufa a 105 °C por 2 h y enfriados antes de enjuagarlos con el disolvente de extracción que se usará en el análisis. Finalmente se deben secar con una corriente de aire purificado o de nitrógeno.

4.2.2.3 A los recipientes que han sido usados anteriormente, se debe realizar una extracción con acetona por 12 h seguido de un enjuague con hexano y de un secado como el descrito en el párrafo anterior.

4.2.3 Recipientes de muestras para análisis microbiológico.

4.2.3.1 Deben ser aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175 °C durante 1 h y no deben producir o realizar cambios químicos a esta temperatura que inhiban la actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento.

4.2.3.2 Cuando se usa la esterilización a bajas temperaturas (por ejemplo: esterilización con vapor) se pueden usar recipientes de policarbonato y de polipropileno resistente al calor. Las tapas y otros sistemas de cierre deben ser resistentes a la misma temperatura de esterilización.

(Continúa)

4.2.3.3 Los recipientes deben estar libres de ácidos, álcalis y compuestos tóxicos. Los recipientes de vidrio se deben lavar con agua y detergente seguido de un enjuague con agua destilada; luego deben ser enjuagados con ácido nítrico (HNO_3) 10% (v/v), seguido de un enjuague con agua destilada para remover cualquier residuo de metales pesados o de cromatos.

4.2.3.4 Si las muestras contienen cloro, se debe adicionar tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) antes de la esterilización de los recipientes (ver tabla 3). Con esto se elimina la inactivación de las bacterias debida al cloro.

4.3 Llenado del recipiente

4.3.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

4.3.2 En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

4.3.3 Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente (ver 4.4).

4.4 Refrigeración y congelación de las muestras

4.4.1 Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

4.4.2 La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

4.4.3 El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (ver tabla 1).

4.4.4 El congelamiento (-20°C) permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retomar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (cloruro de polivinilo). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento. *Las muestras para análisis microbiológico no se deben congelar.*

4.5 Filtración y centrifugación de muestras

4.5.1 La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis.

(Continúa)

4.5.2 El análisis puede involucrar la separación de las formas solubles o insolubles por filtración (por ejemplo: de un metal).

4.5.3 Las membranas se deben usar con cuidado ya que varios metales pesados y materia orgánica pueden ser adsorbidos en la superficie de la membrana, y los compuestos solubles de la membrana pueden ser extraídos por la muestra.

4.6 Adición de preservantes

4.6.1 Ciertos constituyentes físicos o químicos se estabilizan por la adición de compuestos químicos, directamente a la muestra luego de recolectada, o adicionando al recipiente cuando aún está vacío. Los compuestos químicos así como sus concentraciones son muy variados. Los compuestos químicos de más uso son:

- a) ácidos,
- b) soluciones básicas,
- c) biácidos y
- d) reactivos especiales, necesarios para la conservación específica de ciertos elementos (por ejemplo: para la determinación de oxígeno, cianuros totales y sulfitos se requiere de la fijación para los mismos en la muestra inmediatamente en el sitio de la recolección, ver tabla 1).

4.6.1.1 *Precaución* - Se debe evitar el uso de cloruro de mercurio (II) ($HgCl_2$) y de acetato-fenil mercurio (II) ($CH_3CO_2HgC_6H_5$).

4.6.2 Se debe recordar que ciertos preservantes (por ejemplo: los ácidos, el cloroformo) se deben usar con precaución, por el peligro que involucra su manejo. Los operadores deben ser advertidos de esos peligros y de las formas de protección.

4.6.3 Los preservantes usados no deben interferir en la determinación; en casos de duda se aconseja realizar una prueba para comprobar su compatibilidad. Cualquier dilución de la muestra por la adición de preservantes se debe tomar en cuenta durante el análisis y el cálculo de resultados.

4.6.4 Es preferible realizar la adición de preservantes usando soluciones concentradas de tal forma que sean necesarios volúmenes pequeños; esto permite que la dilución de las muestras por estas adiciones no sean tomadas en cuenta en la mayoría de los casos.

4.6.5 La adición de estos agentes, puede modificar también la naturaleza física o química de los elementos, por lo tanto es importante que esas modificaciones no sean incompatibles con los objetivos de la determinación, (por ejemplo: la acidificación puede solubilizar a los compuestos coloidales o a los sólidos, por esto, se debe usar con cuidado si la finalidad de las mediciones es la determinación de los elementos disueltos. Si el objeto del análisis es la determinación de la toxicidad para los animales acuáticos, se debe evitar la solubilización de ciertos elementos, particularmente de metales pesados que son tóxicos en su forma iónica. Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible).

4.6.6 Realizar un ensayo del blanco, cuando se determinan trazas de elementos, para evaluar la posible introducción de estos elementos en la adición de los preservantes; (por ejemplo: los ácidos pueden introducir cantidades significativas de mercurio, arsénico y plomo). En este caso se deben usar los mismos preservantes empleados en la muestra para preparar el ensayo del blanco.

4.7 Identificación de las muestras

4.7.1 Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

4.7.2 Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.).

4.7.3 Las muestras especiales con material anómalo, deben ser marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la anomalía observada. Las muestras que contienen material peligroso o potencialmente peligroso, por ejemplo ácidos, deben identificarse claramente como tales.

4.8 Transporte de las muestras

4.8.1 Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

4.8.2 El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.

4.8.3 Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.

4.8.4 Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

4.9 Recepción de las muestras en el laboratorio

4.9.1 Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.

4.9.2 Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros.

