



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

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICO QUIMICA Y
MICROBIOLOGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL
CANTÓN CHUNCHI”**

Trabajo de titulación presentado para obtener al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: JESSICA FERNANDA MOLINA PAREDES

TUTORA: DRA. SANDRA ESCOBAR

Riobamba- Ecuador

2016

@2016, Jessica Fernanda Molina Paredes

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

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

El Tribunal del trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICO QUIMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CANTÓN CHUNCHI”, de responsabilidad de la señorita Jessica Fernanda Molina Paredes, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Sandra Escobar

DIRECTORA DE TRIBUNAL

.....

.....

Dr. Carlos Espinoza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Ing. Paola Chiluiza

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

.....

Yo, Jessica Fernanda Molina Paredes, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 20 de diciembre del 2016

JESSICA FERNANDA MOLINA PAREDES

C.I. 060489239-8

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por darme la vida, por permitirme crecer en una familia hermosa, unida y que me ha brindado su apoyo en toda mi carrera profesional. A mis padres por cada consejo y por ser mi soporte día a día, sin ellos no hubiese sido posible alcanzar esta meta. A mis hermanos que siempre han estado alentándome a seguir adelante, en especial a mi hermana Alexandra que de una u otra manera siempre me ha apoyado incondicionalmente. A mis sobrinos Doménica y Sebastián, y a los pequeños ángeles que ya vienen en camino, que a pesar de ser personitas tan inocentes me han motivado a ser su ejemplo y a superarme cada día. A mi mamita Chocha que aunque ya no está con nosotros en este mundo, fue un pilar fundamental en este proceso. Con todo el corazón les dedico mi tesis.

Jessica

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios en primer lugar por darme vida y salud para lograr esta meta profesional, a mis padres y hermanos por cada palabra de apoyo y por ser mi sustento emocional y económico en toda esta etapa.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Bioquímica y Farmacia.

A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Chunchi por la apertura y la ayuda que me brindaron para realizar el presente trabajo de investigación y de manera especial al Dr. Carlos Aguirre Alcalde del cantón y al Sr. Palermo Trujillo Gerente de EMAPACH.

A la Dra. Sandra Escobar por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección del Trabajo de titulación.

Al Dr. Carlos Espinoza por su colaboración en la culminación de este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos que siempre han estado alentándome y que de una u otra manera colaboraron para la culminación de este proyecto.

Jessica

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Agua.....	5
1.2.1. Fuentes de Agua.....	6
1.2.1.1. <i>Aguas Superficiales.....</i>	<i>6</i>
1.2.1.2. <i>Aguas Subterráneas</i>	<i>6</i>
1.2.1.3. <i>Manantial</i>	<i>7</i>
1.2.2. Agua Potable	7
1.2. Contaminación del agua	8
1.2.1. Contaminantes más comunes del agua.	8
1.2.1.1. <i>Contaminantes biológicos.</i>	<i>8</i>
1.2.1.2. <i>Contaminantes químicos más comunes</i>	<i>9</i>
1.2.2. Enfermedades producidas por la Contaminación del Agua	9
1.3. Tratamiento del agua para obtención de agua potable.....	10
1.3.1. Proceso de Tratamiento.....	10
1.3.1.1. <i>Aeración del agua.....</i>	<i>10</i>
1.3.1.2. <i>Coagulación.....</i>	<i>11</i>
1.3.1.3. <i>Floculación.....</i>	<i>12</i>
1.3.1.4. <i>Decantación (Sedimentación).....</i>	<i>12</i>
1.3.1.5. <i>Filtración.....</i>	<i>13</i>
1.3.1.6. <i>Desinfección (Cloración).....</i>	<i>13</i>

1.4.	Indicadores microbiológicos de la calidad del agua potable	15
1.4.1.	<i>Coliformes fecales</i>	17
1.4.2.	<i>Cryptosporidium</i>	18
1.4.3.	<i>Giardia lamblia</i>	18
1.5.	Indicadores Físico-Químicos de la calidad del agua potable.	19
1.5.1.	Indicadores físicos	19
1.5.1.1.	<i>Color</i>	19
1.5.1.2.	<i>Sabor Y Olor</i>	20
1.5.1.3.	<i>Turbiedad</i>	20
1.5.1.4.	<i>pH</i>	20
1.5.1.5.	<i>Temperatura</i>	21
1.5.1.6.	<i>Conductividad</i>	21
1.5.2.	Indicadores Químicos	21
1.5.2.1.	<i>Antimonio (Sb):</i>	21
1.5.2.2.	<i>Arsenio (As):</i>	22
1.5.2.3.	<i>Bario (Ba):</i>	22
1.5.2.4.	<i>Boro (B):</i>	22
1.5.2.5.	<i>Cadmio (Cd):</i>	22
1.5.2.6.	<i>Cianuro (CN):</i>	22
1.5.2.7.	<i>Cloro libre residual:</i>	22
1.5.2.8.	<i>Cobre (Cu):</i>	23
1.5.2.9.	<i>Cromo (Cr):</i>	23
1.5.2.10.	<i>Fluoruros:</i>	23
1.5.2.11.	<i>Manganeso (Mn):</i>	23
1.5.2.12.	<i>Mercurio (Hg):</i>	23
1.5.2.13.	<i>Níquel (Ni):</i>	23
1.5.2.14.	<i>Nitratos y nitritos:</i>	24

1.5.2.15. <i>Plomo (Pb):</i>	24
1.5.2.16. <i>Selenio (Se):</i>	24
1.5.2.17. <i>Fosfatos:</i>	24

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	26
2.1. Población de estudio y localización de los puntos de muestreo	26
2.2. Flujograma de trabajo	28
2.3. Técnica de muestreo	29
2.4. Análisis de muestras	30
2.4.1. Análisis físico	30
2.4.1.1. <i>Determinación de pH, conductividad y sólidos disueltos</i>	30
2.4.1.2. <i>Determinación del color.</i>	31
2.4.1.3. <i>Determinación de turbiedad.</i>	31
2.4.2. Análisis químico	31
2.4.2.1. <i>Determinación de Nitratos y Nitritos</i>	31
2.4.2.2. <i>Determinación de fluoruros</i>	32
2.4.2.3. <i>Determinación de cloro residual</i>	33
2.4.3. Análisis microbiológico	33
2.4.3.1. <i>Determinación de Coliformes fecales por el Método NMP</i>	33
2.4.3.2. <i>Determinación de Coliformes fecales y totales por el Método de Petri Film.</i>	34
2.4.3.3. <i>Técnica de centrifugación para recuperación y detección de Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.</i>	34
2.4.3.4. <i>Técnica de Flotación para recuperación y detección de Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.</i>	35

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
---	----

3.1.	Análisis físico del agua	36
3.1.1	<i>Análisis del parámetro turbiedad</i>	36
3.1.2.	<i>Análisis del parámetro color</i>	38
3.1.3.	<i>Análisis del parámetro pH</i>	40
3.1.4.	<i>Análisis del parámetro conductividad</i>	42
3.1.5	<i>Análisis del parámetro sólidos totales disueltos</i>	44
3.2.	Análisis químico del agua	46
3.2.1.	<i>Análisis del parámetro Nitratos</i>	46
3.2.2.	<i>Análisis del parámetro Nitritos</i>	48
3.2.3.	<i>Análisis del parámetro Fluoruros</i>	50
3.2.4.	<i>Análisis de Cloro libre residual</i>	52
3.3.	Análisis microbiológico del agua	54
3.3.1.	<i>Resultado del conteo de Coliformes fecales y totales</i>	54
3.3.2.	<i>Resultado del conteo de Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum por el método de Centrifugación y Flotación</i>	63
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Enfermedades y síntomas producidos por bacterias	9
Tabla 2-1	Enfermedades y síntomas producidos por protozoos.....	10
Tabla 3-1	Distribución del OCl ⁻ y HOCl en función del pH del agua	14
Tabla 4-1	Requisitos microbiológicos del agua potable	16
Tabla 5-1	Requisitos físicos y químicos del agua potable	24
Tabla 1-2	Puntos de Muestreo en el sistema de distribución de agua potable del cantón Chunchi.....	26
Tabla 1-3	Resultados de turbiedad.....	43
Tabla 2-3	Resultados de color.....	38
Tabla 3-3	Resultados de pH.....	40
Tabla 4-3	Resultados de conductividad	42
Tabla 5-3	Resultados de sólidos totales disueltos.....	44
Tabla 6-3	Resultados de Nitratos.....	46
Tabla 7-3	Resultados de Nitritos.....	48
Tabla 8-3	Resultados de Fluoruros.....	50
Tabla 9-3	Resultados de Cloro libre residual	52
Tabla 10-3	Resultado de Coliformes fecales por el Método NMP.....	54
Tabla 11-3	Resultado de Coliformes fecales por el Método de Petrifilm TM.....	58
Tabla 12-3	Resultado de Coliformes totales por el Método de Petrifilm TM.....	60
Tabla 13-3	Resultados de <i>Giardia lamblia</i> y <i>Cryptosporidium parvum</i> por el método de centrifugación y flotación.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Dispersión lineal del parámetro turbiedad	37
Gráfico 2-3	Dispersión lineal del parámetro color.....	39
Gráfico 3-3	Dispersión lineal del parámetro pH.....	41
Gráfico 4-3	Dispersión lineal del parámetro conductividad.....	43
Gráfico 5-3	Dispersión lineal del parámetro sólidos totales disueltos.....	45
Gráfico 6-3	Dispersión lineal del parámetro nitratos.....	47
Gráfico 7-3	Dispersión lineal del parámetro nitritos.....	49
Gráfico 8-3	Dispersión lineal del parámetro fluoruros.....	51
Gráfico 9-3	Dispersión lineal del parámetro cloro libre residual.....	53
Gráfico 10-3	Porcentaje de cumplimiento de coliformes fecales por el método de NMP.....	56
Gráfico 11-3	Dispersión lineal de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM.....	59
Gráfico 12-3	Porcentaje de cumplimiento de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM...	59
Gráfico 13-3	Dispersión lineal de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM.....	62
Gráfico 14-3	Porcentaje de cumplimiento de <i>Giardia</i>	64
Gráfico 15-3	Porcentaje de cumplimiento de <i>Cryptosporidium</i>	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos
- ANEXO B** NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnica de Muestreo
- ANEXO C** NTE INEN 2169:98 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras
- ANEXO D** NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico
- ANEXO E** NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:
RECURSO AGUA
- ANEXO F** ÍNDICE DEL NMP CON 95% DE LÍMITE DE CONFIANZA CUANDO SE USAN 5 TUBOS
- ANEXO G** NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994
- ANEXO H** AUTORIZACIÓN DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHUNCHI.
- ANEXO I** FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1-2: Esquema del Procedimiento de trabajo.....	28
Imagen 2-2: Procedimiento para la determinación de pH, conductividad y sólidos disueltos.....	30
Imagen 3-2: Procedimiento para la determinación de Nitratos y Nitritos.....	32

RESUMEN

El objetivo fue la evaluación de la calidad físico química y microbiológica del agua de consumo humano en el Cantón Chunchi, provincia de Chimborazo, tomando muestras en puntos estratégicos antes y después del tratamiento convencional: en las vertientes, en puntos antes y después de la filtración, en el tanque reservorio y en viviendas localizadas en las redes domiciliarias alta, media y baja. Se analizó un total de 42 muestras. Se realizaron análisis físicos: pH, turbiedad, conductividad y sólidos totales disueltos utilizando el equipo Consort C562, excepto para la turbiedad que se utilizó un turbidímetro; análisis químicos: nitratos, nitritos, fluoruros y cloro libre residual utilizando el equipo HACH DR2800; y análisis microbiológicos mediante el método de número más probable (NMP) y de Petrifilm TM para coliformes fecales y totales; en el parasitológico se utilizó el método de centrifugación y flotación. Los procedimientos se realizaron tomando en cuenta la normativa NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos y la NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para análisis microbiológico. Los resultados obtenidos establecieron que el 100% de las muestras analizadas cumplen con los requisitos químicos; respecto a los parámetros físicos tanto la turbiedad, el pH y el color se encuentran en rangos fuera de lo establecido por la Norma correspondiente, cumpliendo únicamente con la calidad física la conductividad y los STD. De las 42 muestras analizadas el 70 % incumplen lo establecido para coliformes fecales y totales tanto por el método de NMP como por Petrifilm. En el análisis parasitológico el 50% de las muestras analizadas evidenciaron presencia de *Giardia lamblia* y el 100% ausencia total de *Cryptosporidium parvum*. Ya presentados todos los resultados físicos, químicos y microbiológicos se concluye que el agua del Cantón Chunchi no es apta para el consumo humano debido a que incumplen requisitos microbiológicos para Coliformes fecales y parasitológico en valores significativos, además de no cumplir totalmente con el requisito físico. Recomendando verificar que el tratamiento de desinfección que se lleva a cabo mediante cloro gas, se esté realizando correctamente y reemplazar los filtros de arena que ya no están cumpliendo con su función.

PALABRAS CLAVE: < TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MICROBIOLOGÍA>, <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO>, < AGUA POTABLE>, <CALIDAD DEL AGUA, <CONTAMINACIÓN DEL AGUA> < NTE INEN 1108:2014 >, <CHUNCHI (CANTÓN)>

SUMMARY

The objective was the evaluation of the physical chemical and microbiological quality of water for human consumption in the Chunchi Canton, Chimborazo province, taking samples at strategic points earlier and after the conventional treatment: in the slopes, at points earlier and after the filtration, in the reservoir tank and in housings located in the home networks high, medium and low. A total of 42 samples were analyzed. Physical analyses were performed: pH, turbidity, conductivity and total solids dissolved using the Consort C562 equipment, except for the turbidity that used a turbidimeter: Chemical analyses: nitrates, nitrites, fluorides and residual free chlorine using the HACH DR2800 equipment. And microbiological analyses using the most probable number method (NMP) AND Petrifilm TM for fecal and total coliforms; in the parasitological the centrifugation and flotation method was used. The procedures were carried out taking into account the regulation NTE INEN 1108:2014. Drinking water. Requirements and the NTE INEN 1105:1983. Waters. Sampling for microbiological analysis. The results obtained established that 100% of the analyzed samples comply with the chemical requirements; With respect to the physical parameters, the turbidity, the pH and the color are in ranges outside the established by the corresponding Norm, fulfilling only with the physical quality the conductivity and the STD. Of the 42 samples analyzed, 70% did not meet the requirements for fecal and total coliforms, both by the NPM method and by Petrifilm. In the parasitological analysis 50% of the samples analyzed demonstrated presence of *Giardia lamblia* and 100% of *Cryptosporidium parvum* absence. Already presented all the physical, chemical and microbiological results one concludes that the water of the Chunchi Canton is not suitable for human consumption because they break microbiological requirements for fecal coliforms and parasitological in significant values, in addition to not complying fully with the physical requirement. Recommending to verify that the disinfection treatment that is carried out using chlorine gas, it is being performed correctly and replace the sand filters that are no longer fulfilling with their function.

KEY WORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <MICROBIOLOGY>, <CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PHYSICAL ANALYSIS>, < DRINKING WATER>, <WATER QUALITY>, <WATER POLLUTION>, <NTE INEN 1108:2014>, <CHUNCHI CANTON>.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe el 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal. Por otro lado, se ha demostrado que las enfermedades transmitidas por el agua como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina. Hay una relación directa entre la mortalidad infantil y la cobertura y calidad del agua de consumo debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse de diarrea .(Aurazo, 2004a: p.13)

Los agentes patógenos transmitidos por el agua han constituido un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad e inocuidad del agua. El agua que ha pasado por plantas de tratamiento, ya apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse debido a varios factores como: conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos conrtraincendios dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad.(Marchand, 2002. p.10)

El impacto que tiene el agua sobre la salud se evidencia ya desde la mitad del siglo XX, cuando los científicos obtienen importantes conocimientos a través del análisis de muestras, sobre fuentes y efectos de contaminantes del agua potable. En 1855 el cólera cobró la vida de varios ingleses, científicos llegaron a la conclusión que se trataba de una enfermedad de transmisión hídrica. Pasteur gracias a sus importantes investigaciones explica como los microorganismos podían transmitir enfermedades a través del agua. (Prasai et al., 2007: p.112-114)

A nivel mundial los estudios sobre la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano, tanto para agua potable como agua subterránea, son numerosos debido a que se trata del líquido vital para el normal desarrollo de la sociedad. (Sánchez et al., 2000a: p.397)

La investigación realizada por (Sánchez et al., 2000b: pp. 397-406) en México, sobre la calidad bacteriológica del agua potable en Chiapas y su relación con diarreas y enteroparasitosis en niños de 1 a 14 años, concluyó que la calidad bacteriológica del agua y las enfermedades diarreicas no presentan asociación y solo el 31% de las muestras de agua poseen una mala calidad bacteriológica, recomendando como medida capacitar a la población para mejorar la calidad del agua de la zona.

En Ecuador también se han llevado a cabo varios estudios referentes a la evaluación de la calidad del agua potable; como es el estudio de la Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas, realizado por (Reascos y Saavedra, 2010a: pp.17-225) en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.

En la Universidad de Cuenca se realizó un estudio del Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños (Aucapiña y Velasco, 2011a: pp.11-164) y un estudio del Control Microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del Cantón Santa Isabel (Tacuri y Vintimilla, 2012a: pp.12-106)

En el 2015 en la Provincia de Chimborazo, en el Cantón Riobamba, parroquia de San Luis, se realizó un estudio similar que evaluó la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de esta parroquia, los resultados demostraron que el 85.7 %de las muestras presentaban coliformes totales y fecales, concluyéndose que el agua de la misma no es apta para el consumo humano.(Tierra, 2015, pp.13-63)

En el Ecuador en el registro de la calidad del agua, en una escala del 1 al 5, el agua potable a tiene una calificación de 3,5. Sin embargo, en el análisis por ciudades, la de Cuenca es la mejor calificada, al tener el 4,63. El agua potable de Ambato tiene una calificación de 4, 10 sobre cinco, mientras que el de Quito tiene 3,99; de Guayaquil 3,53 y el de Machala el 2,46, reporta el (INEC, 2014) demostrando así que puede contener algún grado de contaminación orgánica relacionada a la presencia de coliformes fecales y sedimentos así como de otros microorganismos ya que el análisis de la calidad del agua realizado, de acuerdo a la escala no son tan favorables

Chunchi es uno de los cantones pertenecientes a la provincia de Chimborazo, Ecuador, según los datos obtenidos en el VII Censo de Población y VI de Vivienda en el año 2010 elaborado por el INEC, posee una población de 12.205 habitantes y un total de viviendas de 5.072, tanto en el sector urbano como rural. Contiene 5 parroquias que son: Chunchi Matriz, Gonzol, Capzol, Llagos y Compud. Se encuentra a 130 km de Riobamba, limita al sur con la provincia de Cañar.

EMAPACH, la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Chunchi fue creada mediante Ordenanza aprobada por el Concejo Municipal del cantón Chunchi en sesiones celebradas el 15 y 23 de septiembre de 2005.

La empresa brinda servicios de agua potable y alcantarillado a 1430 usuarios del cantón. Se encarga de la administración del ciclo del agua, desde la captación en las fuentes de BACÚN Y SAGUAN, para el ciclo de conducción, potabilización, distribución, recolección de las aguas servidas, su conducción y tratamiento hasta el manejo de las mismas al Rio Picay.

La calidad físico-química y microbiológica del agua para consumo humano, implica de gran manera en la calidad sanitaria del agua que se distribuye a una población y esta a su vez implica de manera significativa en la salud de las personas y en la salud de los ecosistemas.

Es necesario proveer agua que cumpla con los requisitos que establece la NTE INEN 1108:2014 “Agua potable. Requisitos”, para asegurar y garantizar agua de calidad e inocuidad. La población ampara a leyes nacionales e internacionales que exigen agua inocua garantizando la calidad de la misma, leyes nacionales como; Derechos del buen vivir, Ley de aguas para el Buen Vivir “Sumak Kawsay”, Ley de Gestión Ambiental, Ley Orgánica de Salud que además se sujeta a directrices internacionales como Objetivos de Desarrollo del Milenio sobre agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud. Este tipo de leyes dictan acciones y servicios de promoción y atención integral de la salud.

El agua que es consumida por los usuarios del Cantón Chunchi, pasa por un proceso de desinfección mediante cloro gas, el mismo es llevado a cabo por trabajadores de la EMAPACH (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Chunchi), sin ninguna supervisión de un experto, clorando con métodos o en cantidades que desde tiempo atrás no han sido supervisadas o reevaluadas.

Al no existir información con mayor detalle sobre la calidad del agua del Cantón Chunchi, la presente investigación pretende facilitar una herramienta informativa de las condiciones del agua de dicho Cantón, y de esta manera aportar con el monitoreo y control en varios puntos críticos, por lo que sus representantes están de acuerdo en dar la apertura y el apoyo necesario para la realización de esta investigación.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General.

Evaluar la calidad físico química y microbiológica del agua de consumo humano en el Cantón Chunchi.

Objetivos Específicos.

