



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

ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL
SISTEMA DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGIONAL
YANAHURCO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
CONVENCIONAL.

Tesis de grado presentado para optar al grado académico de:
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA:
LAURA CECILIA ORTIZ MAYORGA

Riobamba – Ecuador

2015



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

ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL
SISTEMA DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGIONAL
YANAHURCO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
CONVENCIONAL.

Tesis de grado presentado para optar al grado académico de:
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: LAURA CECILIA ORTIZ MAYORGA
TUTOR: Dr. MANUEL MORALES YUSTE PhD.

Riobamba – Ecuador

2015

©2015, Laura Cecilia Ortiz Mayorga

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

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

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGIONAL YANAHURCO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CONVENCIONAL.”, de responsabilidad de la señorita Laura Cecilia Ortiz Mayorga, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Félix Andueza

**DIRECTOR ESCUELA
DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

Dr. Manuel Morales Yuste PhD.

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos Espinoza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Sandra Escobar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Laura Cecilia Ortiz Mayorga, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

LAURA CECILIA ORTIZ MAYORGA

DEDICATORIA

Al culminar una de mis metas profesionales, dedico mi trabajo, esfuerzo y sacrificio con el más grande cariño:

A Dios y la Santísima Virgen del Cisne por darme salud y oportunidad de vivir para culminar mi profesión.

A mis padres Nelson Ortiz y Laura Mayorga, pilares indispensables en mi vida quienes de manera profunda y abnegada me han brindado todo su amor, comprensión, apoyo y sacrificio para no rendirme ante las disímiles adversidades de mi vida.

A mis hermanas Sandra y María de los Ángeles, por su inmenso cariño y gran tolerancia para conmigo.

Al más grande regalo q Dios me otorgó, mi hijo, Etham, porque cuando tú naciste me diste más motivos para seguir adelante convirtiéndote en fuerza e inspiración para lograr el triunfo anhelado.

Y de manera muy especial, a Jonnatan por su entrega total, brindándome su entera confianza, apoyo, amor y paciencia.

Los Amo.

Laura C. Ortiz M.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la santísima Virgen del Cisne mi agradecimiento absoluto por todas las bendiciones recibidas detrás de las pruebas afrontadas.

A toda mi familia, principalmente a mis padres, hermanas y a Jonnatan por su invaluable apoyo, tolerancia y amor.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y docentes de la Escuela de Bioquímica y Farmacia por los conocimientos brindados durante mi formación académica, instruyéndome como una profesional ética y comprometida con la sociedad.

Al Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos de la Escuela de Bioquímica y Farmacia junto con su equipo de trabajo por el apoyo brindado en la realización de ésta investigación, y de manera muy especial a la Dra. Sandra Escobar por su asesoramiento, contribución y coordinación en la investigación. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que se ha realizado. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Al Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, ESPOCH; especialmente a la Dra. Gina Álvarez R., responsable del laboratorio, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de la investigación.

A los doctores: Manuel Morales Yuste PhD. y Carlos Espinoza, por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección y por brindarme su tutoría y sapiencia durante la elaboración de la misma. Su apoyo y confianza en mi trabajo conjuntamente con su capacidad para guiar mis ideas han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador.

A la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco y de modo especial al Ing. Juan Espinoza y señores operadores de la planta potabilizadora, por su disponibilidad de tiempo, calidad humana e instrucciones funcionales y geográficas recibidas en la planta de tratamiento y sitios de muestreo, especialmente en el páramo de Sachaguayco.

A mis invaluable amigas: Bqf. Carolina Sandoval, Bqf. Gabriela Rodríguez e Ingeniera Elena López, por elucidar el principio de mi investigación y por el apoyo moral e incondicional brindado en momentos prósperos y de desánimo.

A la familia Carrillo Flores por su infinita ayuda al ser un respaldo confiable con el cuidado de mi hijo en las horas y días de ausencia para culminar la investigación.

Y a cada persona que estuvo de una u otra forma en el desarrollo de este trabajo.

Laura C. Ortiz M.

CONTENIDO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1 Antecedentes de la investigación.....	3
1.2 El agua.....	6
1.3 Composición del agua.....	7
1.4 Propiedades físicas.....	8
1.5 Propiedades químicas.....	10
1.6 Tipos de agua.....	11
<i>1.6.1 Según su localización.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.1.1 Lluvia y nieve.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.1.2 Aguas superficiales.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.1.3 Aguas subterráneas.....</i>	<i>12</i>
<i>1.6.2 Según sus características de potabilidad.....</i>	<i>12</i>
<i>1.6.2.1 Agua cruda.....</i>	<i>12</i>
<i>1.6.2.2 Agua potable.....</i>	<i>12</i>
1.7 Microbiología del agua.....	13
<i>1.7.1 Indicadores microbiológicos de la contaminación del agua.....</i>	<i>13</i>
<i>1.7.1.1 Bacterias.....</i>	<i>14</i>
<i>1.7.1.2 Parásitos.....</i>	<i>17</i>
<i>1.7.1.3 Virus.....</i>	<i>18</i>
1.8 Enfermedades transmitidas por el agua.....	20
<i>1.8.1 Enfermedades bacterianas.....</i>	<i>24</i>
<i>1.8.2 Enfermedades parasitarias.....</i>	<i>28</i>
<i>1.8.3 Enfermedades virales.....</i>	<i>32</i>