4.9.3 En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

Anexo C: NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.06-203
CDU: 614.777:620.113
CIIU: 42.420.4200

Ecuatoriana Opcional	CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.	2 176:1998 1998-08
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluidas y aguas residuales para su caracterización.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales.</p> <p>2.2 No se aplica a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para el propósito de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Muestra compuesta.</i> Es la formada por dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas, de la cual se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Las proporciones para la mezcla se basan en las mediciones del tiempo y el flujo.</p> <p>3.1.2 <i>Muestra instantánea, puntual, individual.</i> Es la muestra tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua).</p> <p>3.1.3 <i>Muestreador.</i> Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas.</p> <p>3.1.4 <i>Muestreo.</i> Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas.</p> <p style="text-align: center;">4. TIPOS DE MUESTRA</p> <p>4.1 Los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular son necesarios para indicar la calidad del agua.</p> <p>4.1.1 Ciertos parámetros, como las concentraciones de gases disueltos deben medirse "in situ", para obtener resultados exactos. Se debe tener en cuenta que los procesos para conservar la muestra se realizará en los casos específicos (ver NTE INEN 2 169).</p> <p>4.1.2 Se recomienda separar las muestras que van a ser usadas en los análisis químicos, microbiológicos y biológicos, debido a que el proceso y el equipo para la recolección y manejo de las muestras es diferente.</p> <p>4.1.3 Las técnicas de muestreo varían de acuerdo a situaciones específicas. Los diferentes tipos de muestreo son descritos en el capítulo 5.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales</p>		

4.1.4 Es necesario diferenciar el muestreo para agua estancada y el muestreo para agua corriente.

4.1.5 El muestreo puntual (4.2) y el muestreo compuesto (4.6) se aplican a aguas estancadas y corrientes, mientras que el muestreo en serie (4.5) es más adecuado para aguas estancadas.

4.2 Muestras puntuales

4.2.1 Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.

4.2.2 Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada. El muestreo automático equivale a una serie de muestras tomadas en un tiempo preestablecido o en base a los intervalos de flujo.

4.2.3 Se recomienda tomar muestras puntuales si: el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras.

4.2.4 La muestra puntual es adecuada para la investigación de una posible polución y en estudios para determinar su extensión o en el caso de recolección automática de muestra individual para determinar el momento del día cuando los poluentes están presentes. También se puede tomar muestras puntuales para establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad.

4.2.5 La toma de muestras puntuales se recomienda para la determinación de parámetros inestables como: la concentración de gases disueltos, cloro residual y sulfitos solubles.

4.3 Muestras periódicas.

4.3.1 Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos (dependientes del tiempo), estas muestras se toman usando un mecanismo cronometrado para iniciar y finalizar la recolección del agua durante un intervalo de tiempo específico. Un procedimiento común es bombear la muestra dentro de uno o más recipientes durante un período fijo, el volumen está determinado para cada recipiente (Ver nota 1).

4.3.2 Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del volumen), estas muestras son tomadas cuando el criterio de la calidad del agua y el volumen del efluente no están relacionados. Para cada unidad de volumen de flujo, se toma una muestra controlada independientemente del tiempo.

4.3.3 Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del flujo), estas muestras se toman cuando las variaciones en el criterio de calidad del agua y la variación del flujo del efluente no están relacionados. Se toman volúmenes diferentes de muestra a intervalos constantes de tiempo. El volumen depende del flujo.

4.4 Muestras continuas

4.4.1 Muestras continuas tomadas a flujos fijos, las muestras tomadas por esta técnica contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el período de muestreo.

NOTA 1 - El parámetro de estudio puede verse afectado durante el intervalo de tiempo.

(Continúa)

4.4.2 Muestras continuas tomadas a flujos variables, las muestras de flujo proporcional son representativas de la calidad del cuerpo de agua. Si el flujo y la composición varían, las muestras de flujo proporcional pueden variar, las muestras de flujo proporcional pueden revelar variaciones las cuales no pueden ser observadas con el uso de muestras puntuales, siempre que las muestras se mantengan individuales y que el número de muestras sea suficiente para diferenciar los cambios de composición. Por lo tanto, este es el método más preciso para el muestreo de agua corriente, aún cuando el rango de flujo y la concentración de polutantes varíen significativamente.

4.5 Muestras en serie

4.5.1 Muestras para establecer perfiles en profundidad, es una serie de muestras de agua tomadas a varias profundidades en el cuerpo de agua y en un punto específico.

4.5.2 Muestras para establecer perfiles de áreas, es una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad específica del cuerpo de agua en varios puntos.

4.6 Muestras compuestas

4.6.1 Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo. (Dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas.

4.6.2 Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio. Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo.

4.6.3 Las muestras compuestas son recomendables cuando la conformidad con un límite está basado en la calidad promedio del agua.

4.7 Muestras de grandes volúmenes

4.7.1 Algunos métodos de análisis para ciertas determinaciones requieren del muestreo de grandes volúmenes, desde 50 litros a varios metros cúbicos. Estas muestras son necesarias cuando se analizan pesticidas o microorganismos que no pueden ser cultivados. La muestra se recolecta de la manera convencional, tomando precauciones para asegurar la limpieza total del recipiente o del contenedor de la muestra, o pasando un volumen medido a través de un cartucho absorbente o filtro dependiendo de la determinación. Un cartucho intercambiador de iones o de carbón activado se usa en muestras que se someten al análisis de pesticidas; mientras que un filtro con cartucho de polipropileno de 1 µm de diámetro de poro se recomienda cuando se analiza criptosporidium.

5. TIPOS DE MUESTREO

5.1 Hay varias situaciones de muestreo, algunas de las cuales pueden ser satisfechas tomando una simple muestra puntual, en cambio otras pueden requerir de un equipo de muestreo sofisticado.

(Continúa)

6. EQUIPO DE MUESTREO

6.1 Características del muestreador y del equipo de muestreo.

6.1.1 Se debe consultar la NTE INEN 2 169 Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para el muestreo en situaciones específicas; los lineamientos dados aquí ayudan en la selección de materiales de aplicación general. Los constituyentes químicos (determinantes) en el agua, que son analizados para evaluar la calidad del agua, en un rango de concentración desde nanogramos o trazas hasta grandes cantidades. Los problemas que con mayor frecuencia se presentan son la adsorción en las paredes del muestreador o en los recipientes, la contaminación anterior al muestreo causada por un inadecuado lavado del muestreador o de los recipientes y la contaminación de la muestra por el material del que está hecho el muestreador o el recipiente.