- Realizar un muestreo en varios puntos principales del sistema de abastecimiento de agua potable del Cantón Chunchi.
- Determinar la calidad del agua para consumo humano mediante el control de los parámetros físico-químicos y comparar con los requisitos establecidos en la Norma INEN 1108:2014.
- Determinar la calidad microbiológica del agua para consumo humano y comparar con los requisitos establecidos en la Norma INEN 1108:2014.
- Realizar una socialización con los trabajadores y las autoridades pertinentes de EMAPACH, presentándoles los resultados obtenidos en este trabajo y poniendo a su conocimiento las Normas y Técnicas utilizadas para el mismo.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Agua

El agua constituye el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H₂O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso. (Cajamarca y Contreras , 2011a: p.12)

El agua además de ser una sustancia imprescindible para la vida por sus múltiples propiedades es ampliamente usada para actividades agrícolas, industriales y consumo doméstico, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados del planeta. De ahí radica la importancia de conservarla y mantener libre de contaminación las fuentes naturales, para garantizar su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones. (Tacuri y Vintimilla, 2012b:p.15)

Los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la tierra lo que constituye alrededor del 70%; sin embargo de toda el agua existente en la naturaleza la mayor parte es salada, y tan solo el 1% del agua es dulce convirtiéndose cada vez en un recurso más escaso, mientras que las necesidades de la humanidad son cada vez mayores. (Reascos y Saavedra, 2010b: p.25)

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades, causado por la contaminación de la misma, con

desechos humanos, animales o químicos. Por lo que es imprescindible el control permanente del líquido vital tanto en su calidad físico-química como microbiológica.(Tacuri y Vintimilla ,2012c: p.16)

1.2.1. Fuentes de Agua

1.2.1.1 Aguas Superficiales

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra y proviene de las precipitaciones que no se infiltran ni regresan a la atmósfera por evaporación. (Aucapiña y Velasco, 2011b: p.17)

El agua de superficie es el agua más fácil de entender ya que la vemos cada día. Es cualquier agua que viaja o se almacena sobre el suelo. Esto sería el agua que está en ríos, los lagos, las corrientes, los depósitos, aún en los océanos (aunque no podamos beber el agua salada).(Reascos y Saavedra, 2010c: p.30)

1.2.1.2 Aguas Subterráneas

Parte del agua de la lluvia se filtra a través de los espacios existentes en las formaciones rocosas, dando origen a corrientes subterráneas que pueden llegar a capas impermeables donde se acumulan y forman verdaderas lagunas en el subsuelo. La cantidad de agua superficial filtrada depende del aspecto físico-geográfico del terreno. Este tipo de agua puede permanecer bajo tierra durante cortos periodos o miles de años constituyéndose un reservorio natural. (Aucapiña y Velasco, 2011c: p.17)

A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un 20% de las aguas dulces, que a su vez constituyen el 3% del total; el 80% restante está formado por las aguas superficiales; un 79% es hielo y el 1% representa el agua presente en ríos, lagos y arroyos. (Reascos y Saavedra, 2010d: p.30)

1.2.1.3. Manantial

El un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área restringida. Estos pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos directamente. Su localización está en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de los estratos permeables e impermeables y el perfil del relieve, ya que un manantial aparece donde el nivel freático se corta con la superficie de la tierra. Los manantiales pueden ser permanentes: son aquellos en que su caudal se encuentra permanente en sitios determinados durante tiempos indefinidos; o intermitentes: Son aquellos en los que su caudal pasa de ser muy escaso o nulo a ser muy importante durante breve tiempo, debido a que la descarga se hace a través de un sifón. Estos manantiales son exclusivos de las formaciones calcáreas. (Reascos y Saavedra, 2010e: p.31)

1.2.2. Agua Potable

Se denomina agua potable aquella que es apta para consumo humano y que satisface las condiciones y requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos; es decir, sin olor ni color, libre de cualquier gusto objetable, además de tener una temperatura razonable entre 17 y 18 °C y pueda ser consumida en cantidades deseables sin preocupación de efectos desfavorables sobre la salud. (Cruz, 2006a, p.14)

Según la (NTE INEN, 2011) Agua Potable es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. Por otra parte la (NTE INEN, 2011) también define al agua cruda como el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

1.2. Contaminación del agua

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre, debido a que es un fenómeno ambiental y que se inicia desde los primeros intentos de industrialización. Se entiende como contaminación a la alteración en la composición química, física y microbiológica, de tal manera que resulta menos apta para los propósitos en los cuales es empleada como consumo humano, riego para la producción agropecuaria, la industria, generación de energía, entre otros.(Reascos y Saavedra, 2010f: p.31)

La contaminación microbiana del agua constituye uno de los peligros más representativos, alterando la calidad del agua y provocando que la comunidad quede expuesta al riesgo de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Los excrementos pueden ser fuente de microorganismos patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Estos microorganismos pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta cuadros graves de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea, entre otras.(Cajamarca y Contreras, 2011b: p.12)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de todas las enfermedades en el mundo en desarrollo, son causadas por la falta de agua limpia y saneamiento adecuado, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes sobre todo en los niños.(Plaza, 2015, p.1)

1.2.1. Contaminantes más comunes del agua.

1.2.1.1. Contaminantes biológicos.

Dentro de esta clasificación se encuentran los microorganismos parásitos, bacterias, hongos, virus, los cuales pueden llegar a ser patógenos causantes de enfermedades como fiebre tifoidea, hepatitis, disenterías.(Neira y León, 2013a: p.28)

1.2.1.2. Contaminantes químicos más comunes

Dentro de los contaminantes químicos se encuentra los detergentes sintéticos y fertilizantes ricos en fosfatos; pesticidas orgánicos como el DDT, aldrín, dieldrín, etc; productos químicos inorgánicos como los nitratos, nitritos, fluoruros, arsénico, selenio, mercurio; petróleo y sus derivados como el alquitrán, aceites, combustibles. (Neira y León, 2013b: p.28)

1.2.2. Enfermedades producidas por la Contaminación del Agua

Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por factores tales como: agua estancada con criadero de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. (Reascos y Saavedra ,2010g: p.32)

Las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y a servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas de origen superficial como ríos, lagunas y lagos son las se encuentran aún en mayor riesgo debido a que la fuente de agua está expuesta a la contaminación fecal.

Tabla1-1: Enfermedades y síntomas producidos por bacterias

ENFERMEDAD	SÍNTOMA
<i>Aeromonas spp.</i> Enteritis	Diarrea muy líquida, con sangre y moco
<i>Campylobacter jejuni</i> Campilobacteriosis	Gripe, diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas.
<i>Escherichia coli</i>	Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebres, uremia, daños hepáticos.
<i>Plesiomonas shigelloides</i> Plesiomonas-infección	Dolores de estómagos, diarrea, fiebre, a veces vómitos.
<i>Salmonella tiphy</i>	Fiebre

Fiebre tifoidea	
<i>Salmonella spp.</i> Salmonelosis	Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve.
<i>Streptococcus spp</i>	Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos.
<i>Vibrio El Tor</i> (agua dulce) Cólera forma leve	Fuerte diarrea

Fuente: (Reascos y Saavedra,2010h): p.33)

Tabla 2-1: Enfermedades y síntomas producidos por protozoos

ENFERMEDAD	SÍNTOMA
<i>Entamoeba</i> Disentería ameboides	Fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre.
<i>Cryptosporidium parvum</i> Criptosporidiosis	Sensación de mareo, vómitos, diarrea acuosa, falta de apetito.
<i>Giardia lamblia</i> Giardiasis	Diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga

Fuente: (Reascos y Saavedra,2010i: p.33)

1.3. Tratamiento del agua para obtención de agua potable.

Este proceso nace como consecuencia del descubrimiento de que a través del agua se puede transmitir patógenos y sustancias nocivas que puedan producir enfermedades; entonces el tratamiento de las aguas naturales tiene como propósito eliminar los microorganismos, sustancias químicas, caracteres físicos y radiológicos que sean nocivos para la salud humana. Su objetivo se enfoca a los siguientes aspectos.(Cajamarca y Contreras, 2011c: p.24)

1.3.1. Proceso de Tratamiento

1.3.1.1. Aeración del agua

Es el proceso mediante el cual se permite ampliar el área de contacto del agua con el aire para coaccionar el intercambio de sustancias volátiles. Su objetivo consiste en:

- Remoción de gases: Como gas carbónico (presente de forma natural), gas sulfhídrico (producto de putrefacción o fermentación de desechos orgánicos), etc.
- Introducción de oxígeno: Para oxidar compuestos como el hierro y manganeso y posteriormente lograr su remoción mediante la decantación y filtración.
- Eliminar causantes de malos olores y sabores: gas sulfhídrico, hierro, manganeso, etc.

Para su correcta aplicación, se debe tomar en cuenta diversos criterios y cálculos para el diseño de los aireadores. En el caso de aireadores de cascadas, el diseño consiste en escalones concéntricos; en donde, se debe establecer el tiempo de contacto, la altura de cada escalón, así como la altura total del aireador y el número de plataformas o escalones.

Es de gran utilidad construir los aireadores acompañados de difusores, con el objetivo de mejorar la velocidad de reacción. Este procedimiento es de gran utilidad por las ventajas que presenta, sin embargo puede limitarse su aplicación para la remoción de malos olores, sobre todo cuando ciertas sustancias causantes no son lo suficientemente volátiles; tal como sucede con los aceites esenciales de las algas.(Cajamarca y Contreras, 2011d: p.25)

1.3.1.2. Coagulación

Se entiende como el proceso de desestabilización eléctrica (anulación de las cargas) de algunas partículas mediante la adición de sustancias químicas (coagulantes, alcalinizantes, coadyuvantes de la coagulación: polímeros), para transformar las impurezas en suspensiones finas o coloides que posteriormente serán removidas por decantación y filtración.(Cajamarca y Contreras, 2011e: p.26)

Esta operación se efectúa a través de una mezcla rápida, sometiendo al agua a una agitación intensa para formar una solución homogénea con los coagulantes en el menor tiempo posible. Este procedimiento tiene como propósito:

- Remoción de turbiedad, color y sustancias productoras de sabor y olor.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destrucción de algas y plancton en general.

1.3.1.3. Floculación

Es el proceso mediante el cual se logra la aglomeración de las partículas producto de la coagulación, mediante la agitación moderada del agua, formando otras de mayor tamaño y peso específico; llamado: floculo.

El objetivo consiste en reunir microfloculos para formar partículas con peso específico superior al del agua y compactarlas disminuyendo su grado de hidratación y producir una concentración volumétrica baja; lo cual mejorará la eficacia de los procesos de sedimentación y filtración.

Tomando en cuenta que los parámetros para el diseño siguen siendo el tiempo de mezcla y el gradiente de velocidad; la combinación de fases permitirá la mejor formación del floculo, de modo que la mezcla rápida dispersará de manera uniforme e instantánea los productos químicos y la mezcla lenta permitirá el desarrollo del floculo.(Cajamarca y Contreras, 2011f: p.28)

1.3.1.4. Decantación (Sedimentación)

Es el mecanismo mediante el cual se promueve por acción de la gravedad, el depósito del material en suspensión en tanques o decantadores. La remoción del material en suspensión y materia floculante, se conseguirá al reducir la velocidad del agua, hasta lograr que las partículas se depositen en un tiempo determinado.

Este paso consiste en una preparación del agua para la filtración, de modo que su eficiencia será proporcional al proceso de filtración.(Cajamarca y Contreras, 2011g: p.28)

1.3.1.5. Filtración

Consiste en hacer pasar el agua a través de superficies porosas que puedan retener o remover cualquier impureza que haya quedado presente. Un medio útil consiste en usar la arena soportada por capas de piedras bajo las cuales se tendrá un sistema de drenaje. El paso del agua por este sistema poroso generará:

- Remoción de material en suspensión y sustancias coloidales.
- Reducción de bacterias presentes.
- Alteración de las características físicas e incluso químicas del agua

1.3.1.6. Desinfección (Cloración)

La cloración es un método de desinfección que se utiliza para el tratamiento de plantas de agua, este método es seguro, práctico y efectivo para destruir eficientemente la mayoría de organismos patógenos. (Cajamarca y Contreras, 2011h: p.29)

La cloración se la puede realizar con los siguientes elementos:

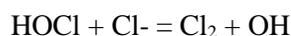
- Cloro gaseoso
- Cloro líquido
- Hipocloritos
- Cloraminas

El uso de cloro y sus derivados como desinfectante es recomendable basándose en varios criterios los cuales son:

- Poseer un amplio espectro germicida a temperatura ambiente y en corto tiempo.
- Su grado de concentración en el agua se puede determinar de forma sencilla.
- En dosis usadas para desinfección, es inocuo para el hombre y animales.
- Deja un efecto residual que representará un método de protección continua en caso de posteriores contaminaciones.
- Son de fácil adquisición, por ser económicos y eficaces

Química de la Cloración (Hidrólisis del cloro gaseoso)

Al entrar en contacto el cloro con el agua, se produce la hidrólisis del mismo, formando ácido hipocloroso (HOCl):



La propiedad antioxidante se mantiene por acción del ácido hipocloroso formado durante la hidrólisis, el cual ejerce el efecto germicida. Este ácido débil se ioniza a su vez en iones hidrogeno e hipoclorito (OCl⁻):



El ácido hipocloroso y el ión hipoclorito forman lo que se denomina Cloro Libre Residual. Al tener aguas con un rango de pH entre 6,5 y 8,5 la reacción es incompleta lo cual provoca que ambas especies se encuentren en distinto porcentaje en función del pH. (Cajamarca y Contreras, 2011i: p.30)

Tabla 3-1: Distribución del OCl⁻ y HOCl en función del pH del agua

pH	OCl ⁻ (%)	HOCl (%)
5,5	0,23	99,77
6	0,46	99,54
6,5	1,45	98,55
7	4,46	95,54
7,5	12,86	87,14
8	31,82	68,18
8,5	59,61	40,39
9	82,36	17,64
9,5	93,65	6,35

Fuente: (Cajamarca y Contreras, 2011j: p.31)

Entonces es recomendable en la cloración que el pH se encuentre por debajo de 7,5; debido a que la eficacia del ácido hipocloroso es mayor por lo menos 80 veces que la del ión hipoclorito.

Eficacia del cloro como desinfectante del agua

La cloración es el método más usado de desinfección en plantas de tratamiento desde el siglo pasado, sin embargo su modo de acción en los patógenos no está completamente esclarecido.

Se sabe que el ácido hipocloroso penetra en la pared celular alterando la permeabilidad e integridad de la misma, luego de lo cual puede reaccionar con las enzimas esenciales que intervienen en los procesos respiratorios de la célula, provocando su destrucción.

Se puede explicar el mayor poder desinfectante del ácido hipocloroso que el ión hipoclorito, debido a que el HOCl es una molécula neutra y de reducido tamaño, razón por la cual se cree que podría atravesar con mayor facilidad la pared celular que la molécula de OCl.^(Cajamarca y Contreras, 2011k: p.32)

1.4. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua potable

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 ser más rápidos, económicos y fáciles de identificar.^(Cajamarca y Contreras, 2011l: p.13)

El agua a pesar de ser el elemento fundamental para la existencia de los animales incluido el hombre, actúa además como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos. El peligro más común y más difundido relativo al agua es el de su contaminación directa o indirecta por aguas servidas, desechos, o de las excretas del hombre o animales.^(Tacuri y Vintimilla, 2012d: p.16)

La realización de frecuentes exámenes para determinar si el agua contiene organismos indicadores de contaminación fecal sigue siendo el modo más sensible y específico de estimar la calidad de agua desde el punto de vista de la higiene.

Los indicadores microbianos de la calidad del agua son principalmente: *Escherichia coli*, Coliformes totales, Coliformes fecales, mesófilos heterófilos viables y los enterococos.(Cruz ,2006b: pp.16-17)

En el Ecuador la norma técnica reguladora considera que los requisitos microbiológicos a cumplir en el agua de consumo humano, agua potable, son determinaciones de coliformes fecales, *Cryptosporidium* y *Giardia*.

Tabla 4-1: Requisitos microbiológicos del agua potable

	Máximo
Coliformes fecales (1):	< 1,1 *
Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de quistes/ 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	

Fuente: NTE INEN 1108:2014. Requisitos. 2014. p.4.

1.4.1. Coliformes fecales

Estas bacterias se define como el grupo de organismos Coliformes que pueden fermentar la lactosa entre 44 y 45 °C, comprende especies del género *Escherichia* y en menor grado, especies de los géneros *Proteus*, *Klebsiela*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los Coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en la flora intestinal del hombre y en el de otros animales de sangre caliente. Hay diversas cepas de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte. (Cruz, 2006c: p.18)

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. (Tierra ,2015b :p.16)

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, entre otros.

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. Su identificación no es suficiente para concluir que se trata de agua apta para el consumo, ya que virus y protozoos entéricos son netamente resistentes a procesos de desinfección.(Tierra ,2015c: p.16)

Los coliformes fecales y en particular *Escherichia coli*, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras; además este grupo se transmite principalmente por la vía fecal-oral. Los alimentos, el agua potable y la recreación pueden ser la principal vía de transmisión; causando enfermedades principalmente en los niños.(Cajamarca y Contreras, 2011m: p.17)

En un plano ideal, el agua potable o de beber no debe contener ningún microorganismo del que se sepa que es patógeno, ni ninguna bacteria indicativa de contaminación fecal. Para asegurarse que un abastecimiento de agua esté libre de patógenos es necesario examinar periódicamente muestras de agua. La detección de *Escherichia coli* constituye una prueba decisiva de contaminación fecal. En la práctica, la detección de coliformes fecales constituye una alternativa aceptable. (López y Martínez, 2007a: p.2)

1.4.2. *Cryptosporidium*

Los coccidios del género *Cryptosporidium* son parásitos intracelulares obligados con un ciclo biológico complejo, que incluye la reproducción sexual y asexual. Produce quistes de pared gruesa de 4 a 6 um de diámetro que se eliminan por las heces. El género *Cryptosporidium* está compuesto por unas ocho especies. *C. parvum* es la responsable de la mayoría de las infecciones en el ser humano, aunque otras especies también pueden causar enfermedades. *Cryptosporidium* es uno de los mejores ejemplos de microorganismo causante de una «enfermedad emergente». Hasta 1976 no se descubrió que infectaba a las personas y la transmisión por el agua se confirmó por vez primera en 1984.(OMS,2006a : p. 205)

1.4.3. *Giardia lamblia*

El género *Giardia* está formado por protozoos flagelados que parasitan el aparato digestivo del ser humano y de ciertos animales. El género *Giardia* comprende diversas especies, pero la infección que afecta a las personas (giardiasis) suele atribuirse a la especie *G. intestinalis*, también conocida como *G. lamblia* o *G. duodenalis*. El ciclo biológico de *Giardia* es relativamente sencillo: comprende un trofozoíto flagelado que se reproduce en el aparato digestivo y un quiste infeccioso de pared gruesa que se elimina de forma intermitente, pero en grandes cantidades, en las heces. Los trofozoítos presentan simetría bilateral y tienen forma elipsoidal. Los quistes son ovoides y su diámetro es de 8 a 12 um.(OMS, 2006b: p.208)

1.5. Indicadores Físico-Químicos de la calidad del agua potable.

“Cuando un consumidor abre el grifo y descubre que el agua presenta color, éste pone en duda su garantía sanitaria. El color junto con la turbidez, el olor y el sabor son los parámetros que usa el consumidor para establecer si el agua es saludable y apta para el consumo humano, o no.” (López y Martínez, 2007b: p.16)

1.5.1. Indicadores físicos

Las Características Físicas son llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, entre otros.), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. (Aucapiña y Velasco, 2011d: p.26)

Se consideran importantes las siguientes:

- pH;
- Temperatura;
- Color; olor y sabor;
- Sólidos solubles e insolubles,
- Turbiedad.
- Conductividad

1.5.1.1. Color

El color del agua puede estar determinado o condicionado por diversos elementos dentro de los cuales están: iones metálicos naturales como hierro, manganeso, materia orgánica coloreada relacionada con el humus de la tierra y turbas, plancton, restos vegetales y residuos industriales, dependiendo la fuente. Dicha coloración se debe eliminar mediante diversos tratamientos dependiendo de la composición de la misma para adaptarlo al uso que se le desee dar.

Existen dos tipos de color, el Real y el aparente; el primero se refiere al color del agua cuya turbidez ha sido eliminada, mientras que el segundo comprende el color debido a sustancias disueltas y a materia en suspensión. (Tacuri y Vintimilla, 2012e: p.21)

1.5.1.2. Sabor Y Olor

Las causas principales de sabor y olor en el agua se deben en mayor medida a la presencia de sustancias orgánicas en descomposición y sustancias volátiles. Algunos olores indican incremento en actividad biológica y otros son comparables con contaminación industrial. Son dos parámetros que permiten de manera rápida evaluar deficiencias en el proceso de tratamiento del agua.