1.9	Medidas de prevención.....	35
1.10	Calidad del agua y su importancia.....	35
1.10.1	<i>Criterios de calidad del agua potable.....</i>	37
<i>1.10.1.1</i>	<i>Caracterización física.....</i>	<i>38</i>
<i>1.10.1.2</i>	<i>Caracterización química.....</i>	<i>39</i>
<i>1.10.1.3</i>	<i>Caracterización microbiológica.....</i>	<i>43</i>
1.10.2	<i>Recolección de muestras.....</i>	44
1.11	Planta de tratamiento de agua potable.....	45
1.11.1	<i>Proceso de potabilización del agua.....</i>	45
<i>1.11.1.1</i>	<i>Captación.....</i>	<i>45</i>
<i>1.11.1.2</i>	<i>Conducción.....</i>	<i>45</i>
<i>1.11.1.3</i>	<i>Aireación.....</i>	<i>46</i>
<i>1.11.1.4</i>	<i>Pre-sedimentación.....</i>	<i>46</i>
<i>1.11.1.5</i>	<i>Coagulación.....</i>	<i>46</i>
<i>1.11.1.6</i>	<i>Floculación.....</i>	<i>47</i>
<i>1.11.1.7</i>	<i>Sedimentación.....</i>	<i>47</i>
1.11.1.8	<i>Filtración.....</i>	48
1.11.1.9	<i>Desinfección.....</i>	48
<i>1.11.1.9.1</i>	<i>Desinfectantes utilizados en la depuración del agua.....</i>	<i>49</i>
1.12	Control final y monitoreo.....	54
 CAPÍTULO II.....		55
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	55
2.1	Población de estudio y localización de los puntos de muestreo.....	55
2.2	Flujograma de trabajo.....	56
2.3	Identificación y Codificación.....	59
2.3.1	<i>Técnica de muestreo.....</i>	62
2.4	Análisis de muestras.....	63
2.4.1	<i>Análisis físicos.....</i>	64
<i>2.4.1.1</i>	<i>Determinación de pH, conductividad y sólidos disueltos.....</i>	<i>64</i>
<i>2.4.1.2</i>	<i>Determinación del color.....</i>	<i>64</i>
<i>2.4.1.3</i>	<i>Determinación de turbiedad.....</i>	<i>65</i>
2.4.2	<i>Análisis químico.....</i>	65
<i>2.4.2.1</i>	<i>Determinación de nitratos.....</i>	<i>65</i>
<i>2.4.2.2.</i>	<i>Determinación de nitritos.....</i>	<i>66</i>
<i>2.4.2.3</i>	<i>Determinación de manganeso.....</i>	<i>66</i>

2.4.2.4.	<i>Determinación de fluoruros</i>	67
2.4.2.5	<i>Determinación de Cloro libre residual</i>	67
2.4.3	Análisis microbiológico	68
2.4.3.1	<i>Determinación de Coliformes fecales por el método placas PetrifilmTM</i>	68
CAPÍTULO III		69
3	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
3.1	Análisis físico del agua	69
3.1.1	<i>Análisis del parámetro turbiedad</i>	69
3.1.2	<i>Análisis del parámetro color según muestras analizadas</i>	71
3.1.3	<i>Análisis del parámetro conductividad según muestras analizadas</i>	72
3.1.4	<i>Análisis del parámetro sólidos totales disueltos según muestras analizadas</i>	74
3.1.5	<i>Análisis del parámetro temperatura según muestras analizadas</i>	75
3.2	Análisis químico del agua	76
3.2.1	<i>Análisis del parámetro pH según muestras analizadas</i>	77
3.2.2	<i>Análisis del parámetro nitratos según muestras analizadas</i>	78
3.2.3	<i>Análisis del parámetro nitritos según muestras analizadas</i>	80
3.2.4	<i>Análisis del parámetro fluoruros según muestras analizadas</i>	81
3.2.5	<i>Análisis del parámetro cloro libre residual según muestras analizadas</i>	82
3.2.6	<i>Análisis del parámetro manganeso según muestras analizadas</i>	84
3.3	Análisis microbiológico del agua	85
CONCLUSIONES		90
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Muestra recolectada por duplicado en la vertiente de Sachaguayco.
ADN	Ácido desoxirribonucleico.
AHA	Ácidos haloacéticos.
APHA	American Public Health Association.
ARN	Ácido ribonucleico.
Art. 28	Artículo número 28 de la Constitución Política de la República del Ecuador 1972.
Art. 318	Artículo número 318 de la Constitución Política de la República del Ecuador 2008. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.
As	Arsénico.
A´	Muestra recolectada por duplicado en la vertiente de Sachaguayco.
AI y AII	Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio Acapulco, cantón Mocha.
AbI y AbII	Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Alobamba, cantón Tisaleo.
b	Muestra recolectada por duplicado en el tanque de almacenamiento.
B	Boro.
Ba	Bario.
Bqf.	Bioquímico farmacéutico.
b´	Muestra recolectada por duplicado en el tanque de almacenamiento.
c	Muestra recolectada por duplicado en el tanque distribuidor del agua cruda hacia los prefiltros de la planta antigua de JAAPARY.
cal/g	Calorías por gramo.
CaCO₃	Carbonato de calcio.
cm	Centímetros.
cm³	Centímetros cúbicos.
Ca(ClO₂)	Hipoclorito de calcio.
Cd	Cadmio.
Cl₂	Cloro gaseoso.
Cr	Cromo.
Cu	Cobre.
CEPIS	Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences.
CN⁻	Cianuros.
°C	Grados Celsius.