6.1.1.1 El recipiente tiene que proteger la composición de la muestra de pérdidas debidas a adsorción y volatilización, o de la contaminación por sustancias extrañas. El recipiente usado para recoger y guardar la muestra se debe elegir luego de considerar, por ejemplo: su resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la rotura, facilidad para cerrar y reabrir, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo, facilidad para el lavado y la reutilización.

6.1.1.2 Se deben tomar precauciones cuando las muestras se conservan por congelación, especialmente si se usan recipientes de vidrio. Se recomienda el uso de recipientes de polietileno de alta densidad para la determinación en el agua de: silicio, sodio, alcalinidad total, cloruro, conductancia específica, pH y dureza. Para los elementos sensibles a la luz, se debe usar vidrio absorbente de luz. El acero inoxidable se debe usar para muestras con temperaturas y/o presión altas, o cuando se muestree para concentraciones de trazas de material orgánico.

6.1.2.3 Los recipientes de vidrio son recomendados para la determinación de compuestos químicos orgánicos y de especies biológicas, y los recipientes plásticos para la determinación de radionucléidos. Es importante anotar que el equipo de muestreo disponible tiene muchas veces relleno de neopreno y válvulas lubricadas con aceite. Este material no es adecuado para recolectar muestras que sean usadas para el análisis orgánico y microbiológico.

6.1.2.4 Aparte de estas características físicas deseables, descritas anteriormente, los recipientes usados para recolectar y guardar las muestras, se deben seleccionar tomando en cuenta los siguientes criterios predominantes (especialmente cuando los constituyentes a ser analizados están presentes como trazas):

- a) Reducir la contaminación en la muestra de agua causada por el material del que está hecho el recipiente y la tapa, por ejemplo: la migración de los constituyentes inorgánicos del vidrio (especialmente del vidrio suave), de los compuestos orgánicos de los materiales plásticos y de los elastómeros (de las tapas de vinilo plastilizado, y de las envolturas de neopreno).
- b) Facilidad para limpiar y tratar las paredes de los recipientes, a fin de reducir la superficie de contaminación por trazas de metales pesados o radionucléidos.
- c) El material del cual están hechos los recipientes debe ser inerte química y biológicamente, para prevenir o reducir la reacción entre los constituyentes de la muestra y el recipiente.
- d) Los recipientes pueden ser causa de errores debido a la adsorción de los constituyentes. Las trazas de metales son particularmente propensas a este efecto; pero otros constituyentes (detergentes, pesticidas, fosfatos) también pueden estar sujetos a error (Ver nota 2).

NOTA 2 Se recomienda que las sugerencias sobre el material de los recipientes sean conocidas por el analista antes de seleccionar los recipientes y el equipo de muestreo.

(Continua)

6.1.2 Líneas de muestreo

6.1.2.1 Las líneas de muestreo son generalmente usadas en muestreos automáticos para proporcionar muestras a los analizadores continuos o monitores. Durante el tiempo de permanencia, la muestra puede considerarse como almacenada en un recipiente acoplado a la línea de muestreo. Por eso, las guías para la selección del material de los recipientes se aplican también a las líneas de muestreo.

6.2 Tipos de recipiente para muestras

6.2.1 Recipientes normales

6.2.1.1 Son adecuadas las botellas de polietileno y las de vidrio borosilicatado para la toma de muestras en las que se realizará el análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas naturales. Otros materiales químicamente más inertes, por ejemplo: politetrafluoroetileno (PTFE), son preferidos pero su uso no está muy extendido en los análisis de rutina. La tapa de tornillo, en las botellas de boca angosta y ancha se debe acoplar con tapas y tapones de plástico inerte o tapones de vidrio esmerilado (propenso a trabarse con las soluciones alcalinas). Si las muestras son transportadas en caja al laboratorio para los análisis, la tapa de la caja debe ser construida para prevenir el aflojamiento de los tapones, lo que puede producir derramamientos y/o contaminación de la muestra.

6.2.2 Recipientes especiales

6.2.2.1 A las consideraciones ya mencionadas se suma el almacenamiento de muestras que contienen materiales foto sensitivos, incluidas las algas, que requieren ser protegidas de la exposición a la luz. En estos casos, se recomiendan los recipientes de materiales opacos o de vidrio no actínico, y deben ser colocados en cajas a prueba de luz durante el almacenamiento por largos períodos. La recolección y el análisis de las muestras que contengan gases disueltos o constituyentes que puedan alterarse por aireación plantea un problema específico. Las botellas de boca angosta para análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) deben tener tapones de vidrio esmerilado para minimizar la inclusión de aire, y se requiere de un sellante especial durante el transporte.

6.2.3 Recipientes para el análisis de contaminantes orgánicos, en trazas

6.2.3.1 Las botellas para muestras en las que se analizarán contaminantes orgánicos en trazas, deben ser de vidrio, debido a que los recipientes plásticos interfieren con la alta sensibilidad del análisis. La tapa debe ser de vidrio o de politetrafluoroetileno (PTFE).

6.2.4 Recipientes para el análisis microbiológico

6.2.4.1 Los recipientes para las muestras en las que se realizará el análisis microbiológico deben resistir las altas temperaturas de esterilización. Durante la esterilización o en el almacenamiento de muestras los materiales no deben producir o liberar químicos que puedan inhibir la viabilidad microbiológica, liberar químicos tóxicos o químicos que aceleren el crecimiento. Las muestras deben permanecer selladas hasta que sean abiertas en el laboratorio y deben estar tapadas para prevenir la contaminación.