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, 2015d: p.10)

1.5.1.3. Turbiedad

Se define como la capacidad que presenta el material suspendido en el agua para obstaculizar la entrada de la luz. La unidad de medida es en mg/L. La turbidez se trata por medio de métodos de coagulación, sedimentación y filtración. La transparencia del agua es importante para la elaboración de productos destinados para consumo humano. La turbiedad del agua es producida por la presencia en suspensión de material coloidal como arcilla, fango, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y otros microorganismos microscópicos.(Aucapiña y Velasco, 2011e: p.30)

1.5.1.4. pH

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentemente utilizadas en el análisis químico del agua.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la floculación y la desinfección.(Aucapiña y Velasco, 2011f: p.100)

1.5.1.5. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos y la desinfección. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.(Aucapiña y Velasco ,2011g: p. 110)

1.5.1.6. Conductividad

Es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. (Reascos y Saavedra, 2010j: p.40)

1.5.2. Indicadores Químicos

Existen varios compuestos químicos disueltos dentro de la constitución del agua que pueden ser de origen natural e industrial debido a contaminación, que de acuerdo a su concentración y composición generarán beneficio o daño al consumidor. Los metales hierro y manganeso en baja concentración cambian el color del agua y dañan tuberías al formar hidróxido férrico y óxido de manganeso al oxidarse.(Tierra, 2015d: p. 205)

1.5.2.1. 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; las concentraciones en el agua de consumo son, al parecer, menores que 5 µg/l. Forma aleaciones con Cr, Pb y Sn de fuerte dureza.(OMS, 2006)

- 1.5.2.2.** *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)
- 1.5.2.3.** *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)
- 1.5.2.4.** *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)
- 1.5.2.5.** *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)
- 1.5.2.6.** *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)
- 1.5.2.7.** *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)

- 1.5.2.8.** *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)
- 1.5.2.9.** *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)
- 1.5.2.10.** *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)
- 1.5.2.11.** *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)
- 1.5.2.12.** *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)
- 1.5.2.13.** *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)

- 1.5.2.14.** *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)
- 1.5.2.15.** *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)
- 1.5.2.16.** *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)
- 1.5.2.17.** *Fosfatos:* Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fosforo 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. 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.(OMS, 2006)

Tabla 5-1: Requisitos físicos y químicos del agua potable

<i>PARAMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	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*	mg/l	0,3 a 1,5 1)
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 *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<p>1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos</p> <p>* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu</p> <p>** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra</p>		

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

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Población de estudio y localización de los puntos de muestreo

La población de estudio es el agua de consumo humano, agua entubada o agua cruda del sistema de distribución del Cantón Chunchi. Se determinó 14 puntos de muestreo los cuales corresponden a los siguientes lugares: 4 Vertientes localizadas en la parroquia Bacún, tanque en donde se unen 3 de las vertientes ubicadas en Bacún, 1 Vertiente localizada en la parroquia Saguán, antes de la Filtración agua proveniente de Bacún, después de la Filtración agua proveniente de Bacún, antes de la filtración agua proveniente de Saguán, después de la filtración agua proveniente de Saguán, Tanque reservorio, después del tratamiento en la Red alta, media y baja; como se indica a continuación en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Puntos de Muestreo en el sistema de distribución de agua potable del cantón Chunchi.

PUNTOS DE MUESTREO	REPETICIONES (Triplicado)	CANTIDAD DE MUESTREOS	FECHA
Vertiente 1	V1A, V1B, V1C	1	16-08-2016
Vertiente 2	V2A, V2B, V2C	1	16-08-2016
Vertiente 3	V3A, V3B, V3C	1	16-08-2016
T123	T123A,T123B,T123C	1	16-08-2016
Vertiente 4	V4A, V4B, V4C	1	16-08-2016
Vertiente 5	V5A, V5B, B5C	1	16-08-2016
AFV	AFV1, AFV2, AFV3	1	16-08-2016

DFV	DFV1, DFV2, DFV3	1	16-08-2016
AFS	AFS1, AFS2, AFS3	1	16-08-2016
DFS	DFS1, DFS2, DFS3	1	16-08-2016
Tanque Reservorio	TR1, TR2, TR3	1	16-08-2016
Red Alta	RA1, RA2, RA3	1	16-08-2016
Red Media	RM1, RM2, RM3	1	16-08-2016
Re Baja	RB1, RB2, RB3	1	16-08-2016

T123 = Tanque en donde se une el agua proveniente de las vertientes 1,2 y 3.

AFV = Antes de la filtración agua proveniente de Bacún.

DFV= Después de la filtración agua proveniente de Bacún.

AFS = Antes de la filtración agua proveniente de Saguán.

DFS= Después de la filtración agua proveniente de Saguán.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

2.2. Flujograma de trabajo

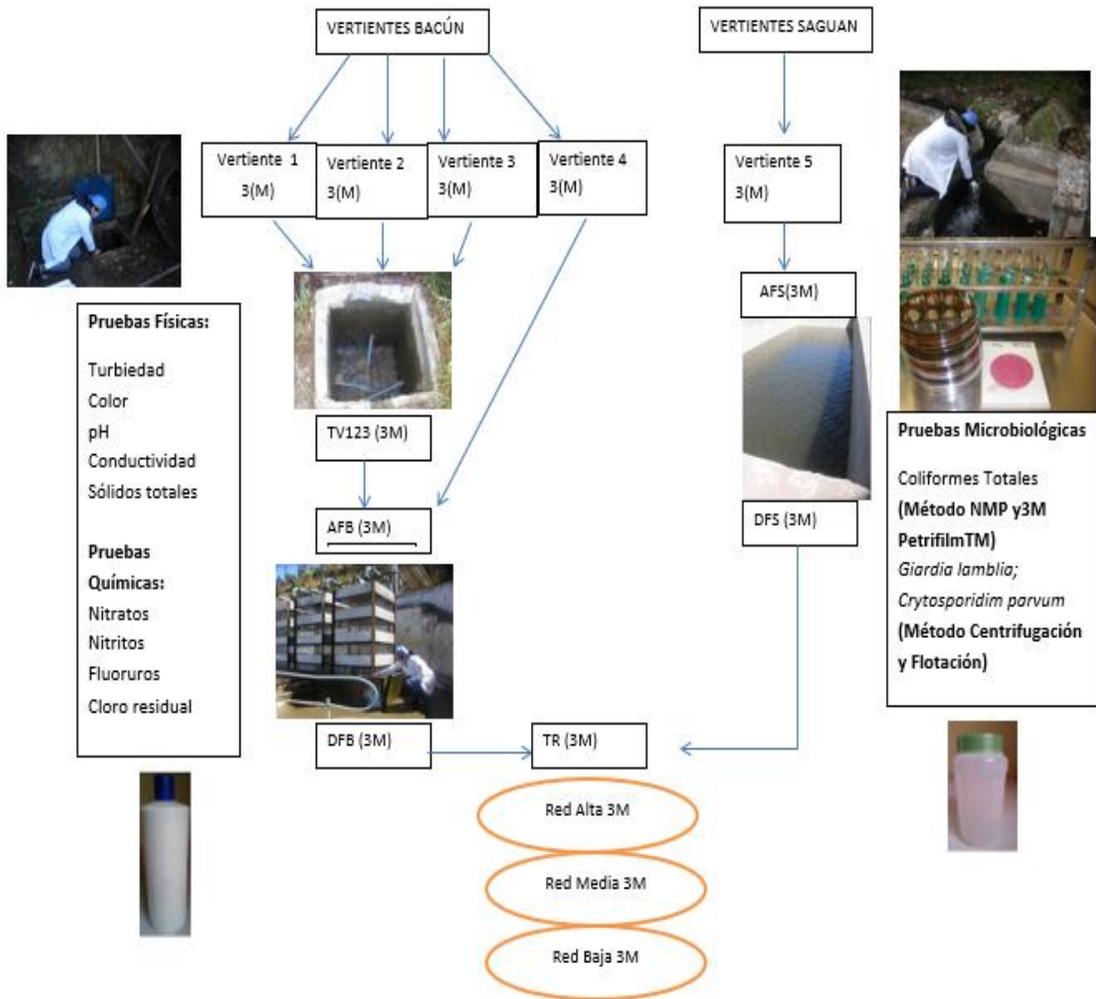


Imagen 1-2: Esquema del Procedimiento de trabajo

Realizado por: MOLINA, J. 2016

2.3. Técnica de muestreo.

Para las determinaciones físicas y químicas se usó recipientes de polietileno de alta densidad tal lo indica la NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, y para el análisis microbiológico se utilizó recipientes estériles libres de sustancias tóxicas. Se codificaron los frascos de una forma clara y durable para evitar confusiones al momento de realizar los diferentes análisis en el Laboratorio.

Para la conservación de muestras se utilizó un cooler con gel packs, manteniéndolas así a una temperatura adecuada durante el traslado y hasta el momento de realizar los análisis en el laboratorio; basándonos en el procedimiento descrito por la NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras.

Para el muestreo del tanque que ya ha recibido un tratamiento con cloro se utilizó frascos de vidrio con una solución de tiosulfato de sodio al 10% 0,1mL por cada 125mL de muestra, lo cual enmascara el cloro y evitó que las bacterias desaparezcan y pudieran ser analizadas.

Durante el muestreo en las diferentes viviendas fue necesario escoger un grifo que suministre agua directamente de una tubería de la red de distribución, desinfectar la boca del grifo con una llama o métodos alternativos de eficacia equivalente, por ejemplo con una solución de alcohol desinfectante al 70% y posteriormente abrir completamente el grifo y dejar que el agua fluya por 2 o 3 minutos.

Para evitar todo tipo de contaminación se tomó el frasco de su base, sacando el tapón y sin tocar las paredes internas. Su volumen fue inferior a 100 mL y fue importante procurar no llenar el frasco pues se pudo haber perdido la muestra. Excepto en las muestras para determinar parámetros físicos y químicos, se llenaron los frascos completamente y se taparon de tal forma que no exista aire sobre la muestra.

Para el examen bacteriológico se transportó la muestra en un cooler con gel packs, su temperatura fue menor a 5°C y el análisis se inició en un tiempo no mayor a 6 horas. De acuerdo a la NTE INEN 1105:1984 Aguas. Muestreo para examen microbiológico

2.4. Análisis de muestras

2.4.1. Análisis físico

2.4.1.1. Determinación de pH, conductividad y sólidos disueltos

Para la determinación de estos parámetros se utilizó el equipo Consort C562 y se realizó el siguiente procedimiento:

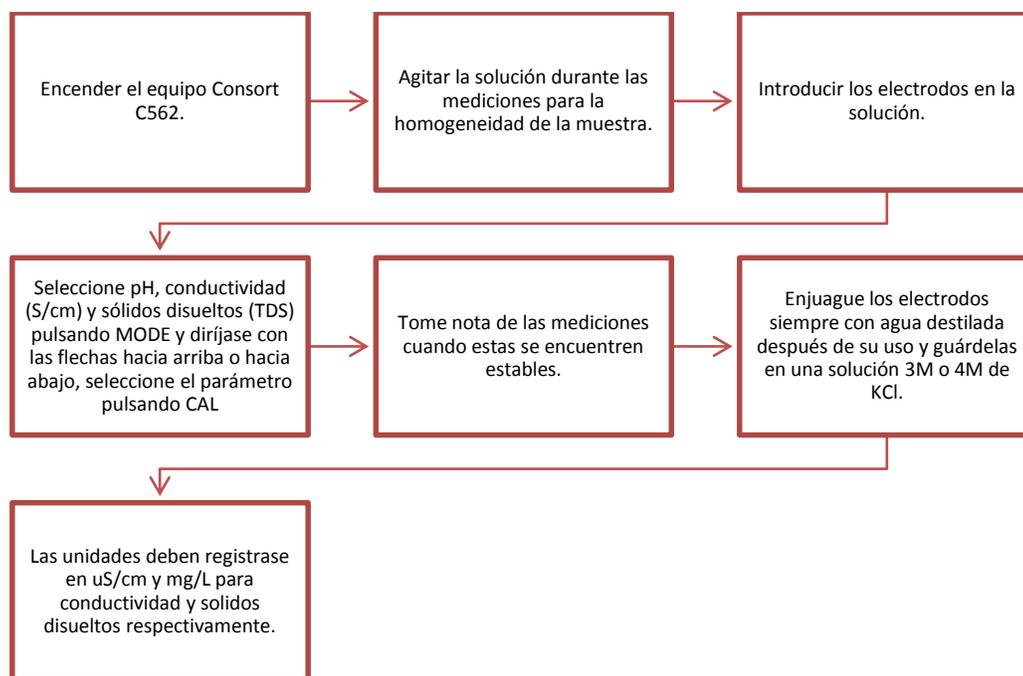


Imagen 2-2: Procedimiento para la determinación de pH, conductividad y sólidos disueltos

Realizado por: MOLINA, J. 2016

2.4.1.2. *Determinación del color.*

Para este análisis se utilizó el equipo HACH DR2800 y se siguieron los siguientes pasos:

- ✓ Encender el equipo HACH DR2800.
- ✓ Seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.
- ✓ Seleccionar el test: 125 Color 465nm.
- ✓ Colocar 10 mL de agua destilada en una celda, limpiar bien el exterior de la misma y seleccionar en la pantalla “CERO”.
- ✓ Colocar 10 ml de la muestra en una celda, limpiar el exterior de la misma y seleccionar en la pantalla “MEDICIÓN”
- ✓ Tomar la lectura que indica el equipo dado en PtCo.

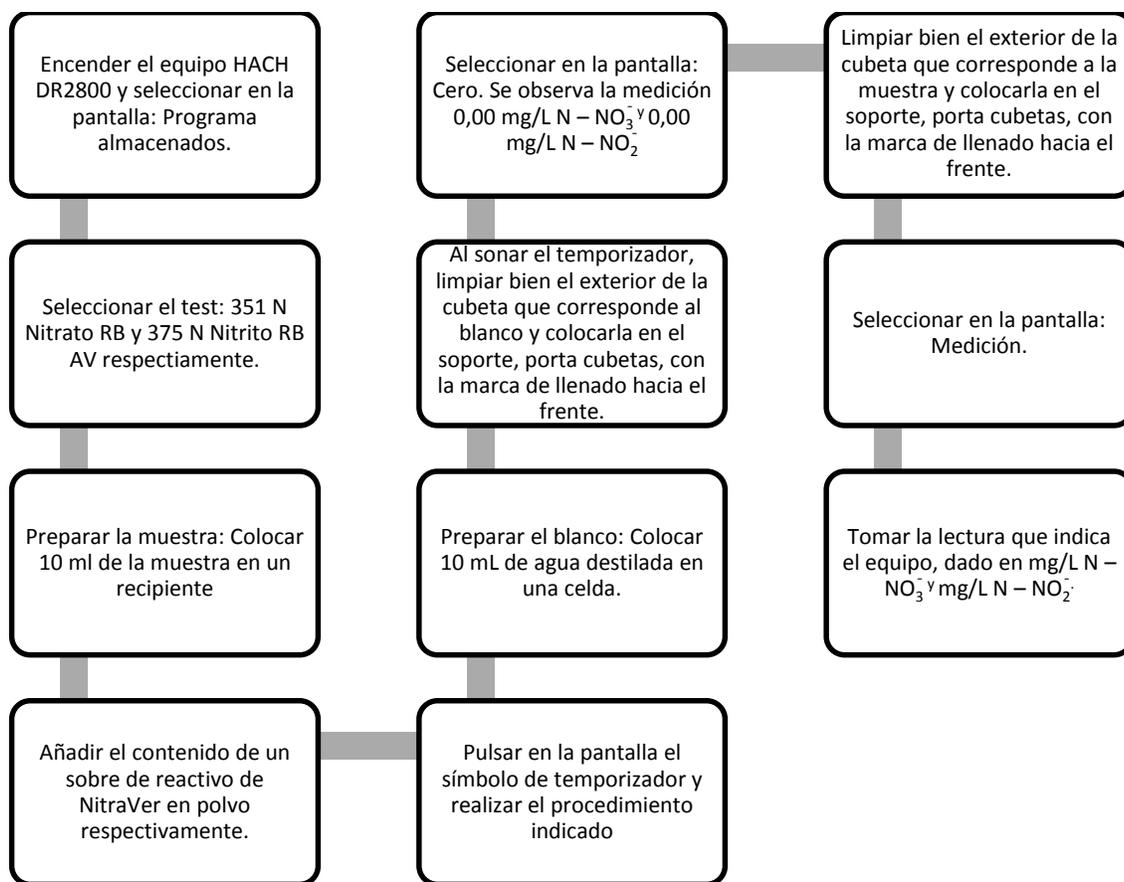
2.4.1.3. *Determinación de turbiedad.*

- ✓ Primero encender el Turbidímetro.
- ✓ Colocar en la celda la muestra hasta que llegue a la marca indicada.
- ✓ Colocar la celda dentro de la porta celdas y luego cerrar.
- ✓ Tomar la lectura, dado en NTU (Unidad Nefelométrica de turbidez)

2.4.2. Análisis químico

2.4.2.1. *Determinación de Nitratos y Nitritos*

Para estos análisis se utilizó el equipo HACH DR2800 y se realizó el siguiente procedimiento:



Imágen 3-2: Procedimiento para la determinación de Nitratos y Nitritos.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

2.4.2.2. Determinación de fluoruros

Para este análisis se utilizó el equipo HACH DR2800

- ✓ Encender el equipo HACH DR2800 y seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.
Seleccionar el test: 190 Fluoruros.
- ✓ Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda y añadir 2 mL del reactivo SPADNS.
- ✓ Preparar la muestra: Colocar 10 ml de la muestra en una celda y añadir 2 mL del reactivo SPADNS.
- ✓ Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar Ok. Esperar el período de reacción, 1 minuto.

- ✓ Después del tiempo establecido por 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 observa la medición 0,00 mg/L F.
- ✓ 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/L F

2.4.2.3. Determinación de cloro residual

Para este análisis se utilizó el Kit de pruebas de discos de colores HACH, modelo CN-66

- ✓ Tomar 10 ml de agua destilada y colocar en uno de los discos.
- ✓ Tomar in situ 10 ml de la muestra y colocar en el segundo disco.
- ✓ Añadir el reactivo en polvo DPD en el disco que contiene la muestra.
- ✓ Pasado 5 min verificar el color que presenta comparándolo con el disco que contiene el agua destilada.
- ✓ Observar la medición exacta cuando los dos discos son de igual color.

2.4.3. Análisis microbiológico

2.4.3.1. Determinación de Coliformes fecales por el Método NMP

- ✓ Preparar medio de cultivo agua peptonada al 0.1 %.
- ✓ Preparar medio de cultivo caldo verde bilis brillante al 2%.
- ✓ Preparar medio de cultivo Eosina Azul de Metileno (EAM).
- ✓ Diluir 10 ml de la muestra en 90 ml de agua peptonada.
- ✓ Transferir 1ml de la dilución a un tubo con 9mL de caldo verde bilis brillante 2%.
- ✓ Realizar diluciones en serie hasta obtener una dilución de 10^{-5}
- ✓ Dejar incubar durante 48 horas.
- ✓ En caso de que exista crecimiento en los tubos, sembrar en Eosina Azul de metileno (EAM).
- ✓ Dejar incubar de 24 a 48 horas.
- ✓ Si ha existido crecimiento de colonias realizar un frotis y observar al microscopio

- ✓ En caso de ser necesario realizar repiques para aislar las colonias y concluir con mayor seguridad.

2.4.3.2. *Determinación de Coliformes fecales y totales por el Método de Petri Film.*

- ✓ Esterilizar totalmente la cámara de flujo que es el lugar en donde se va a realizar la siembra.
- ✓ Esterilizar las puntas para micropipeta de 1000 μL
- ✓ Codificar las placas 3M Petrifilm TM almacenadas a una temperatura menor a 8°C (menor 460°F) en refrigeración.
- ✓ Homogenizar la muestra de agua cuidadosamente.
- ✓ Levantar la película superior de la placa y con una micropipeta de 1000 μL colocar la muestra en el centro de la película inferior.
- ✓ Bajar con cuidado y sin dejar caer para evitar que se formen burbujas de aire.
- ✓ Colocar el dispersor con el lado liso hacia abajo en la película superior sobre el inóculo.
- ✓ Presionar suavemente el dispersor para distribuir uniformemente el inóculo sobre el área circular de la placa.
- ✓ Esperar que la placa solidifique en un tiempo mínimo de 3 minutos.
- ✓ Incubar las placas con la carilla arriba en grupos de no más de 20 piezas por 24 h \pm 2h a 35 °C \pm 1°C.
- ✓ Si ha existido crecimiento contar las colonias después del período de incubación, las colonias de color rojizo corresponden a Coliformes totales y las colonias de color lila y que presentan burbujas corresponden a Coliformes fecales o *Escherichia coli*.
- ✓ Los resultados se expresaron en UFC/100 mL.
- ✓ Si ha existido crecimiento de colonias realizar un frotis y observar al microscopio
- ✓ En caso de ser necesario realizar repiques para aislar las colonias y concluir con mayor seguridad.

2.4.3.3. *Técnica de centrifugación para recuperación y detección de Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.*

- ✓ Colocar la muestra en 12 tubos de centrifugación.
- ✓ Centrifugar durante 5 min.

- ✓ Descartar el sobrenadante.
- ✓ Agitar el sedimento y aplicar una gota de este sobre un portaobjetos.
- ✓ Extenderlo homogéneamente con un cubre objetos.
- ✓ Observar al microscopio y anotar los resultados.

2.4.3.4. *Técnica de Flotación para recuperación y detección de Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.*

- ✓ Colocar la muestra en un recipiente.
- ✓ Agregar NaCl hasta saturación.
- ✓ Llenar en un tubo de ensayo hasta el borde dejando un menisco convexo.
- ✓ Eliminar con un palillo las burbujas.
- ✓ Colocar un cubreobjetos y esperar 15-30 min como máximo. Si se pasa de este tiempo, los huevos colapsan o se rompen debido a la acción osmótica.
- ✓ Retirar cuidadosamente el cubreobjetos y colocarlo sobre un portaobjetos.
- ✓ Observar al microscopio y anotar los resultados.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Análisis físico del agua

Los análisis físicos del agua tales como son: Turbiedad, color, pH, conductividad y sólidos totales disueltos se llevaron a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias, bajo la responsabilidad de la Dra. Gina Álvarez.