d	Muestra recolectada por duplicado en el prefiltro número 1 de la planta antigua de JAAPARY.
D	Muestra recolectada por duplicado en la Red alta del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
DPD	N,N-dietil-p-fenilendiamina
e	Muestra recolectada por duplicado en el prefiltro número 2 de la planta antigua de JAAPARY.
E	Muestra recolectada por duplicado en la Red media del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli.</i>
EDA	Enfermedad diarreica aguda.
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
f	Muestra recolectada por duplicado en el sedimentador de la nueva planta de tratamiento de agua de JAAPARY.
F	Muestra recolectada por duplicado en la Red baja del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
g	Gramos.
g	Muestra recolectada por duplicado en el filtro de la nueva planta de tratamiento de agua de JAAPARY.
G	Muestra recolectada por duplicado en la Red este del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
h	Muestra recolectada por duplicado del agua depurada que sale a las redes de distribución de agua potable de JAAPARY.
H	Muestra recolectada por duplicado en la Red oeste del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
HACH DR 2800	Espectrofotómetro de marca HACH modelo DR 2800.
HANNA HI 98129.HI 98130	Instrumento HANNA multiparámetros modelo HI 98129.HI 98130.
Hg	Mercurio.
HOCl	Ácido hipocloroso.
H⁺	Iones hidrógeno.
H₂O	Agua.
h'	Muestra recolectada por duplicado del agua potable que sale de la nueva

	planta de JAAPARY hacia las redes de distribución de sus usuarios.
HTI y HTII	Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Huachi Totoras, cantón Ambato.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
JAAPARY	Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco.
Kg/m³	Kilogramos por metro cúbico.
L/s	Litro por segundo.
LI y LII	Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio El Porvenir, cantón Cevallos.
m	Metros.
mg/L	Miligramos por litro.
Mn	Manganeso.
MODE	Modalidad.
MI y MII	Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio Montalvo, cantón Ambato.
N	Nitrógeno.
NaCl	Cloruro de sodio.
NaOCl	Hipoclorito de sodio.
Na₂S₂O₃	Tiosulfito de sodio.
Ni	Níquel.
NCl₃	Tricloramina.
ND	No disponible.
NHCl₂	Dicloraminas.
NH₂Cl	Monocloraminas.
NH₃⁺	Amoníaco.
NMP	Número más probable. Forma de expresión de parámetros microbiológicos.
N-NO₃⁻	Nitratos.
N-NO₂⁻	Nitritos.
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana.
NTU	Unidad nefelométrica de turbidez.
OCl⁻	Ión hipoclorito.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
ON/OFF	Botón de encendido/apagado del equipo HANNA HI 98129- HI 98130.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
pH	Potencial de hidrógeno.

pm	Post merídiem.
ppm	Partes por millón.
Pb	Plomo.
PAN	Solución indicadora para determinar manganeso.
RIPDA	Red de Potabilización y Depuración de Agua.
s	Segundos.
S	Siemens.
Sb	Antimonio.
SDI y SDII	Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Santo Domingo, cantón Cevallos
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua.
SET/HOLD	Botón del equipo HANNA HI 98129-HI 98130 para seleccionar: pH, conductividad, sólidos totales disueltos.
SPADNS	Reactivo utilizado para determinar fluoruros.
SPP	Síndrome de la Postpoliomielitis.
STD	Sólidos totales disueltos
SM	Standar Methods
SPI y SPII	Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio San Pedro, cantón Cevallos
S. typhi	Salmonella typhi.
T	Temperatura
TC	Tiempo de contacto.
THM	Triahalometanos.
UFC/100mL	Unidad formadora de colonias por cada 100 mililitros.
U Pt-Co	Unidades platino cobalto.
UNICEF	Agencia de Naciones Unidas.
USD	Dólar estadounidense.
UI y UII	Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio la Unión, cantón Cevallos.
VHA	Virus de la Hepatitis A.
VHE	Virus de la Hepatitis E.
WGS	World Geodetic System
XIX	Diecinueve.
XX	Veinte.