6.2.4.2 Los recipientes deben ser de vidrio o de plástico de la mejor calidad y estar libres de sustancias tóxicas. Para análisis de rutina es suficiente que tengan una capacidad de 300 cm³. Los recipientes se deben tapar con tapas de vidrio esmerilado o tapas de tornillo, y si es necesario con bandas elásticas de silicona, que resistan esterilizaciones repetidas a 160°C.

6.3 Equipo de muestreo para el análisis de características físicas o químicas

6.3.1 El volumen de muestra recogida debe ser suficiente para los análisis requeridos, y para cualquier repetición del análisis. El uso de volúmenes muy pequeños de muestra puede ser causa de que no sean representativos, y del incremento de los problemas de adsorción debido a la relación de volúmenes relativamente pequeños al área. El muestreo para la determinación de gases disueltos, se debe realizar según 6.7.

6.3.1.1 Los muestreadores deben:

- a) reducir el tiempo de contacto entre la muestra y el muestreador;
- b) usar materiales que no permitan la contaminación en la muestra;
- c) ser de diseño simple para facilitar la limpieza, ser de superficies lisas y que eviten la modificación del flujo como los recodos y con tan pocas tapas y válvulas como sea posible (todos los muestreadores deben ser chequeados para asegurar que no introduzcan errores);
- d) ser diseñados luego de considerar que el sistema es apropiado con relación al análisis de la muestra de agua (por ejemplo: físico, químico, biológico o microbiológico).

6.3.2 Equipo para el muestreo puntual, las muestras puntuales son usualmente tomadas manualmente de acuerdo a las condiciones descritas en 4.2.

6.3.2.1 *Equipo para el muestreo puntual en superficie*, el equipo elemental para tomar muestras en superficie es una cubeta o botella de boca ancha que se sumerge dentro del cuerpo de agua y se retira luego de haberse llenado.

6.3.2.2 *Equipo para muestreo puntual a profundidad escogida*, en la práctica se usa una botella con lastre tapada que se sumerge dentro del cuerpo de agua. A una profundidad preestablecida la tapa se retira, la botella se llena y se recupera. Los efectos que el aire u otros gases pudieran tener, deben considerarse ya que estos pueden cambiar el parámetro a ser analizado (por ejemplo: oxígeno disuelto). Se recomienda botellas especiales para evitar este problema (por ejemplo: botellas a las que se les ha evacuado el aire). Para cuerpos de agua estratificados, se sumerge una probeta graduada de vidrio, plástico o acero inoxidable, abierta en ambos extremos, para obtener un perfil vertical del cuerpo de agua. En el punto de muestreo, la probeta se cierra por ambos extremos mediante un mecanismo antes de sacarla a la superficie (botella operada por mensajero).

6.3.2.3 *Tenazas o dragas para muestrear sedimentos*, los sedimentos se muestrean por medio de tenazas o dragas diseñadas para penetrar el substrato como resultado de su propio peso o por la acción de palancas. Hay varios diseños que incluyen: un resorte activado, un peso, o una cerradura en forma de mordaza. También varían en la forma de atrapar el substrato, en la exactitud del ángulo, en el área y en el tamaño de la muestra tomada. Para seleccionar la draga es necesario considerar: la región, el movimiento del agua, el área de muestreo, y el equipamiento del bote. Por lo tanto, la muestra obtenida es afectada por factores como:

- a) la profundidad de penetración en el substrato;
- b) el ángulo de la mordaza de la cerradura;
- c) la eficiencia de la cerradura (posibilidad de evitar la obstrucción por objetos);
- d) la creación de una onda de "choque" y la pérdida resultante o el lavado de los constituyentes u organismos de la interfase agua-lodo;
- e) la estabilidad de las muestras en corrientes de movimiento rápido.

6.3.2.4 *Cucharones de mordazas (excavadoras)*, los cucharones de mordaza (excavadoras) se asemejan al equipo usado en excavaciones de tierra. Usualmente se operan desde una grúa, y se introducen en el lugar de muestreo elegido para obtener una muestra de componentes sólidos. La muestra resultante está definida con más precisión respecto al lugar de muestreo que cuando se ha utilizado la draga.

6.3.2.5 *Muestreador del núcleo*, los muestreadores del núcleo son usados cuando la información proveniente del perfil vertical de un sedimento es de interés. A menos que la muestra obtenida tenga fuerza mecánica, proceder cuidadosamente en la remoción del mecanismo saca núcleos para conservar su integridad longitudinal.

6.3.3 *Equipo de muestreo automático*

6.3.3.1 Los criterios para la selección del equipo adecuado están indicados en el Anexo A. El equipo necesario es para proteger, llenar, calentar, enfriar, etc.

6.3.3.2 Dos tipos de muestreador automático están disponibles: tiempo dependientes y volumen dependientes; los muestreadores tiempo dependientes recolectan muestras individuales, compuestas o continuas pero ignoran las variaciones del flujo; en cambio los muestreadores volumen dependientes también recogen ese tipo de muestra pero tomando en cuenta las variaciones del flujo. La selección del tipo de muestreador depende del propósito del estudio.

6.3.3.3 Los instrumentos usados para investigación, por ejemplo, para monitorear o controlar flujos de ríos, pueden usarse para guiar el muestreo automático.

6.3.3.4 Bajo ciertas circunstancias, particularmente cuando la sustancia esta presente en trazas en la muestra, se puede necesitar una muestra de grandes volúmenes de agua. En este caso es más conveniente usar, en el sitio de muestreo, un sistema que concentre a los constituyentes. Sistemas con esa autonomía tienen ciertos tipos de centrifugas que permiten una recolección continua de micro-organismos en resinas macro-reticulares, y aparatos con espacio libre para la recolección de organismos micropolutantes.

6.3.3.5 En condiciones de congelamiento, es importante asegurar la eficiencia del trabajo del mecanismo muestreador y del equipo asociado.