3.1.1 Análisis del parámetro turbiedad.

Tabla 1-3: Resultados de turbiedad de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS				Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (U.N.T.)	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
Vertiente 1	1.18	1.2	1.16	1.18	5	✓	
Vertiente 2	1.29	1.05	1.12	1.15	5	✓	
Vertiente 3	3.60	2.93	3.4	3.31	5	✓	
T123	0.71	0.84	0.76	0.77	5	✓	
Vertiente 4	5.9	5.51	5.4	5.6	5		✓
Vertiente 5	3.2	2.86	3.52	3.19	5	✓	
AFV	1.16	1.04	1.2	1.13	5	✓	
DFV	1.09	1.07	1.06	1.07	5	✓	
AFS	4.33	4.35	4.28	4.32	5	✓	
DFS	2.8	2.5	2.3	2.5	5	✓	

TR	2.7	3.2	2.9	2.9	5	✓	
Red Alta	6.6	6.7	6.3	6.5	5		✓
Red Media	7.9	7.7	7.3	7.6	5		✓
Red Baja	12.5	12.1	12	12.2	5		✓

Realizado por: MOLINA, J. 2016.

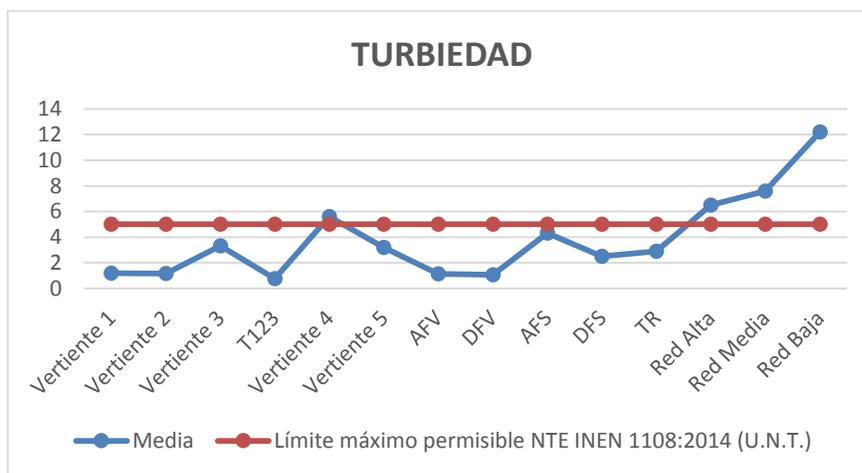


Gráfico 1-3: Dispersión lineal del parámetro turbiedad de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

El Gráfico 1-3 nos indica que las muestras analizadas de la Vertiente 4 y las muestras de las redes domiciliarias alta, media y baja se encuentran fuera del rango que establece la Norma correspondiente que es de 5 U.N.T. lo cual no es coherente puesto que el agua de las redes domiciliarias ya pasa por un proceso de filtración como parte de la potabilización. Estos resultados pueden ser a causa de un deterioro en las tuberías que conducen el agua desde el Tanque reservorio hacia las redes domiciliarias, existiendo filtraciones que van a contaminar el agua en su trayectoria hasta la llegada a las llaves de los domicilios; de esta manera se podría justificar que existan valores tan altos de turbiedad en las redes alta, media y baja; y valores normales en el tanque reservorio.

En un estudio realizado en Argentina por (Marcó et al. 2004. p.72) se explica que la causa de la turbidez del agua de bebida puede deberse a un tratamiento insuficiente en la planta de potabilización o a

que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución, así como a la existencia de conexiones cruzadas en el mismo. Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro.

Al relacionar los resultados obtenidos con la investigación realizada en la Parroquia Quisapincha, Cantón Ambato, por (Ortiz 2016) no concuerdan con nuestro estudio ya que en dicha investigación existe un incumplimiento únicamente en tres de las vertientes analizadas, al contrario de nuestros resultados que existe incumplimiento de la Normativa en solo una vertiente y en todas las redes de distribución.

3.1.2. Análisis del parámetro color.

Tabla 2-3: Resultados de color de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS				Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (Und Pt-Co)	NORMATIVA	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
Vertiente 1	55	57	55	56	15		✓
Vertiente 2	62	58	61	60	15		✓
Vertiente 3	67	65	64	65	15		✓
T123	73	68	70	70	15		✓
Vertiente 4	74	74	72	73	15		✓
Vertiente 5	60	58	63	60	15		✓
AFV	-14	-15	-14	-14	15	✓	

DFV	-14	-13	-13	-13	15	✓	
AFS	17	13	13	14	15	✓	
DFS	2	2	3	2.3	15	✓	
TR	4	4	4	4	15	✓	
Red Alta	63	65	61	63	15		✓
Red Media	66	64	67	65	15		✓
Re Baja	62	63	63	63	15		✓

Realizado por: MOLINA, J. 2016

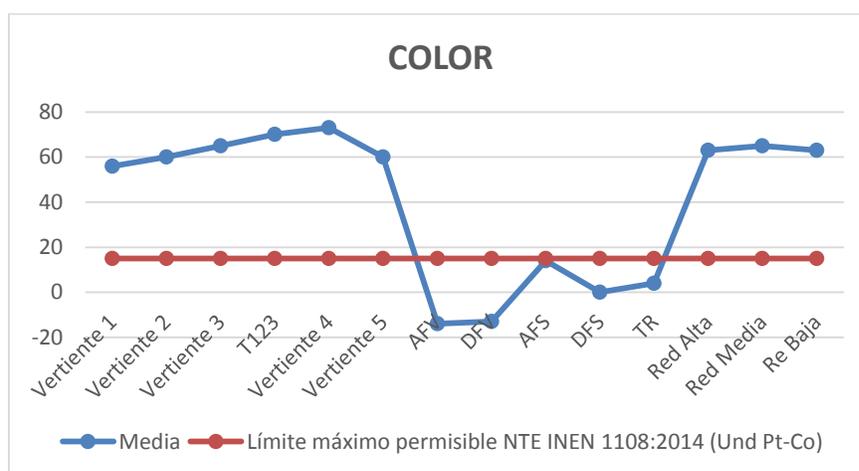


Gráfico 2-3: Dispersión lineal del parámetro color de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En el Gráfico 2-3 podemos analizar que todas las Vertientes, así como el T123 y las redes domiciliarias alta media y baja tienen valores de color muy altos con respecto a lo requerido por la Norma que es de 15 Pt-Co, siendo el valor más alto 70 Pt-Co el del T123 que es donde se une el agua proveniente de la Vertiente 1, 2 y 3 y el valor más bajo que es menor a cero el de las muestras tomadas después de la filtración del agua proveniente de Bacún (DFV).

Estos resultados nos indican que los puntos de muestreo con valores muy por fuera del rango permisible pueden estar contaminados con metales pesados, minerales o materia orgánica alterando

significativamente el color, con respecto a las vertientes ; y al igual que sucedió con la turbiedad es inaceptable que se presenten valores tan altos en las redes domiciliarias ya que se da un tratamiento previo, lo cual al comparar con los datos reportados en la investigación llevada a cabo por Tacuri J. (2012), en Cuenca, concuerdan con los obtenidos en nuestra investigación, pues casi todos los valores se encuentran fuera del límite permisible por la normativa, de tal manera se asume que esto se produce por que los canales de distribución se encuentran deteriorados o ya han terminado su vida útil.

3.1.3. Análisis del parámetro pH.

Tabla 3-3: Resultados de pH de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS				Límite permisible NTE INEN 1108:2006	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
Vertiente 1	6.33	6.35	6.31	6.33	6.5-8.5		✓
Vertiente 2	6.31	6.24	6.27	6.27	6.5-8.5		✓
Vertiente 3	6.28	6.15	6.21	6.21	6.5-8.5		✓
T123	6.56	6.52	6.51	6.53	6.5-8.5	✓	
Vertiente 4	6.11	6.16	6.10	6.12	6.5-8.5		✓
Vertiente 5	6.81	6.54	6.76	6.70	6.5-8.5	✓	
AFV	6.38	6.36	6.32	6.35	6.5-8.5		✓
DFV	6.49	6.62	6.53	6.55	6.5-8.5	✓	
AFS	7.02	7.07	7.05	7.05	6.5-8.5	✓	
DFS	7.09	7.12	7.14	7.12	6.5-8.5	✓	
TR	6.77	6.81	6.80	6.79	6.5-8.5	✓	
Red Alta	7.46	7.48	7.43	7.46	6.5-8.5	✓	

Red Media	7.40	7.43	7.40	7.41	6.5-8.5	✓	
Re Baja	7.56	7.58	7.61	7.58	6.5-8.5	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

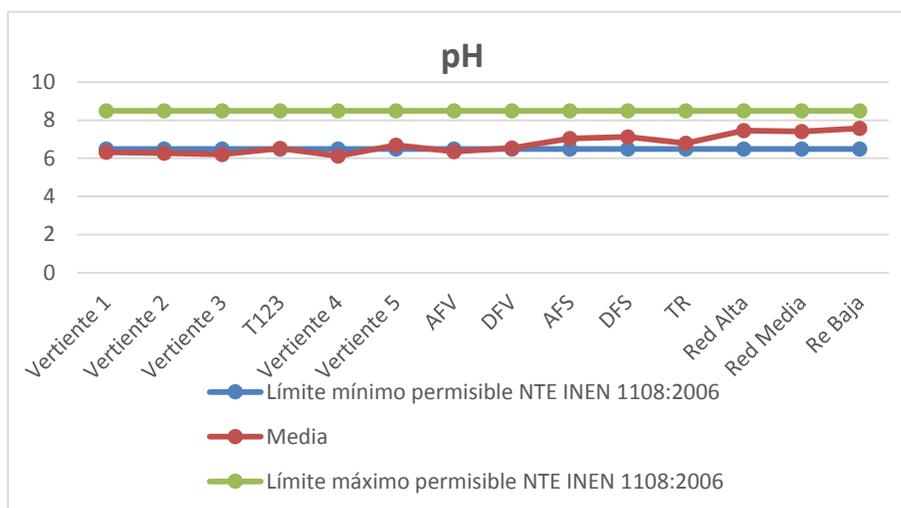


Gráfico 3-3: Dispersión lineal del parámetro pH de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En la Tabla 3-3 se evidencia los resultados obtenidos del parámetro pH de las 42 muestras analizadas en los 14 puntos de muestreo, identificando cuales se encuentran conforme o no según lo establece la Norma NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión (Ver Anexo A), con un valor mínimo de 6,12 en la Vertiente 4 y un valor máximo de 7.58 en la Red alta,, incumpliendo la norma la gran mayoría de las muestras tomadas de las Vertientes, excepto la Vertiente 5 que se encuentra en un valor de 6.70 estando dentro del rango permisible. De igual manera las muestras obtenidas antes de la Filtración del agua proveniente de Bacún (AFV), incumplen con la normativa con un valor de 6.35.

Se observa claramente en el Gráfico 3-3 que las muestras que no cumplen con la norma presentan valores inferiores de 6,5, que es el valor mínimo de cumplimiento que declara la NTE INEN 1108:2014 ; por otra parte tomando en consideración la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y

DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA (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 (Ver Anexo E), se establece un rango de pH de 6 a 9, por lo cual a través de esta se podría decir que las muestras obtenidas de la vertientes y de AFV si cumplen con la normativa.

Sin embargo, es importante mencionar que los valores de pH por debajo de 6.5 podrían indicar agua corrosiva la cual puede movilizar metales en tuberías. Para valores de pH por debajo de 6.5, se debería considerar un análisis de corrosión y/o un análisis por metales (especialmente plomo y cobre). (Marcó et al. 2004b. p.72)

Al relacionar los datos obtenidos en nuestra investigación no concuerda con los datos reportados en la investigación llevada a cabo en el agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel- Cuenca, por Tacuri J. (2012), puesto que ahí los datos de pH para todas las muestras tanto del agua cruda, tratada y de los inmuebles se encontraban en rangos de 7.3 y 7.4 Unidades de pH; que son rangos que impiden la proliferación de microorganismos.

3.1.4. Análisis del parámetro conductividad.

Tabla 4-3: Resultados de conductividad de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

	MUESTRAS				Límite máximo permisible Organización Mundial de la Salud OMS-1995 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
PUNTO DE MUESTREO							
Vertiente 1	124	125	124	124	1500	✓	
Vertiente 2	87	86	86	86	1500	✓	

Vertiente 3	99	100	98	99	1500	✓	
T123	132	133	133	133	1500	✓	
Vertiente 4	144	146	142	144	1500	✓	
Vertiente 5	120	122	121	121	1500	✓	
AFV	155	156	159	157	1500	✓	
DFV	141	140	144	142	1500	✓	
AFS	201	201	205	202	1500	✓	
DFS	206	202	206	205	1500	✓	
TR	194	195	197	195	1500	✓	
Red Alta	184	187	186	186	1500	✓	
Red Media	184	184	187	185	1500	✓	
Re Baja	179	181	180	180	1500	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016



Gráfico 4-3: Dispersión lineal del parámetro conductividad de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

La Tabla 4-3 presenta todos los resultados obtenidos del análisis del parámetro Conductividad expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Todos los resultados obtenidos tal como se observa en el Gráfico 4-3 se encuentran dentro del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS)-1995, que es de $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$, corroborando con ello, que tanto el agua de las Vertientes como de las redes domiciliarias goza de calidad en base a este parámetro y concordando totalmente con el estudio realizado por Poleth Ortiz, el en cual también todos los resultados de conductividad se encuentran por debajo del rango permitido.

3.1.5 Análisis del parámetro sólidos totales disueltos.

Tabla 5-3: Resultados de sólidos totales disueltos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS				Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006 (mg/L)	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
Vertiente 1	66	66	65	66	1000	✓	
Vertiente 2	46	45	47	46	1000	✓	
Vertiente 3	53	52	53	53	1000	✓	
T123	68	70	71	70	1000	✓	
Vertiente 4	75	77	75	76	1000	✓	
Vertiente 5	62	64	64	63	1000	✓	
AFV	83	84	83	83	1000	✓	
DFV	75	75	76	75	1000	✓	
AFS	107	104	106	106	1000	✓	

DFS	109	109	111	110	1000	✓	
TR	103	104	104	104	1000	✓	
Red Alta	99	100	103	101	1000	✓	
Red Media	100	100	99	100	1000	✓	
Re Baja	96	97	94	96	1000	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

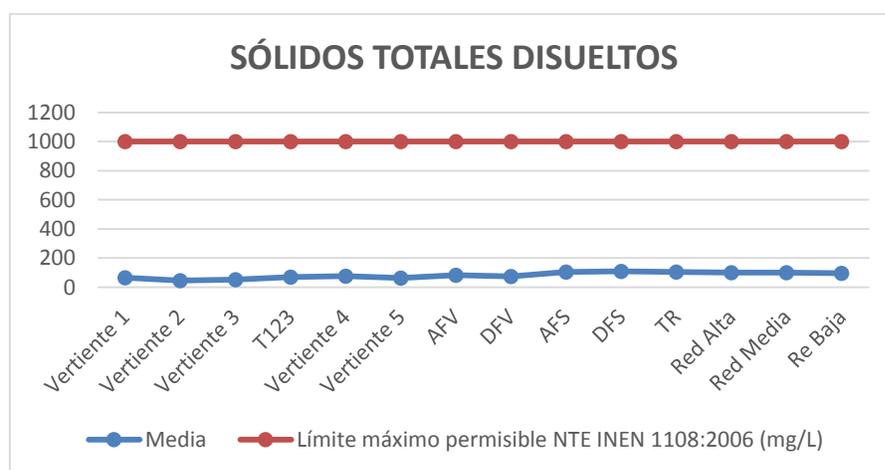


Gráfico 5-3: Dispersión lineal del parámetro sólidos totales disueltos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

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. (Marchand, 2002. p.15)

Todas las muestras tal como se observa en el Gráfico 5-3 presentan valores muy por debajo del límite máximo establecido por la Norma antes mencionada que es de 1000 mg/L, estos resultados

coinciden con los ya presentados de Conductividad, lo cual es alentador puesto que están directamente relacionados, ya que mientras mayor es la concentración de Sólitos Totales Disueltos mayor será la Conductividad, cumpliendo así todas las muestras con la calidad que exige la Norma con respecto a este parámetro.

Al relacionar este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada por Poletti Ortiz (2016) en el Cantón Ambato los datos concuerdan ya que no superan los límites máximos.

3.2. Análisis químico del agua

Los análisis químicos del agua se llevaron a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias, con la ayuda técnica y bajo la responsabilidad de la Dra. Gina Álvarez.

3.2.1. Análisis del parámetro Nitratos.

Tabla 6-3: Resultados de Nitratos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

	MUESTRAS					NORMATIVA	
	M1	M2	M3	Media		CUMPLE	
PUNTO DE MUESTREO					Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (mg/L)	SI	NO
Vertiente 1	1,4	1,3	1,3	1,3	50	✓	
Vertiente 2	1,5	1,5	1,7	1,6	50	✓	
Vertiente 3	2,0	1,7	1,9	1,9	50	✓	
T123	1,4	1,3	1,4	1,4	50	✓	

Vertiente 4	1,5	1,7	1,5	1,6	50	✓	
Vertiente 5	1,8	1,6	1,7	1,7	50	✓	
AFV	0,4	0,3	0,5	0,4	50	✓	
DFV	0,3	0,3	0,4	0,3	50	✓	
AFS	0,6	0,8	0,6	0,7	50	✓	
DFS	0,8	0,7	0,5	0,7	50	✓	
TR	0,7	0,6	0,6	0,6	50	✓	
Red Alta	1,4	1,5	1,5	1,5	50	✓	
Red Media	1,0	1,1	0,9	1	50	✓	
Re Baja	1,2	1,0	1,3	1,2	50	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

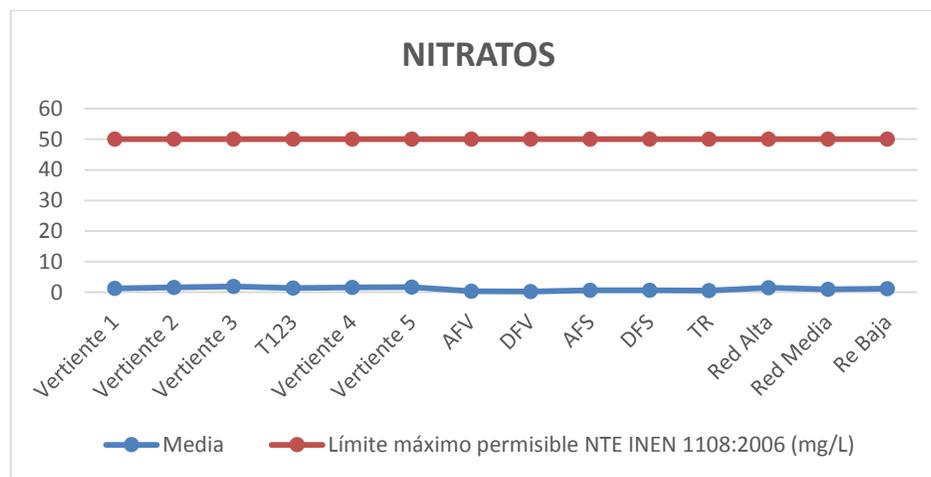


Gráfico 6-3: Dispersión lineal del parámetro nitratos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En la tabla 6-3 al igual que en el Gráfico 6-3 se observa notoriamente que todas las muestras tienen valores muy inferiores a 50 mg/L que es el valor máximo que establece la Normativa utilizada, cumpliendo en su totalidad con la misma.

A pesar de que la mayoría de vertientes se encuentran ubicadas junto a tierras que son utilizadas para la agricultura y que por ende existe el uso de fertilizantes, lo cual provocaría un riesgo de contaminación del agua con nitratos no se obtuvieron valores que determinen un peligro para el consumo, puesto que se encuentran dentro del rango permisible por la NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión; es importante mencionar que estos resultados se pueden justificar ya que la mayoría de las vertientes se encuentran protegidas con un cerramiento de ladrillos y desembocan en tanques de almacenamiento, quedando no expuestas a una contaminación ya sea por arrastre de lluvias o por propio descuido humano.

Al comparar el parámetro nitratos con el estudio realizado en el cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura se encuentran similitudes, ya que sus niveles están por debajo del límite máximo permitido por la normativa, su promedio es de 0.30 mg/L, según la Ingeniera Yar Brenda; y a pesar de ser Chunchi y Cotacachi tierras dedicadas a la agricultura no se evidencia contaminación por nitratos el cual es comúnmente utilizado para enriquecer y mejorar la producción agrícola.