YI y YII	Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Yanahurco, cantón Mocha.
%	Porcentaje.
µm	Micra o micrómetro.
α	Radiación alfa.
β	Radiación beta.
µS/cm	Microsiemens por centímetro.
#	Número.
3M	Placas Petrifilm™ para recuento de <i>E. coli/Coliformes</i> .
Petrifilm™	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Estructura de la molécula del agua.....	8
Figura 2-1	Estructura de una bacteria: Gram-positiva y Gram-negativa.....	15
Figura 3-1	Organismo <i>Salmonella typhi</i>	25
Figura 4-1	<i>Vibrio cholerae</i>	27
Figura 5-1	Microfotografía de <i>Shigella dysenteriae</i>	28
Figura 6-1	Trofozoitos de <i>Entamoeba histolytica</i> . Núcleo y eritrocitos.....	29
Figura 7-1	Ciclo biológico de <i>Entamoeba histolytica</i>	30
Figura 8-1	Enterobacteria <i>Escherichia coli</i>	31
Figura 1-2	Diagrama de flujo del procedimiento de análisis.....	56
Figura 2-2	Diagrama de flujo del procedimiento para calibrar el Equipo HANNA HI 98129.HI 98130.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Concentración aproximada de los principales elementos disueltos en el agua de mar.....	8
Tabla 2-1	Principales bacterias transmitidas por el agua.....	16
Tabla 3-1	Principales parásitos transmitidos por el agua.....	18
Tabla 4-1	Principales virus transmitidos por el agua.....	20
Tabla 5-1	Principales enfermedades transmitidas por el agua.....	33
Tabla 6-1	Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.....	41
Tabla 7-1	Requisitos Microbiológicos.....	43
Tabla 8-1	Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de Coliformes fecales en el sistema de distribución del agua potable.....	53
Tabla 1-2	Cronograma de Muestreo para Análisis Físico-Químico.....	59
Tabla 2-2	Cronograma de Muestreo para Análisis Microbiológico.....	60
Tabla 1-3	Datos estadísticos a partir de valores de turbiedad.....	70
Tabla 2-3	Datos estadísticos a partir de valores de color.....	72
Tabla 3-3	Datos estadísticos a partir de valores de conductividad.....	73
Tabla 4-3	Datos estadísticos a partir de valores de sólidos totales disueltos.....	75
Tabla 5-3	Datos estadísticos a partir de valores de temperatura.....	76
Tabla 6-3	Datos estadísticos a partir de valores de pH.....	78
Tabla 7-3	Datos estadísticos a partir de valores de nitratos.....	80
Tabla 8-3	Datos estadísticos a partir de valores de nitritos.....	81
Tabla 9-3	Datos estadísticos a partir de valores de fluoruros.....	83
Tabla 10-3	Datos estadísticos a partir de valores de cloro libre residual.....	84
Tabla 11-3	Datos estadísticos a partir de valores de manganeso.....	86
Tabla 12-3	Datos estadísticos a partir del conteo de Coliformes fecales.....	87
Tabla 13-3	Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras a partir de Coliformes fecales según la norma NTE INEN 1108:2014. Quinta revisión. Agua potable. Requisitos.....	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Dispersión lineal del parámetro Turbiedad.....	71
Gráfico 2-3	Dispersión lineal del parámetro Color.....	72
Gráfico 3-3	Dispersión lineal del parámetro Conductividad.....	74
Gráfico 4-3	Dispersión lineal del parámetro Sólidos totales disueltos.....	75
Gráfico 5-3	Dispersión lineal del parámetro Temperatura.....	77
Gráfico 6-3	Dispersión lineal del parámetro pH.....	79
Gráfico 7-3	Dispersión lineal del parámetro Nitratos.....	80
Gráfico 8-3	Dispersión lineal del parámetro Nitritos.....	82
Gráfico 9-3	Dispersión lineal del parámetro Fluoruros.....	83
Gráfico 10-3	Dispersión lineal del parámetro Cloro libre residual.....	85
Gráfico 11-3	Dispersión lineal del parámetro Manganeso.....	86
Gráfico 12-3	Dispersión lineal del parámetro Coliformes fecales.....	89
Gráfico 13-3	Porcentaje según el límite máximo permitido para Coliformes fecales.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Tabla 14-3: Resultados de turbiedad de las muestras analizadas.
Anexo B	Tabla 15-3: Resultados de color de las muestras analizadas.
Anexo C	Tabla 16-3: Resultados de conductividad de las muestras analizadas.
Anexo D	Tabla 17-3: Resultados de sólidos totales disueltos de las muestras analizadas.
Anexo E	Tabla 18-3: Resultados de temperatura de las muestras analizadas.
Anexo F	Tabla 19-3: Resultados de pH de las muestras analizadas.
Anexo G	Tabla 20-3: Resultados de nitratos de las muestras analizadas.
Anexo H	Tabla 21-3: Resultados de nitritos de las muestras analizadas.
Anexo I	Tabla 22-3: Resultados de fluoruros de las muestras analizadas.
Anexo J	Tabla 23-3: Resultados de cloro libre residual de las muestras analizadas.
Anexo K	Tabla 24-3: Resultados de manganeso de las muestras analizadas.
Anexo L	Tabla 25-3: Resultados del examen microbiológico, Coliformes fecales.
Anexo M	Zona de estudio abastecida por JAAPARY.
Anexo N	Páramo de Sachaguayco.
Anexo O	Calibración de Equipo HANNA HI 98129. HI 98130.
Anexo P	Sitios de Muestreo.
Anexo Q	Muestreo.
Anexo R	Análisis Físicos y Químicos.
Anexo S	Análisis Microbiológico.
Anexo T	NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua potable. Requisitos.
Anexo U	NTE INEN 2176:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
Anexo V	NTE INEN 2169:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
Anexo W	NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para examen microbiológico.
Anexo X	NTE INEN 1108:2006. Segunda Revisión. Agua potable. Requisitos.
Anexo Y	NTE INEN 1108:2011. Cuarta Revisión. Agua potable. Requisitos.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano proporcionada por la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco (JAAPARY), cantón Mocha, provincia de Tungurahua; antes y después del tratamiento convencional, para poder catalogarla en función de su grado de inocuidad y aptitud para el consumo humano. Durante el período Junio-Julio del 2015 se establecieron dos muestreos en 32 y 34 puntos de recogida respectivamente, donde la recolección se efectuó por duplicado, los mismos que correspondieron a la vertiente de Sachaguayco, tanque de almacenamiento, tanque distribuidor, prefiltros número 1 y 2, sedimentador y filtro de la planta potabilizadora, agua tratada, 23 puntos ubicados en la red del sistema de distribución de agua de JAAPARY. Los procedimientos se llevaron a cabo siguiendo parámetros descritos por la normativa NTE INEN para muestreo, control de calidad del agua, muestreo para examen microbiológico y conservación de las muestras. Se determinaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos (pH, color, temperatura, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos, nitratos, nitritos, fluoruros, manganeso, y cloro libre residual) según la normativa NTE INEN 1108:2014. “Agua potable. Requisitos”; a un total de 30 muestras para los análisis físico-químicos y 66 muestras para el análisis microbiológico mediante métodos estandarizados en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, Método HACH DR 28000, HACH DR 900, Método HANNA HI 98129-HI 98130 y el método Petrifilm™. Se demostró que el agua de consumo proporcionada por JAAPARY cumple con los límites permitidos por la normativa en los parámetros de calidad físico-químicos antes y después del tratamiento convencional, mientras que, en lo relativo a los parámetros microbiológicos antes del tratamiento convencional no cumplían con tal requerimiento. El 24,24% del total de muestras analizadas (100%) presentaron Coliformes fecales y por tanto no son inocuas ni aptas para su consumo; sin embargo, después del tratamiento convencional todas las muestras cumplen con lo exigido por la norma. Por lo tanto, se concluye que el agua después del tratamiento convencional es inocua y apta para el consumo humano a diferencia de lo observado antes de dicho tratamiento.