6.4 *Equipo de muestreo para análisis biológico*, como en el caso del muestreo para los análisis físicos y químicos, algunas determinaciones deben ser ejecutadas "in situ", sin embargo, la mayoría de muestras son trasladadas al laboratorio para su análisis. Varios instrumentos han sido desarrollados para permitir la recolección y observación manual (por medio de un sumergidor) o automática y la observación a distancia, de ciertas especies biológicas o grupos de organismos. Para muestras destinadas al análisis biológico, es indispensable utilizar una botella de boca ancha, el diámetro ideal de la boca debe ser similar al del recipiente mismo. Este recipiente puede ser de plástico o de vidrio.

6.4.1 *Plancton*

6.4.1.1 *Fitoplancton*, las técnicas y los equipos usados son similares a los descritos para tomar muestras puntuales para el análisis de sustancias químicas en el agua. Para la mayoría de las investigaciones limnológicas, se recomienda una botella de 0,5 litros a 2 litros de capacidad, sin embargo, se deben considerar los requerimientos analíticos (ver 6.1). Se requiere de un mecanismo para abrir la botella a la profundidad de muestreo deseada y para poder cerrarla inmediatamente (ver 6.3.2.2). No se recomienda, para los análisis cuantitativos, recolectar la muestra usando redes.

6.4.1.2 *Zooplancton*, para este grupo de análisis se recomiendan muestras grandes, de hasta 10 litros. Para la botella operada con mensajero (ver 6.3.2.1) se recomienda una red de nylon medidora de plancton. Se usan diferentes tamaños de redes dependiendo de las especies a ser estudiadas.

(Continúa)

6.4.2 Fauna y flora de profundidad

6.4.2.1 *Perifiton*, en el muestreo para el análisis cuantitativo, se recomienda, una lámina de vidrio para microscopio (porta objetos de: 25 mm x 75 mm). Las láminas deben permanecer expuestas en el agua mínimo dos semanas. Si se requiere resultados inmediatos (por ejemplo del hábitat natural) se debe recoger el perifiton del fondo. Se requiere de dos tipos de soporte de láminas para dos situaciones acuáticas diferentes:

- a) en ríos pequeños y poco profundos o en áreas del borde de los lagos, donde la turbiedad no es problema, la lámina debe estar adherida a un rastrillo anclado al fondo.
- b) en ríos largos o lagos, donde la turbiedad es un problema, las láminas deben estar suspendidas de un rastrillo de plástico transparente flotante sobre la superficie.

6.4.2.2 *Macrofitos*

- a) en el muestreo para el análisis cualitativo, el equipo de muestreo varía de acuerdo a la situación específica, dependiendo de la profundidad del agua. En aguas poco profundas, un rastrillo de jardín será suficiente. Para aguas profundas se puede emplear una draga; se debe considerar el buceo de exploración, usando un equipo completo para respirar bajo el agua siempre que se cumpla las regulaciones de seguridad.
- b) en el muestreo para el análisis cuantitativo, se puede aplicar técnicas similares, para determinar el crecimiento o masa por unidad de área; excepto cuando las áreas a ser muestreadas estén delimitadas y los macrofitos estén medidos o asignados de otro modo.

6.4.2.3 *Macro invertebrados*, en el estudio de la forma comparativa de los macrobentos, se debe anotar el efecto de las diferencias en el hábitat físico entre las varias estaciones de muestreo seleccionadas. Sin embargo, por la gran variedad de técnicas de muestreo y de equipo disponible, el tipo de hábitat a estudiarse es relativamente ilimitado. El tipo específico de muestreador a usarse dependerá de muchos parámetros: profundidad del agua, velocidad de la corriente, propiedades físicas y químicas del sustrato, etc.

6.4.3 *Peces*

6.4.3.1 Los peces se puede recoger de forma activa o pasiva, dependiendo del hábitat y del propósito del muestreo. En arroyos y ríos de hasta 2 m de profundidad, la pesca eléctrica usando corriente d.c.; pulsadores d.c. o a.c. son generalmente las técnicas activas más usadas. Algunos ríos extensos se pueden muestrear usando juegos de aperos múltiples. En los grandes ríos de movimiento suave y en aguas quietas, se usan de preferencia las técnicas de pesca con red. La pesca activa se recomienda cuando el agua está libre de obstrucciones. La pesca pasiva (agallas y redes para obstaculizar o redes de pescador y otras trampas) se recomienda cuando hay maleza u obstrucción. Las trampas especiales construidas dentro de una represa se usan particularmente para peces migratorios.

6.4.3.2 Las técnicas de muestreo para peces están limitadas por la selectividad del mecanismo (tamaño de la malla, características del campo eléctrico), por el comportamiento de los peces y si el pez se requiere vivo o muerto. Tales factores deben, por lo tanto, tomarse en cuenta antes de decidir sobre las técnicas de muestreo.

6.5 Equipo de muestreo para análisis microbiológico

6.5.1 Para la mayoría de muestras, son adecuadas las botellas de vidrio o de plástico esterilizado (ver 6.2.4). Para recoger muestras bajo la superficie del agua, como en lagos y reservorios, están disponibles varios mecanismos para muestreo de profundidad y son convenientes los muestreadores descritos en 6.3.2.2.

6.5.2 Todos los equipos que se usen, incluida la bomba y el equipo de bombeo, deben estar libres de contaminación y no deben introducir nuevos microorganismos.

6.6 Equipo y técnicas de muestreo para análisis de radioactividad

6.6.1 Dependiendo del objetivo y de las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y el equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para análisis químico se aplican generalmente para la medición de radioactividad.

6.6.2 Las muestras se deben recoger en botellas plásticas, previamente lavadas con detergente y enjuagadas con agua destilada y ácido nítrico diluido (1 + 1).

6.7 Equipo de muestreo para gases disueltos (y material volátil)

6.7.1 Las muestras adecuadas para la determinación exacta de gases disueltos, se deben obtener solamente con un equipo que recoja la muestra por desplazamiento de agua, antes que de aire, desde el muestreador.