3.2.2. *Análisis del parámetro Nitritos.*

Tabla 7-3: Resultados de Nitritos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

	MUESTRAS					NORMATIVA	
						CUMPLE	
PUNTO DE MUESTREO	M1	M2	M3	Media	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (mg/L)	SI	NO
Vertiente 1	0,018	0,016	0,019	0,018	3	✓	

Vertiente 2	0,010	0,010	0,013	0,011	3	✓	
Vertiente 3	0,014	0,013	0,011	0,013	3	✓	
T123	0,012	0,010	0,012	0,011	3	✓	
Vertiente 4	0,016	0,013	0,015	0,015	3	✓	
Vertiente 5	0,014	0,011	0,016	0,014	3	✓	
AFV	0,005	0,007	0,005	0,006	3	✓	
DFV	0,103	0,100	0,105	0,103	3	✓	
AFS	0,007	0,007	0,008	0,007	3	✓	
DFS	0,004	0,004	0,006	0,005	3	✓	
TR	0,004	0,007	0,004	0,005	3	✓	
Red Alta	0,010	0,011	0,010	0,010	3	✓	
Red Media	0,003	0,008	0,008	0,008	3	✓	
Re Baja	0,010	0,012	0,008	0,010	3	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

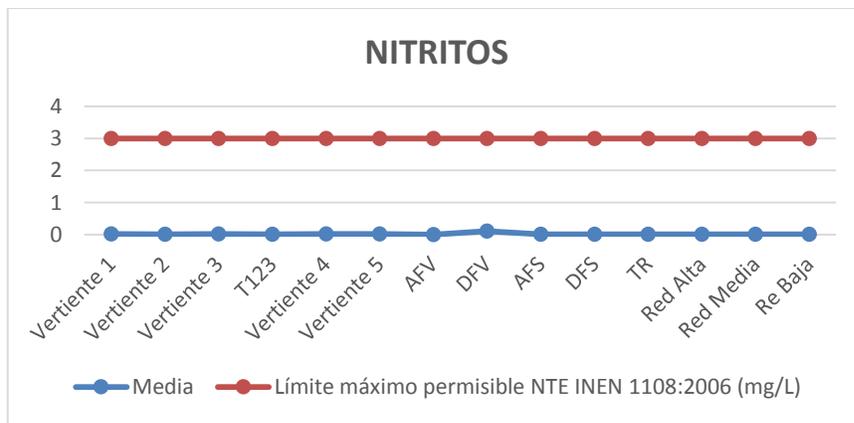


Gráfico 7-3: Dispersión lineal del parámetro nitritos de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

Al observar el Gráfico 7-3 podemos determinar que todas las muestras cumplen con la Normativa ya que presentan valores muy por debajo de 3 mg/L que es límite máximo que se establece en la Norma; estos resultados nos demuestran que el agua es apta para el consumo en cuanto a este parámetro de calidad y que a pesar de que existan tierras utilizadas para la agricultura junto a las vertientes, es posible que el uso de fertilizantes sea mínimo, ya que las concentraciones de nitritos y de nitratos, que son el resultado de la lixiviación de fertilizantes se encuentran en valores tan bajos, mismo que no son perjudiciales para la salud.

Al analizar los resultados obtenidos en el estudio realizado por Ortiz (2015), y compararlos con nuestros datos, existe similitud total ya que sus niveles están por debajo del límite máximo permitido por la normativa, su promedio máximos es de 0,011 mg/ L.

3.2.3. *Análisis del parámetro Fluoruros*

Tabla 8-3: Resultados de Fluoruros de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS				Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (mg/L)	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
Vertiente 1	1,65	1,94	1,87	1,82	1,5		✓
Vertiente 2	0,16	0,19	0,16	0,17	1,5	✓	
Vertiente 3	0,59	0,61	0,54	0,58	1,5	✓	
T123	0,42	0,47	0,43	0,44	1,5	✓	
Vertiente 4	0,26	0,26	0,20	0,24	1,5	✓	
Vertiente 5	0,56	0,54	0,56	0,55	1,5	✓	
AFV	0.00	0.00	0.00	0.00	1,5	✓	

DFV	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	
AFS	0,14	0,15	0,17	0,15	1,5	✓	
DFS	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	
TR	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	
Red Alta	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	
Red Media	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	
Re Baja	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

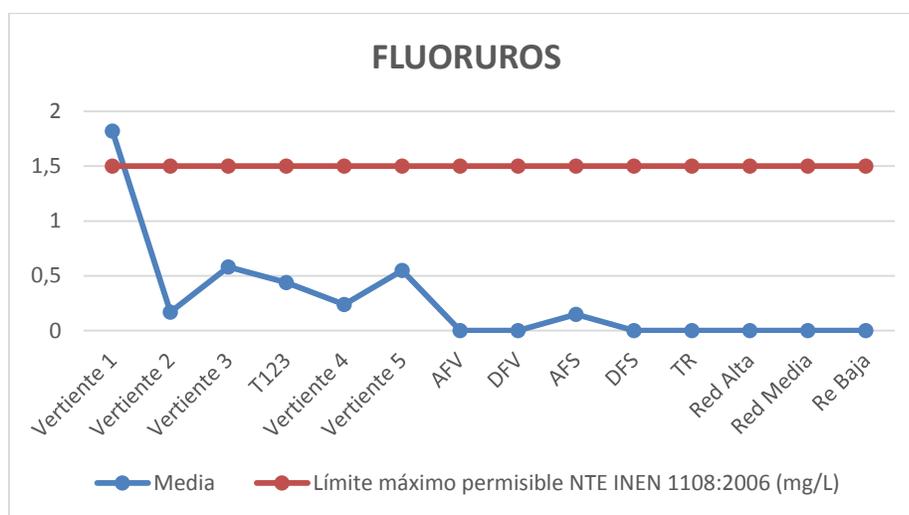


Gráfico 8-3: Dispersión lineal del parámetro fluoruros de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En el Gráfico 8-3 se ilustra que la mayoría de las muestras analizadas se encuentran en valores inferiores a 1.5 mg/L que es el valor máximo requerido por la Norma, llegando algunas incluso a cero; excepto la Vertiente 1 que tiene un promedio de 1.82 mg/L, valor que excede el límite permisible.

El flúor es un elemento que se lo encuentra en forma natural en la corteza terrestre y su presencia en el agua es normal, en concentraciones bajas (≤ 1 mg/L) tiene la capacidad de prevenir caries dentales

pero en concentraciones muy altas puede ser perjudicial provocando un daño en la salud, como es la fluorosis dental y fluorosis esquelética en casos más graves, según lo indica. (Arellano et al. 2011)

Sin embargo en este estudio los resultados no son preocupantes, ya que las muestras que incumplen con lo establecido por la Norma NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión pertenecen a la Vertiente 1, cuya agua no es utilizada para el consumo humano.

Al comparar nuestros resultados con los del estudio realizado por Tierra (2015) en la Parroquia de San Luis, concuerdan totalmente ya que tanto en su investigación como en la presente, únicamente existe un valor fuera del rango permisible, representando un porcentaje mínimo y declarando aun así que el agua es de calidad con respecto a este parámetro.

3.2.4. *Análisis de Cloro libre residual*

Tabla 9-3: Resultados de Cloro libre residual de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

	MUESTRAS				Límite permisible NTE INEN 1108:2014 (mg/L)	NORMATIVA CUMPLE	
	M1	M2	M3	Media		SI	NO
TR	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3-1,5	✓	
Red Alta	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3-1,5	✓	
Red Media	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3-1,5		✓
Red Baja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3-1,5		✓

Realizado por: MOLINA, J. 2016

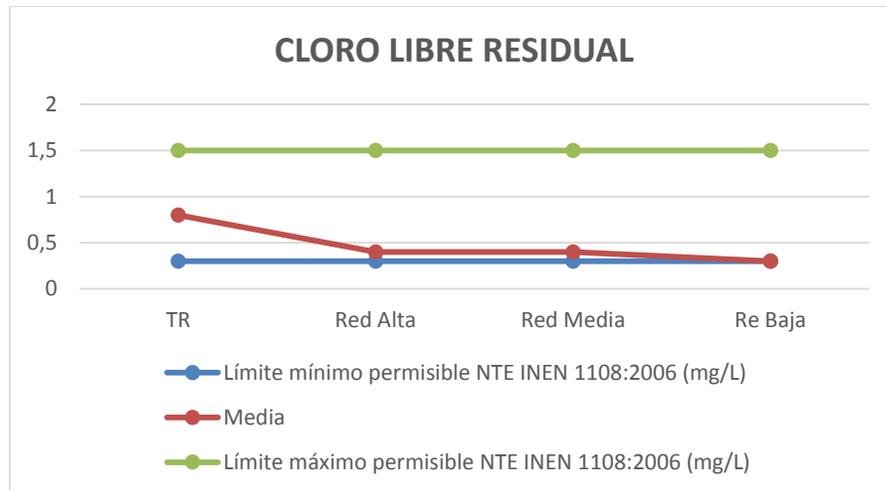


Gráfico 9-3: Dispersión lineal del parámetro cloro libre residual de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En la Tabla 9-3 se observa los valores obtenidos de cloro libre residual en las 12 muestras analizadas en los 4 puntos de muestreo que pasan por un tratamiento de cloración.

En el Gráfico 9-3 se ilustra que conforme se realiza la distribución del agua ya tratada por las redes domiciliarias, la proporción de cloro libre residual va disminuyendo, es así que el promedio de las muestras tomadas en el Tanque reservorio es de 0.5 mg/L, mientras que en las redes domiciliarias disminuyó conforme circula por las diferentes tuberías, con un valor de 0.3 mg/L en la red alta y llegando a 0.0 mg/L en la red media y baja, incumpliendo estas últimas con el rango establecido de 0.3-1.5 mg/L, por la norma NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión.

Es importante mencionar que a pesar de que los valores de cloro libre residual se encuentran cumpliendo la Normativa en el tanque reservorio y en la red alta, el resultado del análisis microbiológico fue positivo, a excepción de la red baja que aunque los resultados expresan 0.0 mg/L de cloro libre residual no existió crecimiento microbiano, justificándose dicho resultado ya que en estos domicilios contaban con cisternas, en las mismas que se realiza una cloración casera, lo cual evitaría el crecimiento de bacterias.

Los resultados de la investigación se compararon con el estudio efectuado por Velasco en la parroquia Baños, cantón Cuenca, entre los cuales no existe una concordancia puesto que en la

investigación efectuada en la parroquia Baños, el promedio del agua tratada fue de 0.78 mg/L y el valor en las Redes de Distribución Domiciliar es de 0.87 mg/L, es decir, hubo un incremento en los valores de cloro libre residual en los domicilios de los usuarios, caso contrario a lo obtenido en la presente investigación. Velasco indica que este incremento se debe a una falla técnica por parte del lectorador, quien es el encargado de realizar la toma de la muestra y su análisis *in situ* del cloro libre residual, un mal manejo del equipo “*POCKET COLORIMETER II*” ocasiona resultados erróneos.

3.3. Análisis microbiológico del agua

El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio de Análisis Clínico y Bacteriológico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias bajo la supervisión y ayuda técnica de la Dra. Sandra Escobar, para el conteo bacteriológico se emplearon los métodos de placas 3M Petrifilm™ para coliformes fecales y totales, y el Número más probable (NMP) para coliformes fecales; para el análisis parasitológico se emplearon el método de Centrifugación y de Flotación.

3.3.1. Resultado del conteo de Coliformes fecales y totales

Tabla 10-3: Resultado de Coliformes fecales por el Método NMP de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS			Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (NMP/100 mL)	Índice de NMP por cada 100mL	NORMATIVA
	M1	M2	M3			CUMPLE

	-1	-2	-3	-4	-5	-1	-2	-3	-4	-5	-1	-2	-3	-4	-5			SI	NO
Vertiente 1	+					+					+					<1,1	1.1		✓
Vertiente 2	+	+				+					+					<1,1	2.6		✓
Vertiente 3	+					+					+					<1,1	1.1		✓
T123	+					+										<1,1	1.1		✓
Vertiente 4											+					<1,1	<1,1	✓	
Vertiente 5	+	+	+	+		+	+				+	+	+			<1,1	8.0		✓
AFV	+	+				+					+	+				<1,1	2.6		✓
DFV											+					<1,1	<1,1	✓	
AFS	+	+				+					+					<1,1	2.6		✓
DFS	+					+					+					<1,1	1.1		✓
TR						+					+					<1,1	1.1		✓
Red Alta	+					+										<1,1	1.1		✓
Red Media	+															<1,1	<1,1	✓	
Re Baja																<1,1	<1,1	✓	

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm3 ó 10 tubos de 10 cm3 ninguno es positivo

Realizado por: MOLINA, J. 2016

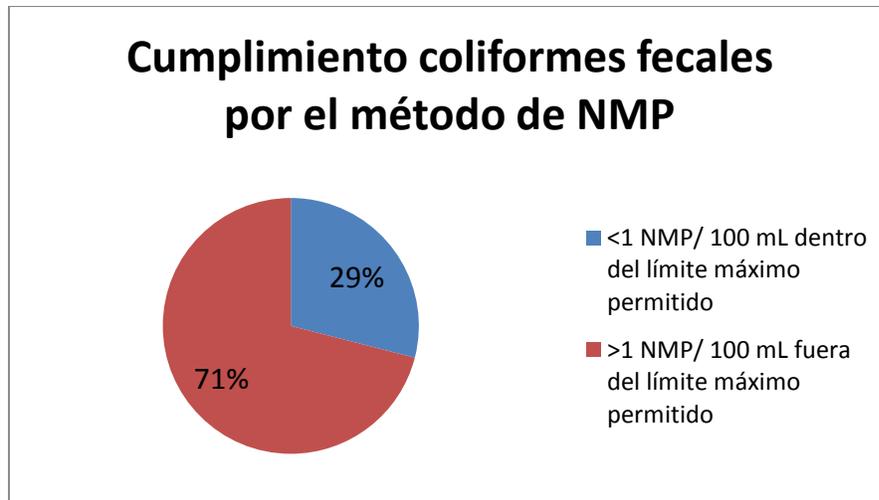


Gráfico 10-3: Porcentaje de cumplimiento de coliformes fecales por el método de NMP de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

En la Tabla 10-3 se ilustra los tubos positivos que determinan la presencia de coliformes fecales correspondientes a las 42 muestras analizadas en los 14 puntos de muestreo mediante el método del Numero más probable, identificando cuales se encuentran conforme o no, según lo establece la Norma NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión y comparando además dichos resultados con el Índice de NMP por cada 100mL (Anexo F).

El agua de la Vertiente 5, después de la Filtración de Bacún (DFV) y el agua de las redes domiciliarias media y baja son las únicas que cumplen con la Normativa establecida, lo cual es preocupante ya que hasta el Tanque Reservoirio presenta contaminación por coliformes fecales, al igual que el agua de la Red Alta que es de consumo humano, quedando claro que el tratamiento para su desinfección a través de cloro gas no está siendo el adecuado.

En el Gráfico 10-3 observamos que el 71% de las muestras analizadas están fuera del límite permitido por la NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión, y que solo el 27% cumple con los límites establecidos por la misma.

Un estudio realizado en tres comunidades rurales del Sur de Sonora (México): Aduana, Ejido Melchor y el municipio de Etchojoa, evidenció que el 99 % de las muestras analizadas en la Aduana presentaron contaminación fecal, y en el Ejido Melchor Ocampo, el 86 %. En el municipio de Etchojoa se presentó una adecuada desinfección del agua de pozo bajo condiciones normales de operación, ya que sólo el 6 % de las muestras presentó coliformes fecales; demostrándonos al igual que nuestros resultados obtenidos que no existe una adecuada calidad microbiológica debido al alto grado de contaminación fecal.

Tabla 11-3: Resultado de Coliformes fecales por el Método de Petrifilm TM de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	Media (UFC/100mL)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 (UFC/100mL)	NORMATIVA	
			CUMPLE	
			SI	NO
Vertiente 1	13	<1		✓
Vertiente 2	7	<1		✓
Vertiente 3	56	<1		✓
T123	0	<1	✓	
Vertiente 4	2	<1		✓
Vertiente 5	100	<1		✓
AFV	120	<1		✓
DFV	0	<1	✓	
AFS	9	<1		✓
DFS	12	<1		✓
TR	13	<1		✓
Red Alta	9	<1		✓
Red Media	5	<1		✓
Re Baja	0	<1	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

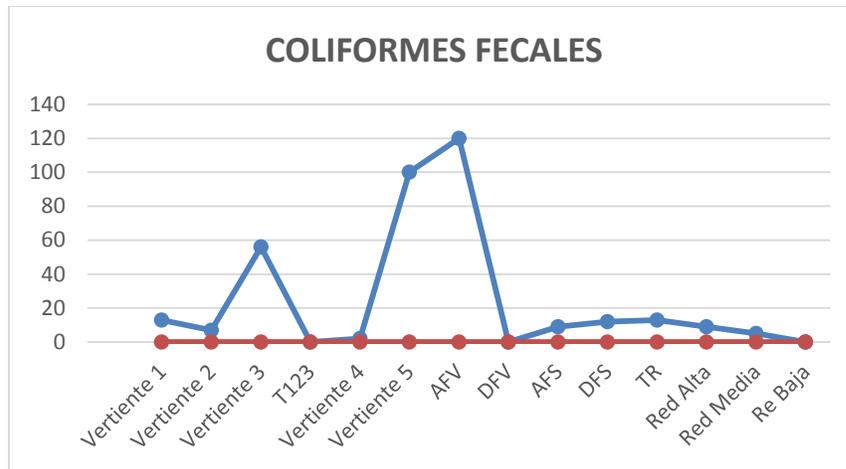


Gráfico 11-3: Dispersión lineal de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

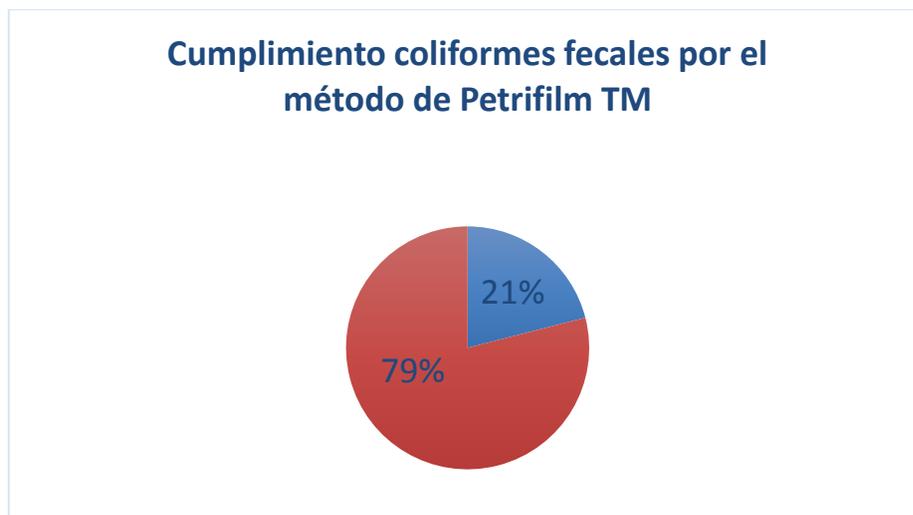


Gráfico 12-3: Porcentaje de cumplimiento de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

Todas las Vertientes evidencian contaminación fecal, lo cual puede ser debido a la presencia de animales en sus alrededores y a las diferentes lluvias que se dan constantemente al estar éstas ubicadas en lo alto del páramo, arrastrando así las heces y contaminando las mismas.

Tal como se observa en el Gráfico 11-3, el tanque en el que se unen el agua de la vertiente 1,2 y 3 (T123) si cumple con el límite permisible con una ausencia total de colonias, al igual que las muestras tomadas después de la filtración de Bacún (DFV) y las muestras tomadas en la Red Baja; lo contrario sucede con los otros puntos de muestreo y sobre todo con la Red Alta y Media que presentan un promedio de colonias por encima de lo establecido por la Normativa que es de <1.

Al observar el Gráfico 12-3 se puede constatar que existe contaminación fecal en el mayor porcentaje de muestras con un 79% de incumplimiento y solamente un 21 % con valores dentro del límite máximo permisible, confirmando lo ya analizado en el Método de Número más probable y recalando sobre todo la importancia de verificar si el tratamiento de desinfección está siendo el adecuado.

Un estudio realizado por Cajamarca en varias comunidades de Cuenca determinó que el agua que es suministrada a los inmuebles en las distintas comunidades no presentaron contaminación microbiana significativa, encontrándose como apta para su consumo el 99,17% de las muestras, y el 0,83% presentó contaminación por *Coliformes totales*: al contrario de nuestra investigación que el 79% de las muestras presento contaminación fecal.

Tabla 12-3: Resultado de Coliformes totales por el Método de Petrifilm TM de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	Media (UFC/100mL)	Límite máximo permisible Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994	NORMATIVA	
			CUMPLE	
			SI	NO

		(UFC/100mL)		
Vertiente 1	24	2		✓
Vertiente 2	37	2		✓
Vertiente 3	15	2		✓
T123	8	2		✓
Vertiente 4	2	2	✓	
Vertiente 5	140	2		✓
AFV	31	2		✓
DFV	15	2		✓
AFS	63	2		✓
DFS	35	2		✓
TR	29	2		✓
Red Alta	67	2		✓
Red Media	47	2		✓
Re Baja	0	2	✓	

Realizado por: MOLINA, J. 2016

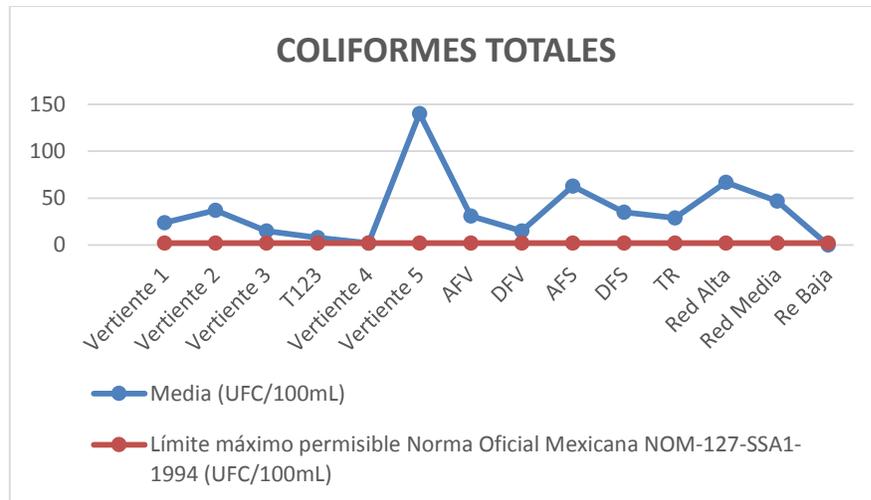


Gráfico 13-3: Dispersión lineal de coliformes fecales por el método de Petrifilm TM de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

La Tabla 12-3 nos indica el promedio de los resultados obtenidos del conteo para coliformes totales de las 42 muestras analizadas en los 14 puntos de muestreo mediante el método de Petrifilm TM, identificando cuáles se encuentran conforme o no, según lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (Anexo G) que ha sido utilizada para este parámetro puesto que en la Norma NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión no se lo establece como un requisito. (Olaiz 1994)

Tal como se evidencia en el Gráfico 13-3, de los 14 puntos de muestreos analizados únicamente la Vertiente 4 con 2 UFC/100mL y la Red domiciliaria Baja con 0 UFC/100mL, cumplen con el límite máximo permisible para coliformes totales establecido por ésta Norma que es un máximo de 2 UFC/100mL. Como ya se mencionó anteriormente la mayoría de Vertientes se encuentran cerca de la presencia de animales y siempre va a existir el arrastre de heces por condiciones climáticas como el viento o las lluvias, además las tuberías que trasladan el agua hacia el tanque reservorio ya están obsoletas quedando expuesta el agua a todo tipo de contaminación.