Palabras claves: <JAAPARY> <NTE INEN 1108:2014> <MÉTODO HACH> <MÉTODO HANNA> <MICROBIOLOGÍA DEL AGUA> <CONTAMINACIÓN DEL AGUA> <CALIDAD DEL AGUA> <COLIFORMES FECALES> <MÉTODO PETRIFILM™> <ENFERMEDAD Y SALUD>

SUMMARY

The objective of this research is to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of human consumption water provided by the Water Board of Water Supply and Sewerage Regional Yanahurco (JAAPARY) Region Mocha, Tungurahua Province; before and after conventional treatment, to classify it according to their degree of safety and suitability for human consumption. During the period June-July 2015 two samplings were established in 32 and 34 points respectively collection where the collection was carried out in duplicate the same as were for Sachaguayco shed, storage tank, tank distributor, prefilters No. 1 and 2, thickener and filter the water treatment plant, treated water, 23 points within the distribution system network JAAPARY water. The procedures followed the parameters described by INEN NTE (Spanish acronyms for Ecuadorian Technical Norms – Ecuadorian Standardization Institute) regulations for sampling, water quality control, and sample preservation. The physical, chemical and microbiological parameters (pH, color, temperature, turbidity, conductivity, total dissolved solids, nitrate, nitrite, fluoride, manganese, and free chlorine residual) were determined according to required standard by the NTE INEN 1108: 2014. "Potable Water requirement "; this study was applied to 30 samples for physical-chemical analysis and 66 samples for microbiological analysis and studied under the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, HACH DR 28000 Method, HACH DR 900 Method, HI 98129 HANNA HI 98130 Method , and the Petrifilm Method. It was demonstrate that the drinking water provided by JAAPARY meets the maximum limits which are permitted by the established regulations concerning the parameters physical-chemical quality before and after conventional treatment, whereas, in terms of microbiological parameters before conventional treatment did not meet such requirement. 24.24% of all samples analyzed (100%) had fecal coliforms and therefore are not safe or suitable for consumption; however, after conventional treatment all samples meet the requirements in the standard. Therefore, it is concluded that the water after conventional treatment is safe and suitable for human consumption unlike that observed before treatment

Key words: < JAAPARY > < NTE INEN 1108: 2014 > < HACH METHOD > < HANNA METHOD > < WATER MICROBIOLOGY > < WATER CONTAMINATION > < WATER QUALITY > < FECAL COLIFORM > < PETRIFILMTM METHOD > < ILLNESS AND HEALTH>

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida; todos los organismos dependen de ella y como tal, demanda que su suministro sea seguro, continuo y constante.