6.7.2 Si se usan sistemas de bombeo para la recolección de muestras de gases disueltos, es indispensable que el agua sea bombeada en la misma dirección que la presión aplicada, para que no haya una caída significativa más abajo de la presión atmosférica. La muestra debe ser bombeada directamente dentro de la botella de almacenamiento o análisis, dejándola sifonar con una cantidad igual de por lo menos tres veces su volumen antes de tapar la botella o de iniciar el análisis.

6.7.3 Si se aceptan resultados aproximados, las muestras para la determinación de oxígeno disuelto se pueden recoger usando una botella o una cubeta. El error introducido a estas determinaciones debido al contacto entre la muestra y el aire varía con el grado de saturación del gas en el agua.

6.7.4 Cuando las muestras son recogidas en una botella desde un grifo o a la salida de la bomba, se recomienda el uso de un tubo flexible e inerte, el cual introduzca directamente el líquido al fondo de la botella, para asegurar que el líquido sea desplazado desde el fondo y que ocurra una mínima aireación.

7. IDENTIFICACIÓN Y REGISTROS

7.1 El origen de las muestras, las condiciones bajo las cuales han sido recogidas deben ser anotadas y esta información ser adherida a la botella inmediatamente luego de ser llenada. Un análisis de agua es de valor limitado si no está acompañado por la identificación detallada de la muestra.

7.2 Los resultados de cualquier análisis realizado en el sitio, también se deben incluir en un informe anexo a la muestra. Las etiquetas y los formatos deben llenarse al momento de la recolección de la muestra.

7.3 Debe incluirse al menos los siguientes datos en el informe de muestreo:

- a) localización (y nombre) del sitio del muestreo, con coordenadas (lagos y ríos) y cualquier información relevante de la localización;
- b) detalles del punto de muestreo;
- c) fecha de la recolección;
- d) método de recolección;

(Continúa)

- e) hora de la recolección;
- f) nombre del recolector;
- g) condiciones atmosféricas;
- h) naturaleza del pretratamiento;
- i) preservante o estabilizador adicionado;
- j) datos recogidos en el campo.

Anexo D: NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico.

En tales condiciones, es probable que el examen bacteriológico indique el verdadero contenido bacteriano de la muestra al momento del muestreo. El tiosulfato de sodio se debe agregar al frasco de muestra, limpio y seco antes de la esterilización, en una cantidad que proporcione una concentración aproximada de 100 mg/l. Esta se puede conseguir agregando 0,1 cm³ de solución de tiosulfato al 10% en un frasco de 120 cm³. A continuación, se tapa el frasco, se recubre y se esteriliza en calor seco o húmedo.

4.3 Reducción de la toxicidad de aguas contaminadas con metales. Las muestras de agua que contienen alta concentración de cobre, zinc y metales pesados, deben recogerse en botellas de muestreo que contengan un agente complexométrico que reduzca la toxicidad metálica. Esto es significativo si el período de tránsito al laboratorio es de 24 horas o más. La sal tetrasódica del ácido etiléndiamino tetraacético es un agente complexométrico conveniente. Una concentración adecuada es de 375 mg/l. El EDTA puede añadirse a la botella sólo antes de la esterilización (0,3 cm³ de una solución al 15% en una botella de 120cm³) o junto con el tiosulfato de sodio mezclados antes de la adición.

4.4 El volumen de la muestra debe ser suficiente para realizar todos los ensayos que se requieren, de preferencia no menor de 100 cm³.

4.5 Datos de identificación. Todas las muestras deben ir acompañadas de datos completos y exactos de identificación y descripción. No se debe aceptar muestras que no se identifiquen de esta forma.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Procurar que las muestras sean, en realidad, representativas del agua en estudio, que no se contaminen en forma alguna después del muestreo antes del examen.

5.2 No destapar el frasco de muestra sino hasta el momento del muestreo. Quitar el tapón con todo cuidado para evitar que se ensucie; durante el muestreo no tocar el interior, el tapón ni la boca del frasco; debiéndose protegerlos de la contaminación. Tomar el frasco cerca de su base y la muestra sin enjuagar, volviendo a taparlo inmediatamente.

5.3 Cuando se toma la muestra, dejar un espacio de aire en el frasco, para facilitar el mezclado de la muestra por agitación, como paso previo al examen.

5.4 Muestra de una red de distribución. Si se trata de tomar una muestra de un grifo del sistema de distribución, comprobar primero que el grifo escogido suministra agua directamente de una tubería de la red, a través de una línea de servicio, que no abastece, por ejemplo, de una cisterna o de un tanque de almacenamiento. Abrir completamente el grifo y dejar que el agua fluya al drenaje por 2 o 3 minutos, o por el tiempo suficiente para permitir la purga de la línea de servicio. En el momento del muestreo, restringir el flujo de la llave, para que pueda llenarse el frasco sin salpicaduras. Evitar como puntos de muestreo grifos con fugas.

5.5 En muestreos directos de ríos, arroyos, lagos, reservorios, manantiales o pozos poco profundos, el propósito debe ser obtener una muestra representativa, tomada a una profundidad conveniente. No es recomendable captar las muestras demasiado cerca de las márgenes. La localización de los sitios y la frecuencia del muestreo son factores críticos para obtener información real sobre la población bacteriana en cualquier cuerpo de agua. Una toma simple o sin un plan de muestreo, de un río, arroyo o lago, puede recolectarse a menudo para satisfacer requerimientos u obtener datos de control. La muestra debe tomarse cerca de la superficie. Las muestras de ríos, arroyos, lagos o reservorios, pueden tomarse asiendo con la mano el frasco, cerca de su base, y sumergiéndolo abajo de la superficie, con la boca hacia abajo. En este momento, se invierte el frasco para que la boca quede ligeramente hacia arriba y en sentido opuesto a la corriente; si no existe corriente como en los reservorios, crearla artificialmente empujando el frasco en dirección opuesta a la de la mano. Si no es posible la recolección de muestras en estas condiciones, se puede fijar un lastre a la base del frasco, al que se hace descender en el agua. En cualquier caso, procurar no alterar las márgenes y el lecho; pues, en otra forma, se ensucia el agua. Para tomar muestras profundas en lagos o reservorios se necesitan aparatos especiales que permitan la remoción mecánica de la tapa debajo de la superficie. El muestreo de sedimento del fondo también requiere aparatos especiales.