Con respecto a las redes domiciliarias al igual que sucede con las coliformes fecales, es evidente que el tratamiento de desinfección que se da no es el adecuado, lo cual se demuestra al existir

contaminación en el mismo tanque reservorio (TR), que es donde se da el tratamiento y en la redes domiciliarias, donde el agua ya debería ser potable y apta para el consumo; lo contrario sucede en el estudio realizado por Poleth (2016) en Ambato, en donde no existe presencia de Coliformes totales en las redes de distribución, incumpliendo únicamente en las vertientes.

3.3.2. Resultado del conteo de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* por el método de Centrifugación y Flotación.

Tabla 13-3: Resultados de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* por el método de centrifugación y flotación de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

PUNTO DE MUESTREO	MÉTODO	<i>Giardia lamblia</i> NTE INEN 1108:2014 (Ausencia)	<i>Cryptosporidium parvum</i> NTE INEN 1108:2014(Ausencia)	Otros Microorganismos
Vertiente 1	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. Histolytica</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E.coli</i>
Vertiente 2	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli</i>
	FLOTACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>E. coli</i>
Vertiente 3	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. Histolytica</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. Histolítica, E. coli</i>
TV123	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. Histolítica, E. coli</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>Ascaris Lumbricoides</i>
Vertiente 4	CENTRIFUGACIÓN	Presencia	Ausencia	Hongos
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	Hongos
Vertiente 5	CENTRIFUGACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>Trofozoito de Balantidium Coli</i>
	FLOTACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>Trofozoito de Chilomastix mesnili</i>
AFV	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli, E. Histolytica, Hongos</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	Nada
DFV	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli, E. Histolytica, Hongos</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli, E. Histolytica</i>
AFS	CENTRIFUGACIÓN	Presencia	Ausencia	Nada
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	Nada
DFS	CENTRIFUGACIÓN	Presencia	Ausencia	Nada

	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	Nada
TR	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli</i>
	FLOTACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>E. coli</i>
Red Alta	CENTRIFUGACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>E. Histolítica, Ascaris Lumbricoides</i>
	FLOTACIÓN	Presencia	Ausencia	<i>E. Histolítica</i>
Red Media	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli Ascaris Lumbricoides</i>
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	
Red Baja	CENTRIFUGACIÓN	Ausencia	Ausencia	Esporas de hongos
	FLOTACIÓN	Ausencia	Ausencia	<i>E. coli, E. Histolítica</i>

Realizado por: MOLINA, J. 2016

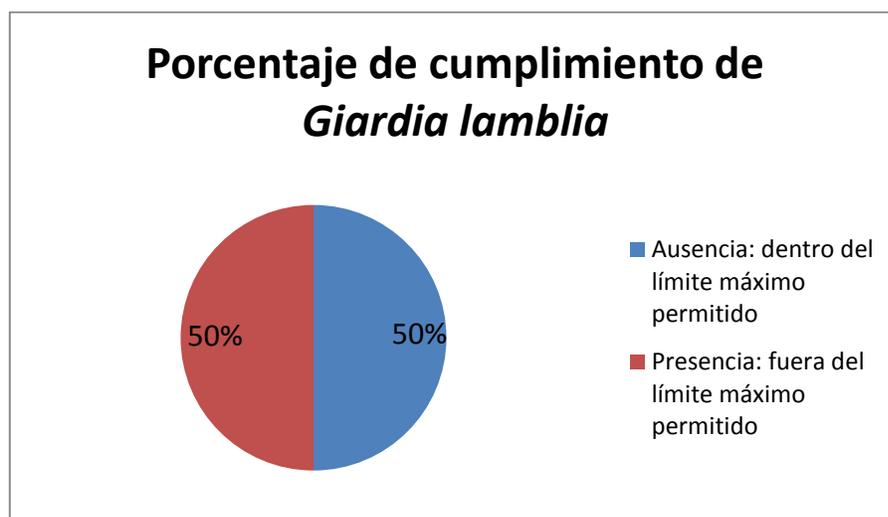


Gráfico 14-3: Porcentaje de cumplimiento de *Giardia lamblia* de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

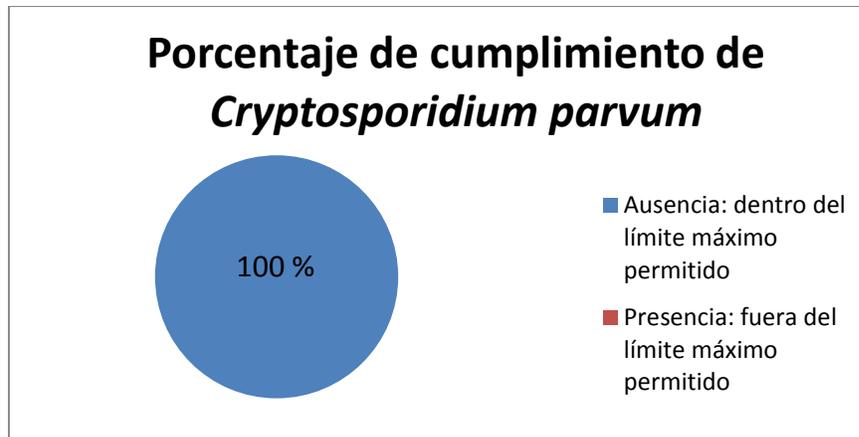


Gráfico 15-3: Porcentaje de cumplimiento de *Cryptosporidium parvum* de muestras analizadas del Cantón Chunchi.

Realizado por: MOLINA, J. 2016

La Tabla 13-3 nos evidencia los resultados obtenidos del conteo de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* de las 42 muestras analizadas en los 14 puntos de muestreo mediante el método de Centrifugación y Flotación, identificando cuales muestras se encuentran conforme o no, según lo establece la Norma NTE INEN 1108:2014 Quinta Revisión; además se indican los microorganismos que se han observado y que a pesar de que la Norma no los establezca como un requisito de calidad, es importante mencionarlos.

En la mayoría de las muestras analizadas excepto en las muestras tomadas antes de la Filtración de Bacún (AFV) y después de la filtración de Bacún (DFV), se observaron microorganismos como *E. coli*, *E. Histolytica*, Hongos, *Ascaris Lumbricoides*, Trofozoito de *Balantidium Coli*, Trofozoito de *Chilomastix mesnili*, los cuales pueden ser causante de varias enfermedades sobre todo intestinales y aunque la Normativa utilizada no los mencione es importante señalarlos sobre todo ya que algunos de ellos se encontraros en las muestras provenientes de las redes domiciliarias, agua que es consumida directamente por los habitantes del Cantón Chunchi.

Tal como lo indica el Gráfico 14-3, en el 50 % de las muestras analizadas existió presencia de *Giardia lamblia*, incumpliendo Norma NTE INEN 1108:2014 que establece una ausencia total de este parásito, es importante tomar muy en cuenta dichos resultados, ya que la presencia de *Giardia*

lamblia sobre todo en las redes domiciliarias puede ser causa de una Giardiasis grave sobre todo en niños que son los más susceptibles; además que dichos resultados nos demuestran que este parásito puede ser resistente al tratamiento físico-químico de las aguas, constituyendo un riesgo para las personas que utilicen estas fuentes.

Con respecto al porcentaje de cumplimiento de *Cryptosporidium parvum* los resultados son alentadores, como se observa en el Gráfico 15-3, el 100% de las muestras presentan ausencia total de este parásito.

Al relacionar nuestros resultados con un estudio realizado en el estado de Bolívar en Venezuela en cual se demostró *Cryptosporidium parvum* (28,57%) y *Giardia lamblia* (23,81%) antes de tratamiento de las aguas y 14,2% de ambos protozoarios después del tratamiento, existe semejanza ya que en nuestro estudio existió un 50% de *Giardia*, antes y después del tratamiento; aunque no se encontró *Cryptosporidium parvum*, recalcando que en el estudio realizado en Venezuela se utilizó el método de inmunofluorescencia con anticuerpos monoclonales.

3.4. Sociabilización con las autoridades y trabajadores de EMAPACH.

Una vez concluida la investigación y obtenidos los resultados, se realizó la presentación de los mismos al Sr. Palermo Trujillo gerente de EMAPACH y a los diferentes trabajadores responsables del tratamiento del agua que se lleva a cabo en este Cantón. Para dicha presentación se utilizó trípticos como material de apoyo, el cual se presenta a continuación:



RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar mantenimiento de limpieza en los distintos tanques de las vertientes y en el tanque reservorio cada seis meses o como mínimo cada año; además constatar que el estado de las tuberías sea idóneo.
- Se recomienda reemplazar los filtros de arena, que son utilizados para filtrar el agua proveniente de Saruán.
- Se recomienda verificar la dosificación del cloro utilizado para el tratamiento en el tanque reservorio, puesto que los resultados expuestos nos evidencian que no es eficaz.
- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua periódicamente, y de esta manera poder adquirir información adecuada acerca de los parámetros que se encuentren fuera de la norma, y por ende están afectando la calidad del agua de este Cantón.

NORMATIVA UTILIZADA

NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos
NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo
NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras
NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para examen microbiológico.



“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CANTÓN CHUNCHI”

AUTORA: JESSICA FERNANDA MOLINA PAREDES

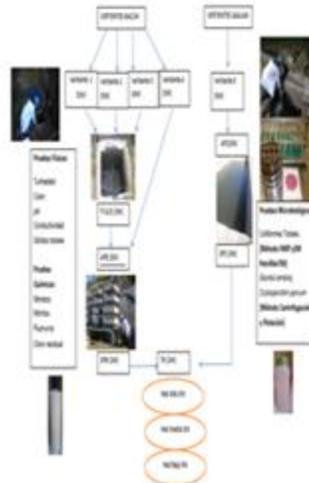


ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA



IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Los agentes patógenos transmitidos por el agua han constituido un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad e inocuidad del agua. El agua que ha pasado por plantas de tratamiento, ya apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse debido a varios factores como: conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución (Marchand, 2002, p.10)



FLUJOGRAMA DE TRABAJO

Para las determinaciones físicas y químicas se usó recipientes de polietileno de alta densidad y para el análisis microbiológico se utilizó recipientes estériles libres de sustancias tóxicas.
 Para la conservación de muestras se utilizó un cooler con gel packs.
 Para el muestreo del tanque que ya ha recibido un tratamiento con cloro se utilizó frascos de vidrio con una solución de tiosulfato de sodio al 10% 0,1mL por cada 125mL de muestras.



Análisis Microbiológico

RESULTADOS

Los resultados obtenidos establecieron que el 100% de las muestras analizadas cumplen con los requisitos químicos; respecto a los parámetros físicos tanto la turbiedad, el pH y el color se encuentran en rangos fuera de lo establecido por la Norma correspondiente, cumpliendo únicamente con la calidad física la conductividad y los STD. De las 42 muestras analizadas el 70 % incumplen lo establecido para coliformes fecales y totales tanto por el método de NMP como por Petrifilm. En el análisis parasitológico el 50% de las muestras analizadas evidenciaron presencia de *Giardia lamblia* y el 100% ausencia total de *Cryptosporidium parvum*.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de los parámetros físico- químicos y microbiológicos de muestras provenientes de 14 puntos de muestreo correspondientes a: 5 vertientes ubicadas 4 en la parroquia Bacún y una ubicada en la parroquia Saguán, un tanque en el que se une la Vertiente 1,2 y 3 (TV123), antes de la filtración mediante carbón activado del agua proveniente de Bacún (AFV), después de la filtración de Bacún (DFV), antes de la filtración por filtro de arena del agua proveniente de Saguán (AFB), después de la filtración de Saguán, tanque reservorio (TR) y tres redes domiciliarias pertenecientes a la red alta, media y baja; las muestras se recolectaron por triplicado y se analizaron en el Laboratorio de aguas y en el Laboratorio Clínico y Bacteriológico de la Facultad de Ciencias. Todo esto en base a procedimientos establecidos en las NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras y la NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para examen microbiológico.
2. Luego de efectuar el análisis de los parámetros físicos se determinó que tanto la red alta, media y baja no cumplen con el límite establecido para turbiedad y color, justificándose esto con la posible presencia de filtraciones en las tuberías las mismas que no han sido cambiadas ya algunos años, al igual todas las vertientes se encuentran incumpliendo con lo permisible para el parámetro color ya mencionado: con respecto al pH, 5 de los 14 puntos de muestro no cumplen con la Normativa y en cuanto a conductividad y sólidos totales todas las muestras analizadas se encuentran en valores inferiores al límite máximo permitido por las normas utilizadas, concluyendo de esta manera que las muestras recolectadas y analizadas no cumplen con lo establecido por la NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, con respecto a la mayoría de características físicas
3. Una vez determinados los parámetros químicos: nitratos, nitritos, fluoruros y cloro libre residual, se establece que la totalidad de muestras analizadas cumplen con el límite máximo permitido para nitratos y nitritos que es de 50 mg/ L y 3,0 mg/ L correspondientemente, con relación al parámetro fluoruros únicamente la Vertiente 1 no cumple con las especificaciones establecidas por la norma y por último con respecto al parámetro cloro libre residual, únicamente el tanque reservorio y la red alta presentan valores que se encuentran dentro del

rango permisible, de tal forma se concluye que la mayoría de muestras analizadas cumple con los requerimientos químicos que describe la NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

4. Luego de realizar el análisis microbiológico podemos establecer con respecto a la cuantificación de coliformes fecales por el método de número más probable y por Petrifilm TM, que más del 70 % de los puntos de muestreo incumplen con la normativa, con presencia significativa de colonias; en lo que se refiere a coliformes totales analizada por el método de Petrifilm TM la mayoría de muestras incumplen con la Normativa utilizada, a excepción de la Vertiente 4 y la red baja que son las únicas muestras que presentan ausencia total de colonias. El análisis parasitológico nos reveló que en el 50 % de las muestras hubo presencia de *Giardia lamblia* y que el 100% cumplió con respecto a *Cryptosporidium parvum*; además que se verificó que existe una serie de microorganismos presentes en el agua analizada y que aunque la Normativa no los señale como requerimientos, fue importante mencionarlos en este estudio.

5. Una vez presentados todos los resultados físicos, químicos y microbiológicos se concluye que el agua del Cantón Chunchi no es apta para el consumo humano debido al incumplimiento de requisito microbiológico de Coliformes fecales y parasitológico, además de no cumplir totalmente con el requisito físico.

6. Se realizó una sociabilización con el Sr. Palermo Trujillo gerente de EMAPACH y con los trabajadores de la misma, los cuales son los encargados de realizar la potabilización de agua del Cantón; indicándoles los resultados obtenidos y las posibles soluciones; además se puso a su conocimiento las Normativas utilizadas para muestreos, conservación de muestras y análisis.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar mantenimiento de limpieza en los distintos tanques de las vertientes y en el tanque reservorio cada seis meses o como mínimo cada año; además constatar que el estado de las tuberías sea idóneo ya que según los resultados obtenidos existen filtraciones que están contaminando el agua en el trayecto desde el tanque reservorio hasta la llegada del agua a los diferentes domicilios del Cantón.
- Se recomienda remplazar los filtros de arena, que son utilizados para filtrar el agua proveniente de Saguán, ya que no están cumpliendo con su función y según los trabajadores estos no han sido cambiados ya dos años.
- Se recomienda verificar la dosificación del cloro utilizado para el tratamiento en el tanque reservorio, puesto que los resultados expuestos nos evidencian que no es eficaz.
- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua periódicamente, y de esta manera poder adquirir información adecuada acerca de los parámetros que se encuentren fuera de la norma, y por ende están afectando la calidad del agua de este Cantón.
- Se recomienda a los usuarios que consumen el agua directamente de la llave o de las vertientes, que realicen una desinfección casera, haciendo hervir el agua por un tiempo mínimo de tres minutos y almacenándola en el mismo recipiente que hirvió; así se disminuye el riesgo de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA:

1. **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua .* 2015. pp. 1-37
2. **ARELLANO, L., RONDÓN, V., CASTRO, A. y GUTIERREZ, M.** *Ingestion Natural de Fluor en dos grupos poblacionales de Arequipa-Peru con diferentes concentraciones de fluor en el agua.*2011. Lima-Perú. pp. 3
3. **AUCAPIÑA, F. y VELASCO, M.E.** *Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños.*2011. Universidad de Cuenca. pp. 11-16
4. **AURAZO, M.** *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida.* 2004. pp. 5.
5. **CAJAMARCA, B. y CONTRERAS, L.** *Control Microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del Cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores.*2011. Universidad de Cuenca. pp. 12-89
6. **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014.** Agua Potable. Requisitos. Quito-Ecuador. 2014.pp. 1-6.
7. **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1105:1983.** Aguas. Muestreo para examen microbiológico. Quito-Ecuador.2012.pp. 1-4.

8. **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:1998.** Aguas. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.. Quito-Ecuador.2013 .pp. 1-8.

9. **LÓPEZ, C. y MARTÍNEZ, D."** Análisis básico de parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua potable de Telpaneca, Madriz, Nicara" *PRISMA*, vol. 76, no76. 2007. Nicaragua. pp. 57-66.

10. **MARCHAND, O.** *Microorganismos indicadores de la calidad del agua consumo humano en Lima Metropolitana* [en línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima- Perú. 2002. pp.81-87. [Consulta: 24 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>\n<http://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991>\n<http://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf>\n<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>.

11. **MARCÓ, L., AZARIO, R., METZLER, C. y GARCÍA, M.** "La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay" *Higiene y Sanidad Ambiental* , vol. 4 (2004). (Entre Ríos, Argentina). pp. 72-82.

12. **NEIRA, J. y LEÓN, H.** *Estudio bacteriológico del agua potable de la parroquia Santa Isabel.* Universidad de cuenca. 2013. pp.20-94

13. **OLAIZ, G.** *NORMA OFICIAL MEXICANA.* 1994.pp. 2-71

14. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Guías para la calidad del agua potable.* 2006. pp. 232-235.

15. **ORTIZ, P.** *Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la junta administradora de agua potable de la parroquia quisapincha, cantón ambato, provincia tungurahua.* ESPOCH. Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba. 2015. pp. 15-180

16. **PLAZA, C.** *Derecho humano al agua.* [en línea]. 2015. [Consulta: 26 de Septiembre de 2016]. Disponible en: www.monografias.com.

17. **PRASAI, Tista., & PRASAD, Madhav.** *Microbiological Analysis of Drinking Water of Kathmandu Valley.* Scientific World. Vol. 5(5). 2007. Nepal. pp. 112-114.

18. **REASCOS, Blanca. & YAR, Brenda.** *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas.* (Tesis). (Ingeniero en Recursos Naturales). Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra-Ecuador. 2010. pp. 22-27.

19. **SÁNCHEZ, Hector & MÉNDEZ, José.** *Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas.* Salud Pública de México. Vol. 42(5). 2000. México. pp. 112-114.

20. **SEVERICHE, C., CASTILLO, M. y ACEVEDO, L.** *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas.* 2013. Colombia. pp.5-68

21. **TACURI, J. y VINTIMILLA, O.** *Control Microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del Cantón Santa Isabel.* (Tesis). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. pp. 15-106.

- 22. TIERRA, F.** *Evaluacion de la calidad física,química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de San Luis, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo* (Tesis). [en línea]. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba- Ecuador. 2015. 11-98. [Consulta: 13 de Octubre de 2016].Disponible en: www.esPOCH.edu.ec.
- 23. WILDER, A. y VALDIVIA, C..** *Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle.* (Tesis).Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Humana. Lima- Perú. 2006. pp. 8-119

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.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Guía 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 World 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 mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, 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
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 ¹⁾
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 [*]	Bq/l	0,5
Radiación total β ^{**}	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

^{*} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

^{**} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁸Gr, ⁹⁰Gr, ¹³²I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
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	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite 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
Aldrín y Dieldrín	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
Endrín	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

POBLACIÓN	NUMERO 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

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1108 Quinta revisión	TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS	Código: ICS 13.060.20
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 11 135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30 Fecha de iniciación del estudio: 2013-08	
Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30		

Subcomité Técnico de: AGUA POTABLE

Fecha de iniciación: 2013-10-29

Fecha de aprobación: 2013-11-08

Integrantes del Subcomité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Marcelo Carpio (Presidente)

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dra. Zoila Novillo

SECRETARÍA DEL AGUA

Dr. Carlos Espinosa

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Edgar Pazmiño

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Luis Cazar Ubilla

INTERAGUA

Ing. María José Pineda

MIPRO – SCA

Dra. Enith Bravo

ARCSA

Ing. Andrea Celi

MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO

Dr. Juan Mora

ARCSA

Dra. Giomara Quizphe

ARCSA

Ing. Natazha Valarezo

MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL

Ing. Michelle Maldonado

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. Gabriela Chacón

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. Maritza Farinango

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. María E. Dávalos (Secretaria técnica)

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

ANEXO B: NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnica 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: 01.06-253
CDU: 614.777.625.113
CIBU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

Norma Técnica
Ecuatoriana
Opcional

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

NTE INEN
2 176:1998
1998-08

1. OBJETO

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, potables y aguas residuales para su caracterización.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales.