Sin embargo, este recurso vital se distribuye de manera desigual y sin tratamiento previo, dando lugar a la presencia de diferentes tipos de impurezas que potencian su contaminación y la convierten en un medio adecuado para la transmisión de enfermedades, y alteraciones fisiológicas severas en los consumidores. Por consiguiente, efectuar un óptimo tratamiento de purificación del agua es tarea imprescindible dentro de la planta de purificación de la misma, ya que con ello contribuye a salvaguardar la salud de los usuarios.

Aproximadamente 1,1 mil millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a fuentes de agua depurada. Así mismo 2,4 mil millones no tienen acceso a ningún tipo de instalación mejorada de saneamiento. Cada año se registran 4.000 millones de casos de diarrea, y alrededor de 1,8 millones de personas mueren a causa de esta enfermedad, de donde 1,6 millones son niños menores de 5 años. La diarrea es el problema de salud pública más importante debido a las deficiencias en materia de agua y saneamiento, según datos aportados por la Organización Mundial de la Salud 2015.

En el Ecuador los índices de Morbilidad General oscilan entre el 9% y 14% que corresponden a Morbilidad Infantil, los mismos que se deben a “Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso”. Según el INEC 2013 una de las razones puede ser el agua contaminada, ya que es la principal fuente de consumo diario de la población y de transporte de microorganismos.

Las zonas rurales del Ecuador habitualmente cuentan con un sistema que les provee de agua entubada y por falta de recursos económicos, los gobiernos seccionales no suelen proporcionar tratamiento previo al líquido vital.

Y, al ser el agua un medio o vehículo idóneo para la reproducción y ciclos de vida de ciertos parásitos, bacterias y virus como *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium parvum*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, hepatitis A y E, respectivamente; se le atribuye múltiples enfermedades por transmisión hídrica de gravedad variable, las cuales pueden ir desde simples gastroenteritis hasta cuadros graves de disentería, fiebre tifoidea y hepatitis, entre otras. La vía de transmisión de estos agentes es directa, es decir, fecal-oral, cuyo medio de transporte es efectivamente el agua.

El agua es un recurso de vital importancia en la Salud Pública y por tal motivo es menester proporcionar a la ciudadanía un agua potable y segura, para lo cual se requiere de una Planta de

Tratamiento de Agua Potable que permita obtener un agua de calidad que cumpla con los requisitos exigidos por la normativa vigente NTE INEN 1108.

Ante esta importante problemática de salubridad social, empiezan los estudios técnicos y, por ende, la gestión institucional por parte de la Junta de Administración de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco para el financiamiento que demandaba el proyecto de agua potable del cual se beneficiarían los sectores rurales de los cantones Mocha, Cevallos, Tisaleo y Ambato.

Las autoridades pertinentes en ese tiempo decidieron iniciar dicho proyecto, para lo cual se construyó una planta rudimentaria en el año 2000, conocida actualmente como Planta antigua ubicada en el caserío Atillo, cantón Mocha, y cuyo suministro de agua provenía de la vertiente natural del páramo de Sachaguayco.

Este sistema de dotación de agua sin tratamiento, se basaba en un sistema de tuberías. Sin embargo, desde la vertiente hasta la planta rudimentaria el sistema era un canal abierto que ocasionaba diversas dificultades por cuanto había que cuidar que no se obstruyese a causa de derrumbes, se encuentre limpio, y no se contamine por heces fecales de animales de sangre caliente presentes en el campo abierto; principalmente las del ganado “bravo” de la hacienda aledaña, mismas que gracias al arrastre por factores climáticos como la lluvia, el viento, entre otros, contaminaban fácilmente el agua.

Preocupados por la calidad del agua, la salud y el crecimiento poblacional de los usuarios de JAAPARY, se realizaron los trámites pertinentes para la construcción de una planta moderna con todos los adelantos técnicos, capaz de potabilizar y procesar 50 litros por segundo. La nueva planta está ubicada a 200 metros de la planta antigua, la misma que comenzó a funcionar desde enero del 2015 y logró mejorar notablemente el servicio y calidad del agua.

Actualmente JAAPARY, brinda sus servicios a 5.000 abonados, que considerando una media de 5 miembros por familia, suponen alrededor de 25.000 personas beneficiadas por este sistema.