(Continúa)

5.6 Si va a muestrearse un pozo provisto con una bomba de mano, se debe bombear el drenaje, por unos 5 minutos, antes de tomar la muestra. Si el pozo se encuentra provisto de una bomba mecánica, tomar la muestra de una llave de descargue. Si no se cuenta con un equipo de bombeo, tomar la muestra directamente del pozo por medio de un frasco estéril lastrado; en este caso, evitar la contaminación de la muestra por las natas superficiales.

5.7 Para estudios amplios en los cuales va a determinarse la fuente y el grado de contaminación, tomar muestras representativas, considerando el sitio, el método y el tiempo de muestreo. En muchos casos, el número de puntos de muestreo depende de las limitaciones físicas del laboratorio, detección del máximo de contaminación y frecuencia del muestreo. El número de muestras depende de si el objetivo es medir el ciclo de la contaminación, la duración o el promedio de la contaminación. Los puntos para medir la contaminación máxima o el ciclo de ella deben estar ubicados bajo el sitio donde se origina la contaminación. El muestreo debe hacerse tan frecuentemente como sea posible. El punto para tomar muestras para evaluar la contaminación media, debe ser agua abajo, lo suficiente para asegurar la mezcla completa de la contaminación y el agua, muestreando sin excluir todas las variaciones que pueden ocurrir, pero, minimizando cualquier fluctuación estrecha en la calidad. En este caso, el muestreo no necesita ser tan frecuente como cuando va a determinarse el ciclo de contaminación. Las muestras deben tomarse en todo lo ancho del arroyo en puntos que dependen del objetivo del análisis. Evitar zonas de remansos. Puede tomarse una sola muestra superficial en todo el cause.

5.8 Preservación y almacenamiento. El examen bacteriológico de las muestras de agua, iniciar inmediatamente después de su recolección para evitar cambios impredecibles. Si la muestra no se puede procesar dentro de una hora después de la recolección, transportarla en un porta muestras con hielo. La temperatura de toda muestra de agua contaminada debe ser inferior a 10°C durante un tiempo máximo de 6 horas de transporte. Estas muestras deben ser refrigeradas, una vez recibidas, en el laboratorio procesadas en dos horas. Cuando, por las condiciones locales, el tiempo de envío al laboratorio es mayor de 6 horas, debe considerarse el análisis de campo, localizado en el sitio de la recolección, o por el uso de un método tentativo de incubación diferida para el grupo coliforme. El lapso entre la recolección de la muestra y el análisis en ningún caso debe ser mayor de 30 horas. El tiempo y la temperatura de almacenamiento de todas las muestras deben registrarse y tomarse en cuenta en la interpretación de los resultados.

(Continúa)

ANEXO A

LAVADO Y ESTERILIZADO

A.1 Lavado. Lavar todo el material de vidrio con un detergente conveniente y agua caliente; enjuagar con agua caliente para remover todas las trazas de residuos de los materiales que se hayan utilizado en el lavado y, finalmente, enjuagar con agua destilada. Si se utiliza una máquina de lavar, la instalación de cañerías de entrada deberá ser preferentemente de acero inoxidable u otro material no tóxico. No se debe usar cañerías de cobre para la distribución de agua destilada.

A.2 Esterilización. Excepto cuando se encuentre en recipientes metálicos, la cristalería se debe esterilizar mínimo por 60 minutos a una temperatura de 170°C, a menos que se conozca con certeza, por medio de termómetros registradores que la temperatura es uniforme en la estufa, en cuyo caso se puede aplicar una temperatura de 160°C. La cristalería en recipientes metálicos debe esterilizarse a 170°C por lo menos dos horas. Los frascos de muestreo, con excepción de los plásticos, pueden esterilizarse como se señaló antes, o pueden tratarse en autoclave a una temperatura de 120°C por 15 minutos. Las botellas plásticas pueden esterilizarse en autoclave, a una temperatura de 121°C, por un intervalo mínimo de 10 minutos.

APÉNDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Standard Methods for the examination of water and wastewater. *900 Microbiological Examination*. 14th Edition, 1975.

Anexo E. Norma de calidad ambiental y descarga de influentes recurso agua.

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO Y QUE PARA SU POTABILIZACIÓN SOLO REQUIEREN DESINFECCIÓN

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceltes y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amonio	NH ₄ ⁺	mg/l	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,01
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	200
Bario	Ba	mg/l	0,7
Cadmio	Cd	mg/l	0,003
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,07
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Pt-Co	15
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr ⁶⁺	mg/l	0,05
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	ug/l	0,0005
Hierro total	Fe	mg/l	0,3
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Olor y sabor			No Objetable
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,05
Turbiedad		UTN	5

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Anexo F. Índice del NMP con 95% del límite de confianza cuando se usan 5 tubos.

TABLA 1. Índice del NMP con 95% de límite de confianza para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 5 tubos con 20 mL de muestra de agua o hielo.

No. de Tubos positivos	NMP/100 mL	95% de Límite de Confianza (aproximado)	
		Inferior	Superior
0	<1,1	0	3,0
1	1,1	0,05	6,3
2	2,6	0,3	9,6
3	4,6	0,8	14,7
4	8,0	1,7	26,4
5	>8,0	4,0	Infinito

TABLA 2. Índice del NMP con 95% de límite de confianza para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 10 tubos con 10 mL de muestra de agua o hielo.

No. de Tubos Positivos	NMP/100 mL	95% de Límite de Confianza (aproximado)	
		Inferior	Superior
0	<1,1	0,0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23,0	13,5	Infinito

Anexo G. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

Anexo H. Puntos de Muestreo



Fotografía 1. Fuente de agua Quebrada Paquisha.