2.2 No se aplica a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo.

3. DEFINICIONES

3.1 Para el propósito de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 *Muestra compuesta.* 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.

3.1.2 *Muestra instantánea, puntual, individual.* Es la muestra tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua).

3.1.3 *Muestreador.* Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas.

3.1.4 *Muestreo.* Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas.

4. TIPOS DE MUESTRA

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.

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).

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.

4.1.3 Las técnicas de muestreo varían de acuerdo a situaciones específicas. Los diferentes tipos de muestreo son descritos en el capítulo 5.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales

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 contaminación 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 contaminantes 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 poluentes 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 periodo 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.

6.1.1.3 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 radionucleidos. 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.

6.1.1.4 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 radionucleidos.
- 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.

(Continúa)

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 sensibles, 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 periodos. 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.

(Continúa)

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 sustrato 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 sustrato, 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 sustrato;
- 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-sedimento;
- e) la estabilidad de las muestras en corrientes de movimiento rápido.

(Continúa)

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 está 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 micropolitantes.

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 ilimitadas 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.

(Continúa)

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 taponar 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.

(Continúa)

ANEXO A
(Normativo)

Características de un equipo de muestreo automático

A.1 Los siguientes datos son una guía para el diseño o selección del equipo de muestreo automático o para los componentes del sistema de muestreo. El usuario debe determinar la importancia relativa de cada característica estableciendo las necesidades para su aplicación en un muestreo específico.

- a) Construcción rígida y con los componentes funcionales necesarios para realizar el muestreo.
- b) Mínimo número de partes expuestas o sumergidas en el agua.
- c) Resistencia al agua y a la corrosión.
- d) Relativamente de diseño simple y de fácil mantenimiento y operación.
- e) Fácil de purgar los recipientes de muestra y las líneas de abastecimiento para recibir agua fresca.
- f) Libre de atascamiento por sólidos.
- g) Precisión en el volumen suministrado.
- h) Proveer de una buena correlación de los datos analíticos con los de las muestras recogidas manualmente.
- i) Recipientes para muestras fáciles de destapar, limpiar y volver a tapar.
- j) Cuando se recogen separadamente muestras representativas individuales, el volumen debe ser de 0,5 litros. Todas las muestras deben almacenarse en la oscuridad, las muestras sensibles al tiempo/temperatura deben almacenarse a 4°C por un período no menor a 24 h.
- k) En el caso de muestreadores portátiles estos deben ser: herméticos, ligeros, fáciles de ser asegurados, resistentes a las inclemencias del ambiente y estar en condiciones de operar bajo un amplio rango de condiciones ambientales.
- l) Capaz de proveer muestras compuestas o integradas.
- m) Velocidad de entrada del líquido ajustable para prevenir la separación de fases, cuando sea necesario.
- n) Una entrada base con un diámetro interno mínimo de 12 mm y un tabique aerodinámico para prevenir atascamientos y acumulación de sólidos.
- o) Capacidad de dispensar repetidamente alícuotas dentro de las botellas.
- p) Para el muestreo en el campo debe ser capaz de: operar en corriente ac/dc, tener una fuente de energía para proveer de al menos una hora de trabajo de muestreo. Tener garantía en caso de explosión, descarga neumática y de los elementos de control que tienen que ser utilizados.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE NTE INEN 2 169:1998	<i>Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para análisis.</i>
ISO 5667-4:1980,	<i>Water quality - Sampling - y partes siguientes.</i>
ISO 6107-2:1989,	<i>Water quality - Vocabulary - Part 2.</i>
ISO 7828:1985,	<i>Water quality - Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macroinvertebrates.</i>
ISO 8265:1988,	<i>Water quality - Design and use of quantitative samplers for benthic macroinvertebrates on stony substrata in shallow freshwaters.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 5667-2 *Water Quality - Sampling - Part 2: Guidance on sampling techniques. Second Edition 1991-07-15.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO** Código: **AL 01.06-203**
NTE INEN 2 176 **TECNICAS DE MUESTREO**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
Fechas de consulta pública: de a	

Subcomité Técnico: AGUAS
Fecha de iniciación: 1997-10-07 Fecha de aprobación: 1997-11-13
Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Dra. Magda Saltos (Presidenta)	MINISTERIO DE SALUD
Dra. Rocío Cobos	REFRESHMENT PRODUCT SERVICES E.
Dra. Piedad Enríquez	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE
Dr. Ángel Buenazo	FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS U.C.
Dra. Alexandra Levoyer	INDEGA
Dra. Mirely Segovia	E-M-AAP-Q
Dr. Hernán Ríosfrío	DIRECCIÓN DE HIGIENE MUNICIPAL
Ing. Marcelo Soria	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
Dra. Blanca Viera	INEN CATI
Tlga. María Dávalos (Secretaria Técnica)	INEN REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1998-06-18

Oficializada como: OPCIONAL Por Acuerdo Ministerial No. 323 de 1998-07-23
Registro Oficial No. 376 de 1998-08-05

ANEXO C: NTE INEN 2169:98 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.



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, muestra para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.08-202
CDU: 614.777.820.113
CIIU: 42.420.4200
ICS: 13.080.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.	NTE INEN 2 169:98 1998-11
--	---	---------------------------------

1. OBJETO

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.

2. ALCANCE

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.

3. DISPOSICIONES GENERALES

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.

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.

3.3 Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:

- 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.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.

3.4 La extensión de estas reacciones está en función de la naturaleza química y biológica de la muestra, de su temperatura, su exposición a la luz, la naturaleza del recipiente en el cual se coloca, el tiempo entre el muestreo y el análisis, las condiciones a la que ha sido sometida, por ejemplo: reposo o agitación durante el transporte, etc.

3.5 Los cambios relativos a un constituyente en particular varían en grado y velocidad no solamente en función del tipo de agua, sino también en función de las condiciones ambientales.

3.6 Debe enfatizarse que estas variaciones son, muchas veces, lo suficientemente rápidas como para modificar considerablemente la muestra en varias horas. En todo caso, se deben tomar las precauciones necesarias para minimizar estas reacciones, y en el caso de la determinación de muchos parámetros realizar el análisis sin demora.

3.7 Como las variaciones en la muestra de agua se deben en gran medida a procesos biológicos, se debe escoger de entre varios métodos de conservación el que no introduzca contaminación Inaceptable.

3.8 El tiempo durante el cual la muestra conservada está almacenada antes del análisis puede variar.

3.9 Como una guía puede decirse que los métodos de conservación son menos efectivos en las aguas residuales crudas que en las aguas residuales purificadas (efluentes de las plantas de tratamiento biológico). También se ha observado que el comportamiento de varias muestras de aguas residuales durante el almacenamiento es diferente, dependiendo de si las muestras han sido tomadas de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales.

3.10 Por otro lado, las aguas superficiales y las aguas subterráneas, pueden almacenarse con mayor efectividad. En el caso de aguas potables, el problema del almacenamiento se resuelve más fácilmente debido a que son menos susceptibles a reacciones biológicas o químicas.

3.11 Dependiendo de estas variaciones que afectan las muestras de agua, puede ser necesario, para ciertas determinaciones, tomar muestras individuales en vez de colectivas y analizarlas inmediatamente en el lugar del muestreo. Debe recordarse que el almacenamiento de muestras por períodos largos sólo es posible para la determinación de un número limitado de parámetros.

3.12 Pese a las numerosas investigaciones que han sido realizadas con el objeto de recomendar métodos los cuales hagan posible guardar las muestras de agua sin modificaciones en su composición, es imposible dar reglas absolutas, que cubran todos los casos y situaciones y que no presenten excepciones.

3.13 En todos los casos, el método de almacenaje, debe ser compatible con las técnicas analíticas que serán usadas.

3.14 Como se ha establecido en los párrafos anteriores es imposible dar reglas absolutas para la conservación, por lo que se deben considerar las siguientes recomendaciones:

3.14.1 La duración de la conservación, la naturaleza del recipiente y la eficacia de los procesos de conservación, no dependen, solamente de los elementos y de los niveles a ser analizados, sino también de la naturaleza de la muestra. Las tablas por lo tanto se deben considerar como una guía.

3.14.2 No debe existir una diferencia significativa entre los resultados de una determinación realizada inmediatamente y los resultados obtenidos luego de la conservación; cada analista debe por lo tanto verificar el método particular de análisis que intenta usar, y si las sugerencias de las tablas son adecuadas para la muestra que él está procesando.

(Continúa)

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:

- ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- 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);
- 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 convierten a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tiende 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, cloruros 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) ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{HgC}_6\text{H}_5$).

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.

(Continúa)

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 muestreo, 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.

(Continúa)

TABLA 1 - Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis físico-químico.

Parámetros	Tipo de recipiente P = plástico V = vidrio VB = vidrio borosilicatado	Técnicas de Conservación	Lugar del Análisis	Tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis. (Si no se especifica el período, es que no es importante. "1 mes" indica que se conserva sin dificultad)	Recomendaciones	Método de Ensayo NTE INEN
Acidez y alcalinidad	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	De preferencia analizar en el punto de muestreo (especialmente para muestras con altos contenidos de gases disueltos).	
Aluminio disuelto ¹⁾	P	Filtración en el lugar del muestreo y acidificación del filtrado a pH = 2	Laboratorio	1 mes	El aluminio disuelto ¹⁾ y el adherido a la materia en suspensión se pueden determinar en la misma muestra.	
total		Acidificación a pH = 2	Laboratorio	1 mes		
Amonio, libre e ionizado	P o V	Acidificar a pH = 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		
		Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	6 h		
AOX Haluros orgánicos absorbibles	V	Acidificar a pH = 2 con ácido nítrico, refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad	Laboratorio	3 días	Analizar tan pronto sea posible. Referir a Normas Internacionales para detalles relevantes para tipos especiales de agua.	
Arsénico	P o V	Acidificar a pH = 2	Laboratorio	1 mes	El HCl se emplea, si el método de análisis es de la técnica de hidruro.	900
Bario	P o VB		Ver Aluminio		No usar H ₂ SO ₄	
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	P o V (se prefiere vidrio para concentraciones bajas de DBO)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad	Laboratorio	24 h		
Boro y boratos	P		Laboratorio	1 mes		
Bromuro y sus compuestos	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	Las muestras se deben proteger de la luz directa del sol	
Cadmio	P o VB		Ver Aluminio			900
Calcio	P o V	-	Laboratorio	24 h	Hasta 48 h es posible, pero extremando las precauciones para muestras con una conductividad mayor a 70 mS/m.	1107
		Acidificar a pH = 2	Laboratorio	1 mes	La acidificación (no con H ₂ SO ₄) permite la determinación en la misma muestra de calcio y de otros metales.	
Dióxido de carbono	P o V	-	En el sitio	--		

1) Disuelto: implican a los que pasan a través de un filtro de 0,45 µm de diámetro de poro.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Carbono orgánico	V	Acidificar a pH = 2 con H_2SO_4 , refrigerar a 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad	Laboratorio	1 semana	La técnica de conservación depende del método de análisis usado. El análisis se debe realizar lo más pronto posible.	
	P	Congelar a -20°C	Laboratorio	1 mes	El congelamiento a -20°C se usa en ciertos casos.	
Cloruro	P o V	--	Laboratorio	1 mes		976
Cloro residual	P o V	--	En el sitio	--	Transportar en oscuridad. Realizar el análisis lo antes posible.	977
Clorofila	P o V	Refrigerar a 4°C	Laboratorio	24 h	Transportar en oscuridad.	
		Luego de filtrar refrigerar el residuo.	Laboratorio	1 mes		
Cromo (VI)	P o VB	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		983
Cromo total	P o VB			Ver	Aluminio	
Cobalto	P o VB			Ver	Aluminio	
DQO (demanda química de oxígeno)	P o V (preferible vidrio para contenidos bajos de DQO)	Acidificar a pH = 2 con H_2SO_4 , refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad.	Laboratorio	5 días		
	P	Congelar a -20 °C	Laboratorio	1 mes		
Color	P o V	--	En el sitio	--		970
		Refrigerar entre 2°C y 5°C y guardar en la oscuridad	Laboratorio	24 h		
Conductividad	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	El análisis de preferencia realizarlo en el sitio	
Cobre	P o VB			Ver	Aluminio	984
Cianuro, liberado fácilmente	P	la técnica de conservación de			depende del método de análisis usado	
Cianuro total	P	la técnica de conservación de			depende del método de análisis usado	
Detergentes				Ver	Surfactantes	
Residuo seco				Ver	Residuo Total	972
Fluoruro	P pero no PTFE	--	Laboratorio	1 mes		985
Grasas, aceites, hidrocarburos	Vidrio lavado con el solvente usado en la extracción.	Cuando sea posible extraer en el sitio y refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	Se recomienda adicionar el agente de extracción inmediatamente luego de recoger la muestra; o realizar la extracción en el sitio (según las regulaciones locales sobre seguridad).	
Metales pesados (excepto mercurio)	P o VB			Ver	Aluminio	
Hidrazina	V	Acidificar con HCl (100 cm ³ por litro de muestra) y guardar en oscuridad.	Laboratorio	24 h		
Hidrocarburos				Ver	Grasas	
Hidrogenocarbonatos				Ver	Alcalinidad	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Ioduro	Vidrio	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	Las muestras se deben proteger de la luz directa del sol	
		Alcalinizar a pH 11	Laboratorio	1 mes		
Hierro (II)	P o VB	Acidificar a pH < 2 con HCl, y eliminar el oxígeno atmosférico	En el sitio o en el laboratorio	24 h		
Hierro total	P o VB		Ver	Aluminio		979
Nitrógeno Kjeldahl	P o VB	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2°C y 5°C y guardar en la oscuridad	Laboratorio	24 h	No acidificar si el nitrógeno libre va a ser determinado en la misma muestra.	1 204
Plomo	P o VB		Ver	Aluminio	No usar H ₂ SO ₄	1 100
Litio	P	-	Laboratorio	1 mes		
		Acidificar a pH < 2	Laboratorio	1 mes	La acidificación permite la determinación del litio en la misma muestra como la de otros metales	
Magnesio	P o VB		Ver	Calcio		1 100
Manganeso	P o VB		Ver	Aluminio		1 104
Mercurio Total	VB	Acidificar a pH < 2 con HNO ₃ y adición de K ₂ Cr ₂ O ₇ (0,05 % (m/m) de concentración final)	Laboratorio	1 mes	Poner especial cuidado para asegurar que los recipientes porta muestra estén libres de contaminación.	
Níquel	P o VB		Ver	Aluminio		
Nitrato	P o V	Acidificar a pH < 2 o refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		975 995
		En el lugar filtrar en membrana filtrante de poro 0,45 µm y refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	48 h	Para aguas de pozo o superficiales	
Nitrito	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		
Olor	V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio (para el análisis cuantitativo)	6 h	El análisis se debe realizar en el lugar lo más pronto posible (análisis cualitativo)	
Cloruro orgánico			(Hidruros Orgánicos)	Ver	AOX absorbibles)	
Ortofosfatos total	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	El análisis debe realizarse lo más pronto posible.	
Ortofosfatos disueltos	P o V	Filtrar la muestra en el lugar al momento del muestreo. Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	El análisis debe realizarse lo más pronto posible.	
Oxígeno	P o V	-	En el sitio	-		1 106
	V	Fijar el oxígeno en el sitio y guardar en la oscuridad	Laboratorio	4 días a lo mucho	Fijar el oxígeno de acuerdo con el método de análisis usado	
Ozono	-	-	En el sitio	-		

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Índice de permanganato	V	Acidificar a pH 2 con H_2SO_4 , refrigerar entre 2°C y 5°C guardar en obscuridad	Laboratorio	2 días	Analizar tan pronto sea posible; acidificar de acuerdo con el fundamento del método puede ser una técnica de preservación ventajosa.	
	P	Congelar a -20°C	Laboratorio	1 mes		
Pesticidas organoclorados	V (lavado con solvente)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en obscuridad	Laboratorio	24 h	Se recomienda, inmediatamente luego de muestrear, adicionar el solvente a usarse en el método de análisis o realizar la extracción en el sitio.	
Pesticidas organofosforados	V (lavado con solvente)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en obscuridad	Laboratorio	24 h	La extracción se realiza tan pronto sea posible luego del muestreo, preferiblemente antes de las 24 h.	
Petróleo y sus derivados	Ver: grasas, aceites e hidrocarburos					
pH	P o V	-	En el sitio		El análisis se debe realizar tan pronto sea posible y de preferencia inmediatamente en el sitio del muestreo.	973
		Transportar a temperatura más baja que la inicial	Laboratorio	6 h		
Índice de Fenol	VB	Inhibir la oxidación bioquímica con $CuSO_4$, y acidificar con H_3PO_4 , a pH < 2	Laboratorio	24 h	La técnica de preservación dependerá del método de análisis a usarse.	
Fenoles	VB	Refrigerar entre 2°C y 5°C guardar en la obscuridad	Laboratorio	24 h	La extracción se debe realizar lo antes posible.	
Plomo disuelto	VB o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C. Filtrar inmediatamente en el sitio, de ser necesario	Laboratorio	24 h	Se recomienda el uso de recipientes de vidrio lodizado, cuando las concentraciones son bajas; (una botella puede ser lodizada colocando unos pocos cristales de yoduro dentro del recipiente, sellar y calentar a 60 °C por 8h). Se debe evitar que el yoduro pueda lixiviar dentro de la muestra por lo tanto interferir con el análisis. Se recomienda consultar con el analista para utilizar la mejor técnica de conservación.	
Plomo Total	VB o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	Ver arriba	
		Acidificar a pH < 2 con H_2SO_4	Laboratorio	1 mes	Ver arriba	
Potasio	Ver: Litio					
Selenio	V o VB	Acidificar a pH < 1, si-espón al están presentes selenuros; si estos están presentes alcalinizar a pH > 11 con $NaOH$	Laboratorio	1 mes		
Silicatos disueltos	P	Filtración, en el sitio del muestreo acidificar a pH < 2 con H_2SO_4 , y refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		
Silicatos totales	P	Ver arriba	Laboratorio	24 h		

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Plata	P o V	Ver	Aluminio	No usar HCl, algunas formas de la plata necesitan la adición de cianuro para estabilizar.		
Sodio		Ver	Lito			
Sulfatos	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	1 semana	En muestras de deshecho, considerar que se pueden formar sulfuros; por lo tanto adicionar peróxido de hidrógeno. Para muestras con un alto DBO (> 200 mg/l), considerando el peligro de eliminación del sulfuro, se debe adicionar ácido clorhídrico en lugar de peróxido de hidrógeno.	975
Sulfuros (fácilmente liberados)	P o V	Fijar las muestras inmediatamente por alcalización con carbonato de sodio seguido de la adición de 4 gotas de acetato de zinc 2N por cada 100 cm ³ de muestra.	Laboratorio	24 h	Estabilizar de acuerdo a los procedimientos de las Normas Internacionales.	
Sulfuros	P o V	Igual que para sulfuros fácilmente liberados, llenar completamente el recipiente. Cuando se determine sulfuros totales alcalinizar la muestra con hidróxido de sodio a pH = 9	Laboratorio	-	Analizar tan pronto sea posible. Estabilizar de acuerdo a los procedimientos de las Normas Internacionales.	
Sulfitos	P o V	Fijar en el sitio con adición de 1 cm ³ de EDTA 2,5% (v/v) por 100 cm ³ de muestra	Laboratorio	48 h		
Surfactantes catiónicos	V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	48 h	Lavar el recipiente de vidrio como se describe en ISO 7875-1 y 7875-2. Analizar las muestras tan pronto sea posible. Para prevenir la adsorción en las paredes del recipiente, adicionar en el sitio del muestreo 5 mg/l de un surfactante lineal alquilatosilato no iónico.	
Surfactantes aniónicos	V	Acidificar a pH = 2 con H ₂ SO ₄ y refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	48 h	Lavar los recipientes de vidrio como se describe en ISO 7875-1 y analizar lo más pronto posible.	
Surfactantes no iónicos	V	Adicionar formaldehído al 40% (v/v), hasta tener una solución al 1% (v/v); refrigerar entre 2°C y 5°C, asegurarse que el recipiente está completamente lleno	Laboratorio	1 mes	Lavar los recipientes de vidrio como se describe en ISO 7875-2 y analizar lo más pronto posible.	
Sólidos en suspensión y sedimentables	P o V	-	Laboratorio	24 h	El análisis se debe realizar lo más pronto posible y de preferencia en el sitio.	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Estaño	P o VB		Ver	Aluminio	No usar HNO ₃ . Si están presentes compuestos organo estañicos usar ácido acético para la preservación del estaño total, si es específico congelar y analizar lo más pronto posible	
Dureza total	P o VB		ver	calcio		974
Sólidos totales (extracto seco)	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h		
Turbidez	P o V	-	Laboratorio	24 h	El análisis realizar de preferencia en el sitio del muestreo	971
Uranio	P o VB			Ver	Aluminio	
Zinc	P o VB			Ver	Aluminio	981

TABLA 2 - Distribución de los parámetros de análisis según el tipo de preservación y conservación usado (anexo a la tabla 1)

Preservación por	Recomendado para	No recomendado para
Alcalinización a pH = 11	<p>Íoduros</p>	<p>La mayoría de los compuestos orgánicos, metales pesados en estados de oxidación menor. Algunos metales que forman aniones solubles a estados de oxidación altos (dependiendo del anión presente consultar las tablas de solubilidad)</p> <p>Amoniacolamonió</p> <p>Aminas y amidas</p> <p>Fósforo total</p> <p>Hidrazina</p> <p>Hidroxilamina</p>
Acidificación a pH = 2	<p>Metales alcalinos</p> <p>Aluminio</p> <p>Amonio (pero no si se requiere por separado el amonio libre y el total)</p> <p>Analítico</p> <p>Metales alcalinotérreos</p> <p>Nitrato</p> <p>Dureza total</p> <p>Fósforo total</p> <p>Metales pesados</p>	<p>Cianuros</p> <p>Sulfuros</p> <p>Carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono</p> <p>Sulfito, dióxido de azufre</p> <p>Tiosulfatos</p> <p>Nitrito</p> <p>Fosforatos (si la monitoria indica)</p> <p>Surfactantes y éteres</p> <p>Hexametilentetramina</p> <p>No usar ácido sulfúrico para Calcio, Estroncio, Bario, Radio y Plomo</p> <p>No usar ácido clorhídrico para Plata, Talio, Plomo, Bismuto, Mercurio(II) y Antimonio</p> <p>No usar ácido nítrico para estaño</p>

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Conservación por	Recomendado para	No recomendado para
Refrigeración de 2°C a 5°C	Acidez, alcalinidad Amonio Bromo y sus compuestos Clorofila Ioduros Nitrógeno (nitrato) Conductividad Nitrato Nitro Clor Ortoboratos Fósforo Sulfatos Surfactantes catiónicos Residuo seco Sólidos totales Bioensayos	
Congelamiento a -20°C	Clorofila DCO Bioensayos análisis de toxicidad Carbón orgánico Índice de permanganato	No recomendable para biota si se hace una distinción entre la biota del líquido y las células contenidas en la biota. Gases disueltos. Para identificación de microorganismos. Pueden ocurrir cambios en varios solutos, lo que requiere de homogenización luego del descongelamiento. Puede ocurrir precipitación (y polimerización) dificultando el análisis. Recíprocamente algunos polímeros depolimerizan. Las recomendaciones se deben evaluar antes del uso rutinario.