Y, ante la necesidad de verificar la calidad del tratamiento que se da al agua potable, la presente investigación consideró determinaciones Físico-Químicas (pH, color, temperatura, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos, nitratos, nitritos, fluoruros, manganeso, y cloro libre residual) y Microbiológicas que confirmaron la eficiencia y eficacia del tratamiento que se le da al líquido vital antes y después del tratamiento convencional, siendo el agua depurada un agua inocua y segura para el consumo de los beneficiarios de JAAPARY en base a los parámetros analizados que cumple con el objetivo número tres del Plan Nacional para el Buen Vivir “Mejorar la Calidad de Vida de la Población” y con los límites máximos permitidos según la Norma INEN 1108 para Agua Potable.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes de la investigación

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en la que el hombre era cazador y recolector, el agua utilizada para beber era únicamente agua del río. Por este motivo los asentamientos humanos siempre se producían cerca de lagos y ríos. Cuando no existían lagos y ríos las personas aprovechaban los recursos de agua subterránea que se extraían mediante la construcción de pozos, costumbre que en la actualidad no ha variado. (Vila et al. 1974).

Hace aproximadamente 7000 años, en Jericó, comenzó la utilización de los pozos como fuentes de recursos hídricos que dieron lugar al surgimiento de los sistemas de transporte y distribución del agua. El transporte del agua en dicha época se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena y piedras que más tarde fueron reemplazados por tubos huecos de árboles de palma o bambú. En Egipto, China y Japón estos tubos se utilizaban inicialmente para el transporte y distribución del agua. Posteriormente dichos materiales serían cambiados por cerámica, madera y metal. (Arboleda, J., 2000).

Los griegos fueron los primeros en interesarse por la calidad del agua. Usaban represas de aireación para su purificación; pero los romanos son considerados los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que han existido a lo largo de la historia.

Sin embargo, no es hasta la edad media que el tratamiento de agua toma su apogeo e interés ciudadano, puesto que empezaron a manifestarse una gran cantidad de problemas de higiene y salud debidos a la ingesta de agua contaminada con plomo, residuos y excrementos que se vertían directamente a las aguas. El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa se construyó en Paisley (Escocia), en 1804 por John Gibb. (Leytán, K., 2012).

La construcción duró tres años y se logró transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow. Al mismo tiempo en París (1806), empezó a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua que consistía en sedimentar el agua durante 12 horas antes de su filtración por medio de filtros de arena y carbón. (Leytán, K., 2012).

Sin embargo, el sistema de filtración necesitaba mejoras, y en 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro de arena para la purificación del agua potable, el cual se sigue considerando el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública. (Corcho, F., 2000).

En la actualidad Ecuador es uno de los países mejor dotados de agua en el mundo. A pesar de ello, la desigualdad de su distribución, así como la contaminación debida a actividades productivas, y ante todo por la falta de tratamiento de las aguas residuales y plantas potabilizadoras, ponen en peligro el derecho humano al agua, a la salud, y a la naturaleza. (Muñoz, J., 1949).

Ecuador obtiene la mayoría de su abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas. El agua superficial abastece el área urbana para cubrir las actividades domésticas mientras que el área rural cuenta con recursos subterráneos para dichas actividades. La irrigación agrícola consume la mayor parte y el uso doméstico e industrial comprometen un 3%. Sólo el 61% de la población tiene acceso a agua potable. (Muñoz, J., 1949).

En zonas rurales es muy difícil encontrar agua de buena calidad, ya que se encuentra expuesta a los elementos externos, viéndose afectada por pesticidas usados en la agricultura y el pastoreo cercano al río.

Debido a que en el Ecuador existen diversas plantas de potabilización de agua, son numerosos los estudios físicos, químicos y microbiológicos que se han realizado, destacando aquellos que geográficamente se encuentran más cercanos a la localización seleccionada para el presente trabajo: “Análisis De La Calidad Del Agua En La Subcuenca Del Río Coca” realizado en el Coca en Enero del 2012 por los ingenieros Juan Soto y Edison Reina; “Caracterización Físico Química Y Recomendación De Sistemas De Tratamiento De Las Aguas Del Canal De Riego De Tumbaco” efectuado en Tumbaco-Quito en Septiembre del 2002 por Alexandra García; “Diseño De Una Planta Purificadora Y Envasadora De Agua En Santo Domingo De Los Tsáchilas” realizado por Manuel Erazo en 2012; “Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De La Cabecera Parroquial De San Luis. Provincia De Chimborazo”, realizado en el 2013 por Adriana Valencia; “Control Microbiológico Y Físico-Químico Del Agua Potable Del Sistema De Abastecimiento Del Cantón Santa Isabel” llevado a cabo por José Tacuri en el 2012 en el Cantón Santa Isabel, perteneciente a la provincia del Azuay.