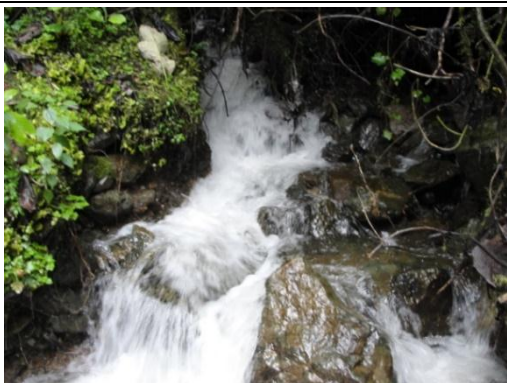
Fotografía 2. Tanque de captación Quebrada Paquisha



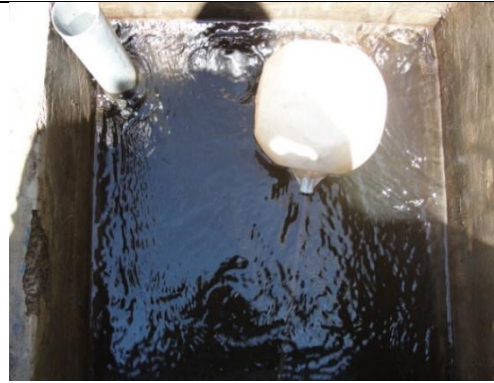
Fotografía 3. Fuente de agua Quebrada Sananquillay



Fotografía 4. Zona de retención de agua de la vertiente de la Quebrada Sananquillay



Fotografía 5 Fuente de agua de la quebrada Guntus



Fotografía 6 Tanque de captacion de la vertiente de la comunidad de Guntus.



Fotografía 7. Tanque de reserva de la vertiente de la comunidad de Guntus



Fotografía 8. Tanque de reserva de la parroquia Quimiag



Fotografía 9. Q5



Fotografía 10. Cisterna Q5

Anexo I. Muestreo. Recolección de Muestras



1. Toma de muestras: Vertiente y Tanque de captación en la Quebrada Paquisha



2. Toma de muestras: Vertiente y Tanque de captación en la Quebrada Sananquillay



3. Toma de muestra de Vertiente y tanque de reserva en la quebrada Guntus



4. Toma de muestra en el tanque de reserva en la Parroquia Quimiag

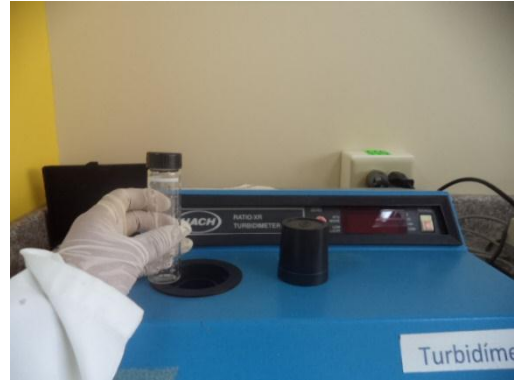
5. Toma de muestra en la cisterna de Q 5



6. Toma de muestra en el Grifo de Q 5 de la parroquia Quimiag

Anexo J. Análisis de las Muestras

Determinación de parámetros físico-químico de las muestras tomadas

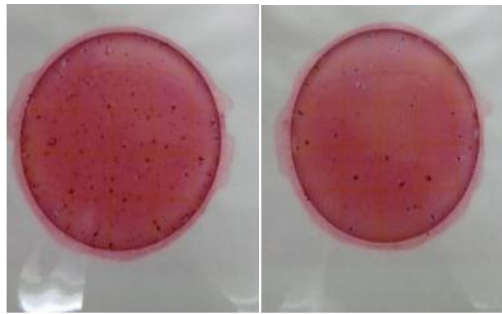


Análisis microbiológicos

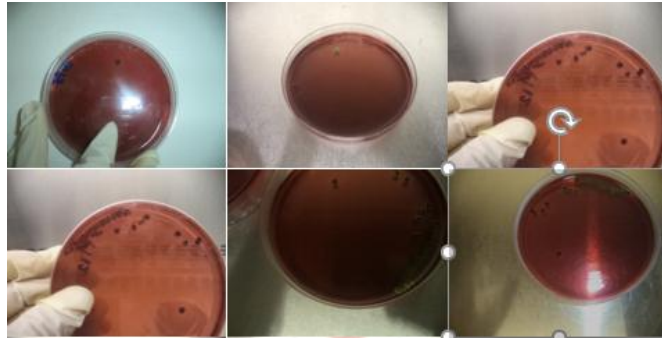


Método Petrifilm y Numero más Probable

Resultados microbiológicos



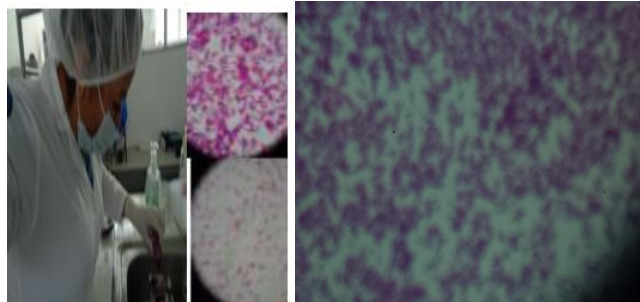
Pruebas confirmatorias



Identificación de Coliformes fecales en el Medio eosina azul de metileno



Pruebas bioquímicas



Tincion gram



Determinacion de parasitos mediante el proceso de saturacion y flotacion

Anexo K. Estado del sistema de abastecimiento de agua de la parroquia Quimiag



Tuberías en mal estado



Sedimento lodoso en el tanque de captación de la vertiente 1



Estado de los tanques de almacenamiento



Paredes de los tanques de captación