TABLA 3 - Técnicas generales recomendadas para la conservación de muestras para el análisis Microbiológico

Parámetro a ser analizado	Tipo de recipiente	Técnicas de preservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis	Observaciones	Método de ensayo NTE INEN
Recuento de aeróbicos mesófilos Coliformes totales Coliformes termotolerantes Streptococo fecal Salmonella Shigela etc.	Recipiente estéril	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	6 h (agua potable, agua superficial, de pozo y lodos)	Para aguas cloradas o bromadas la muestra se debe recoger en un frasco que contenga (antes de esterilizar) sulfato de sodio (0,1 cm ³ de una solución al 10% de Na ₂ S ₂ O ₅) por cada 125 cm ³ de muestra). Para aguas que contengan concentraciones de metales pesados superiores a 0,01 mg/l, adicionar al recipiente (antes de esterilizar) 0,3 cm ³ de EDTA al 15 % por cada 500 cm ³ de muestra (ver 4.6).	1 206

(Continúa)

TABLA 4 - Técnicas generales recomendadas para la preservación de muestras para análisis Biológico

Parámetro a ser analizado	Tipo de recipiente P= plástico V= vidrio VB= vidrio Borosilicatado	Técnicas de preservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de conservación antes del análisis	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Cantidad e identificación						
Sedimento blástico, macro invertido	P o V	Adicionar etanol al 70 % (v/v)	Laboratorio	1 año	El agua de las muestras se debe decantar para aumentar la concentración del preservante	
- sedimento abundante		Adicionar 40 cm ³ de formaldehído al 40 % (v/v) neutralizado con borato de sodio.	Laboratorio	1 año		
- sedimento escaso	V	Transferir a una solución preservante de etanol al 70 %, formaldehído al 40% y glicerol (en proporciones 100+2+1 respectivamente)	Laboratorio	Indefinidamente	Se requieren de métodos especiales para los grupos de invertidos que se deforman por el tratamiento normal de preservación (p.e. platelmintos) Precaución: cuidarse de los vapores de formaldehído. No almacenar muchas muestras en el área de trabajo)	
Perifiton	V	Adicionar una parte por volumen de Lugol para 100 partes de volumen de muestra.	Laboratorio	1 año	Guardar las muestras en la oscuridad	
Fitoplancton	V	Ver perifiton	Laboratorio	1 año	Guardar las muestras en la oscuridad	
Zooplancton	V	Adicionar formaldehído al 40 % para tener formalina al 4% o adicionar solución de Lugol como para el Perifiton	Laboratorio	1 año	La adición de una mayor cantidad de Lugol puede ser necesaria si ocurre decoloración	

(Continúa)

(Continuación Tabla 4)

Sedimento húmedo y sedimento seco	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	En el sitio o en el laboratorio	24 h	No congelar a -20°C Realizar el análisis antes de las 24 h	
Sedimento báltico o macro invertebrados						
Macrofitos						
Perifiton						
Fitoplancton						
Zooplancton						
Peces		—	En el sitio			
Centizas del sedimento	P o V	Filtrar y refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	2 semanas		
Sedimento báltico o macro invertebrados						
Macrofitos						
Perifiton						
Fitoplancton						
Análisis de toxicidad	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	El período de conservación varía de acuerdo al método de análisis usado.	
		Congelar a -20°C	Laboratorio	2 semanas		

(Continúa)

TABLA 5. Técnicas generales recomendadas para la preservación de muestras para el análisis de parámetros Radio-químicos

Parámetro a ser analizado	Tipo de recipiente	Técnicas de preservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Recomendaciones	Método de ensayo NTE INEN
Actividad Alfa Actividad Beta (excepto radio-yodo)	P	<p>1. Si se va a determinar la actividad en la materia soluble y en suspensión separadamente, filtrar de inmediato.</p> <p>2. Adicionar 20 cm³ de ácido nítrico al 50% por cada litro de muestra. El valor del pH debe ser menor que 1.</p> <p>3. Guardar en lugar obscuro a una temperatura entre 2°C y 5°C.</p>	Laboratorio	Lo más pronto posible	<p>Las precauciones de seguridad dependen de la actividad de la muestra.</p> <p>Precaución. El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.</p>	
Actividad Gamma (para isótopos de radón y de yodo radiactivo ver las recomendaciones separadamente)	P	<p>1. Si esta presente materia en suspensión y se necesita las mediciones de la actividad por separado, o los sólidos no están totalmente disueltos, filtrar la muestra y tratar como dos muestras separadas.</p> <p>2. Adicionar cuantitativamente a la muestra una cantidad conocida de una solución que contenga el isótopo no radiactivo de interés. Para muestras que contengan metales, la solución es ácida a pH = 2; el ácido que se emplee no debe precipitar o volatilar los elementos. Se necesita especial cuidado para los isótopos del radón.</p> <p>3. Guardar en botellas herméticas y en la oscuridad entre 2°C y 5°C.</p>	Laboratorio	Depende de la vida media de los elementos radiactivos de interés. Determinar la vida media tan pronto la muestra necesita ser analizada.	<p>Las precauciones de seguridad y defensas dependen de la actividad de la muestra.</p> <p>Precaución- El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.</p>	

(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Radio-iodo	P	<p>Pretratar cada botella con yodo no radiactivo</p> <p>mínimo a 80°C cubriendo completamente, enjuagar con etanol seguido de un lavado con agua hasta que todo el yodo desaparezca, o adicionar yoduro de sodio como agente liberador.</p>	<p>1. Ajustar el valor de pH a 0,0a0,1 con la solución de hidróxido de sodio.</p> <p>2. Adicionar 0,1 g a 0,01 g de yoduro de sodio no radiactivo por litro de muestra.</p> <p>3. Adicionar de 2 a 4 cm³ de hipoclorito de sodio [10%(m/m)] por litro de muestra, asegurando un exceso de cloro libre.</p>	Laboratorio	Lo más pronto posible	<p>Las muestras no deben ser ácidas cuando se adiciona el Iodo; (es importante si en la misma muestra se determina actividad alfa y beta).</p> <p>No se debe usar amonio para alcalinizar la muestra.</p>
Radio por otros métodos (ver también actividad alfa y beta)	P		<p>1. Como para la actividad alfa y beta.</p> <p>2. Acidificar a valores de pH menores que 1 con ácido nítrico y anotar el volumen del ácido adicionado.</p>	Laboratorio	Antes de 2 meses.	<p>Las precauciones y cuidados dependen de la actividad de la muestra.</p> <p>Precaución- El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.</p>
Isótopos de Radón Radio por incremento interno de radón.	VB	<p>Ajustar con un tapón que no quede muy por encima del nivel del líquido.</p>	<p>1. Llenar las botellas sin burbujas y sin espuma, taparlas sin que el tapón tope la superficie del líquido.</p> <p>2. Si no hay materia sólida, acidificar con ácido nítrico hasta un valor de pH menor a 2.</p> <p>3. Transportar y guardar a temperatura ligeramente inferior que la temperatura a la que fueron tomadas las muestras. No congelar.</p>	Laboratorio o en el sitio	Tan pronto sea posible, y dentro de las 48 h tomando en cuenta la vida media.	<p>Los recipientes plásticos pueden ser poco adecuados al radón. Si el radón es gaseoso puede formar aerosoles de polonio, etc.</p> <p>El manejo cuidadoso es esencial.</p>
Radio estroncio	P		<p>Como para actividad alfa y beta, pero adicionar una pequeña cantidad de solución de nitrato de estroncio, como acareador.</p>	Laboratorio	Lo más pronto posible, pero antes de 2 semanas.	
Trítio gaseoso o agua tritideada	VB		<p>Se debe evitar el intercambio isotópico y la inactivación del agua.</p>	Laboratorio	Tan pronto sea posible, pero antes de 1 mes.	
Radio cesio	P		<p>Verrado estroncio (usar nitrato de cesio como acareador)</p>	Laboratorio	Antes de 2 semanas.	

(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Uranio	P	Volumen de muestra entre 1 y 5 litros. Acidificar con ácido nítrico a pH < 1	Laboratorio	Antes de 2 semanas		
Plutonio	VII	Volumen de muestra entre 5 y 50 litros. Acidificar con ácido nítrico a pH < 1	Laboratorio	Antes de 2 semanas		

NOTAS

1. Se debe evitar la contaminación de la muestra, especialmente si la actividad de la muestra es baja. Algunas muestras presentan lecturas de actividad si permanecen en el sol o al aire. Los laboratorios ordinarios y los radio-químicos, así como algunos artefactos domésticos, pueden contener material radiactivo.
2. Algunas botellas de plástico concentran las muestras paulatinamente debido a que se vuelven permeables al agua. Ver las recomendaciones para radón.
3. Cuando se muestre agua lluvia, (ver ISO 5667-8). Como la recolección de una cantidad suficiente de muestra requiere un período de varios días, anotar la fecha de inicio y finalización de la recolección. Se puede adicionar un conservador o estabilizador para determinadas mediciones.
4. La anotación de la fecha y la hora de muestreo es importante cuando se requiere hacer correcciones por deterioro.

(Continúa)

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

Norma Técnica Ecuatoriana	AGUAS MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO	NTE INEN 1105 1983-12
<p>0. INTRODUCCION</p> <p>0.1 El muestreo necesita una serie de cuidados y precauciones que se requieren observar minuciosamente, para que los resultados finales sean lo más exactos posible, teniendo tanta importancia la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra como el análisis mismo.</p> <p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece criterios generales que deben observarse en el proceso de recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra de agua para análisis microbiológico.</p> <p>2. EQUIPO</p> <p>2.1 Frascos adecuados para la recolección de la muestra, esterilizables y protegidos convenientemente.</p> <p>2.2 Aparato de muestreo. Que permita sujetar la botella y extraer mecánicamente el tapón bajo el agua.</p> <p>2.3 Aparato de esterilización; uno de los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">a) estufa de aire caliente, con temperatura regulable entre 160 a 180°C;b) autoclave para esterilizar a 121°C;c) esterilizador a gas. <p>3. REACTIVOS</p> <p>3.1 Tiosulfato de sodio. Solución al 10% de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.</p> <p>3.2 Sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetra acético. EDTA. Solución al 15%.</p> <p>4. CONSIDERACIONES GENERALES</p> <p>4.1 Recipientes. Las muestras para exámenes bacteriológicos deben recogerse con sumo cuidado; el enjuague final debe ser con agua destilada y luego esterilizada como se indica en el Anexo A.</p> <p>4.2 Decloración. Los frascos que se destinan para la recolección de muestras de agua con cloro residual deben llevar un agente declorador, a no ser que contenga caldo para la siembra directa. El tiosulfato de sodio es un agente de decloración satisfactorio. Su presencia en el momento de la recolección de la muestra de agua dorada neutraliza el cloro durante el tiempo que la muestra se encuentra en tránsito al laboratorio.</p> <p>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.</p>		

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.

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 cauce.

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.

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.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1105	TÍTULO: AGUAS. MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO	Código: AL 01.06-201
-----------------------------	--	-------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
Fechas de consulta pública: 1982-03-08-14 a 1982-04-21	

Subcomité Técnico de: **AL 01.06 AGUA POTABLE**

Fecha de iniciación:	Fecha de aprobación: 1983-02-24
Integrantes del Subcomité:	

NOMBRES:

Dr. Hernán Riofrío
 Dr. José E. Marcos
 Sra. Rita de Meneses
 Dra. Ligia de Arcantales
 Dra. Carlota Naranjo
 Dra. Mercedes Reyes Vera

 Dr. Gonzalo Sandoval
 Dr. Hernán Miño
 Dr. Ramiro Gallegos

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

INERHI
 EMAP-GUAYAQUIL
 CERVECERIA ANDINA
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE-QUITO
 UNIVERSIDAD CATOLICA-QUITO
 INSITUTO NACIONAL DE HIGIENE-
 GUAYAQUIL
 EMAP-QUITO
 CENDES
 INEN

Otros trámites: ⚡ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

**ANEXO E: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:
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% DE LÍMITE DE CONFIANZA CUANDO SE USAN 5 TUBOS.

No. de Tubos positivos	NMP/100 mL	95% de Limite 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

ANEXO G: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994

TABLA 1

CARACTERÍSTICA	LÍMITE 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: AUTORIZACIÓN DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHUNCHI.

**Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del
Cantón Chunchi**



Alcaldía

Oficio No.-926-AGADMCH
Chunchi, 25 de Julio del 2016

Doctora
Ana Albuja
DIRECTORA ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA ESPOCH
Presente

De mi consideración;

A nombre del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chunchi, que me honro presidir, llego a Usted con un atento y cordial saludo junto con el deseo del mayor de los éxitos en las funciones encomendadas.

En atención a su requerimiento efectuado para que la Señorita Jessica Fernanda Molina Paredes, pueda realizar el desarrollo de su proyecto del Trabajo de Titulación "Evaluación de la calidad físico química y microbiológica del agua de consumo humano de cantón Chunchi", en nuestra Institución, me permito manifestarle que el pedido ha sido atendido favorablemente, para el efecto la Srta. Molina Paredes, deberá coordinar con el Departamento Administrativo y de Talento Humano Municipal.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,
DIOS, PATRIA Y LIBERTAD



Dr. Carlos Aguirre Arellano
ALCALDE DEL CANTÓN

C/c. Dr. Miguel Altamirano; Jefe Administrativo y de Talento Humano.

 General Córdova 562 y Capitán Ricaurte
Telf.: 032936244 / 245 FAX: 032936370
e-mail: alcaldiachunchi@gmail.com // www.municipiochunchi.gob.ec

 Gadm Chunchi

ANEXO I: FOTOGRAFÍAS

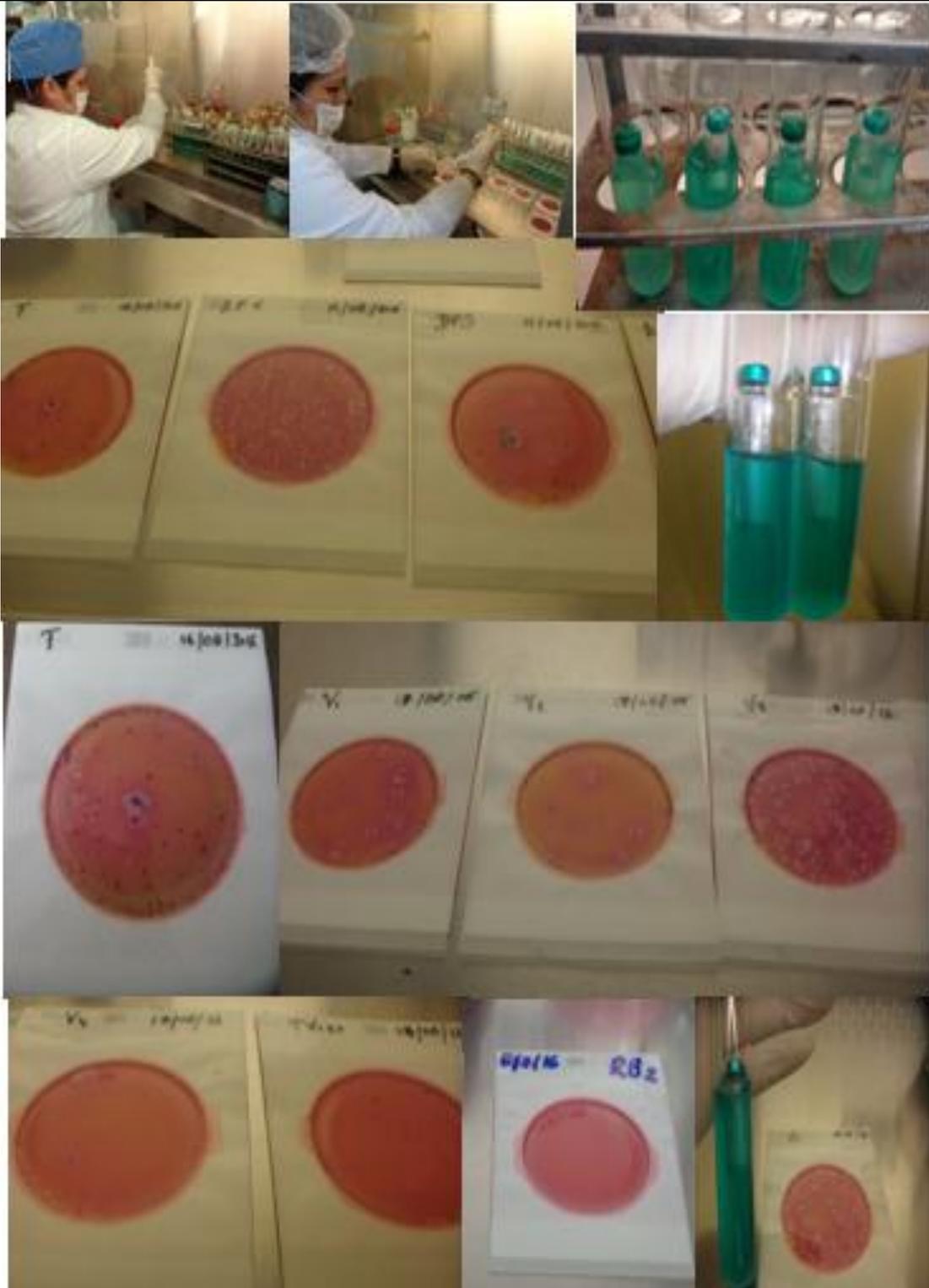
MUESTREO EN LAS VERTIENTES



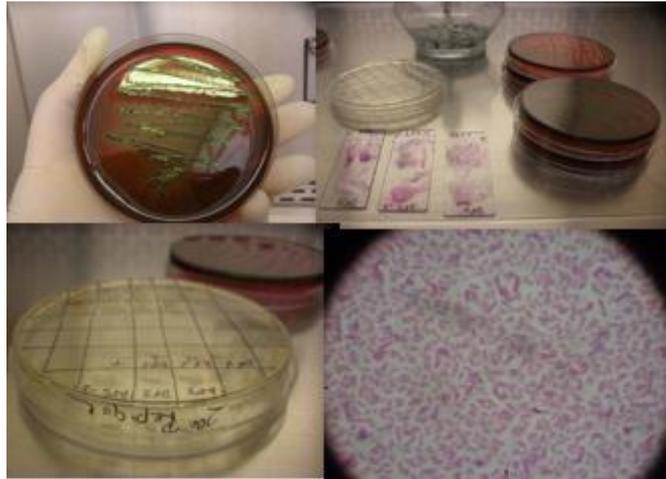
MUESTREO ANTES Y DESPUÉS DE LA FILTRACIÓN



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



PRUEBAS CONFIRMATORIAS



ANÁLISIS PARASITOLÓGICO



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