Entre las más cercanas tenemos a las investigaciones llevadas a cabo en los cantones Baños, Cevallos y Cotacachi. El “Análisis Físico-Químico Y Microbiológico Del Sistema De Agua De La Junta Administradora De Agua Potable De La Parroquia Baños” realizado en el cantón Baños-Provincia de Tungurahua por Fanny Aucapiña y María Velasco en el 2011;

“Optimización De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Cantón Cevallos” llevado a cabo en el cantón Cevallos-provincia de Tungurahua por Ana Guananga en 2013 y en el año 2010 Reascos y Yard evaluaron la calidad del agua de consumo humano en el cantón Cotacachi en donde se efectuaron análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos al recolectar muestras de agua durante la época seca y lluviosa. De donde concluyen que las muestras poseen valores de parámetros físico-químicos dentro de la NTE INEN 1108, caso contrario a los análisis microbiológicos que en su mayoría mostraban contaminación por coliformes fecales y coliformes totales. (Reascos, B; Yard, B, 2010 p.22).

La entidad encargada del suministro de agua es la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco (JAAPARY), que consta de dos áreas; la parte administrativa situada en el barrio Yanahurco, entre las calles 24 de Mayo y Juan Montalvo y la planta procesadora instalada en Atillo, las dos áreas dentro de los límites del cantón Mocha. Provincia del Tungurahua.

JAAPARY, es la entidad encargada de la potabilización del agua que abastece aproximadamente a 5000 usuarios distribuidos en los cantones Mocha, Cevallos, Ambato y, Tisaleo, y realiza un constante esfuerzo para brindar a los moradores de dichas zonas un recurso que cuente con todas las especificaciones establecidas por la República del Ecuador en la Norma Técnica INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable.

En el año de 1998, los sectores que la actualidad JAAPARY abastece de agua tenían como único suministro la acequia Mocha-Huachi. Dicha fuente de provisión era un sistema de dotación abierto y sin tratamiento que representaba un constante problema de salud pública, siendo origen de enfermedades, entre ellas las parasitosis.

La planta potabilizadora de JAAPARY se abastece principalmente de una micro cuenca “Sachaguayco”, ubicada en los deshielos del volcán Carihuirazo, hoy inactivo; así como también de algunas vertientes y agua del páramo, llegando a la planta de tratamiento 50L/s de agua cruda, de los cuales 4L/s de agua tratada se provee a la planta purificadora de agua del cantón Cevallos.

Antes, los páramos en el entorno del Carihuirazo eran propiedades privadas, especialmente Sachahuaico donde dedicaban dichas tierras al pastoreo de ganado; sin embargo, la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco, en el año 2008, adquirió 112 hectáreas de páramo con la finalidad de restablecerlo, protegerlo y preservarlo para así garantizar la cantidad y calidad del agua para sus consumidores. Desde entonces JAAPARY ha

representado no sólo un punto de potabilización de agua, sino de conservación del páramo, ya que lidia frecuentemente con el ganado infiltrado en su territorio que constituyen un foco latente de contaminación debido a sus heces fecales y, sobre todo porque son un reservorio de agentes patógenos que destruyen constantemente las plantas nativas del sector ocasionando su erradicación.

El Ministerio del Ambiente, a través del programa Socio Bosque, aporta anualmente USD 2611\$ a la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco a cambio de la conservación del páramo Sachahuaico por un periodo de 20 años, lo cual se complementa con la nueva planta prefabricada de potabilización de agua que el Gobierno Provincial de Tungurahua brindó a JAAPARY con el propósito de promover el Buen Vivir de las familias de los sectores rurales de Tungurahua. Dicha planta se encuentra ubicada a 200 metros de la primera e iniciará su funcionamiento en Octubre del presente año.

1.2 El agua

El agua es una sustancia relativamente abundante e imprescindible para la vida en el planeta Tierra y constituye el vehículo idóneo para desarrollar complejas reacciones bioquímicas que hacen posible el desarrollo de la vida. Además es el único elemento que se encuentra en la biósfera en cantidad considerable y en los tres estados físicos de agregación de la materia: sólido, líquido, gaseoso.

La utilidad del agua es basta y de ahí la importancia de su conservación y depuración. Este recurso constituye uno de los más apreciados sobre la faz de la Tierra por sus múltiples propiedades y debe estar exento de polución accesible y suficiente, para con ello garantizar su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones.

Sin embargo, paradójicamente el agua también constituye un vehículo de transmisión de enfermedades, causada por su contaminación con desechos humanos, animales o químicos; siendo imprescindible el control permanente de su calidad físico-química y microbiológica. Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen bacterias, virus, protozoos y en ocasiones helmintos. (Ingraham, J. et al. 1995 pp 198-200).

1.3 Composición del agua

El agua se compone de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno en proporción de 1:8 en masa y de 2:1 en volumen (H_2O). La molécula de agua libre y aislada es triangular y el ángulo de los dos enlaces (H-O-H) es de $104,5^\circ$, siendo la distancia del enlace O-H es de $0,96 \text{ \AA}$.

El enlace en la molécula se puede considerar covalente con cierta participación del enlace iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos que la forman. (Trujillo, S., 2008 p.14).

Su reacción de formación es la siguiente:

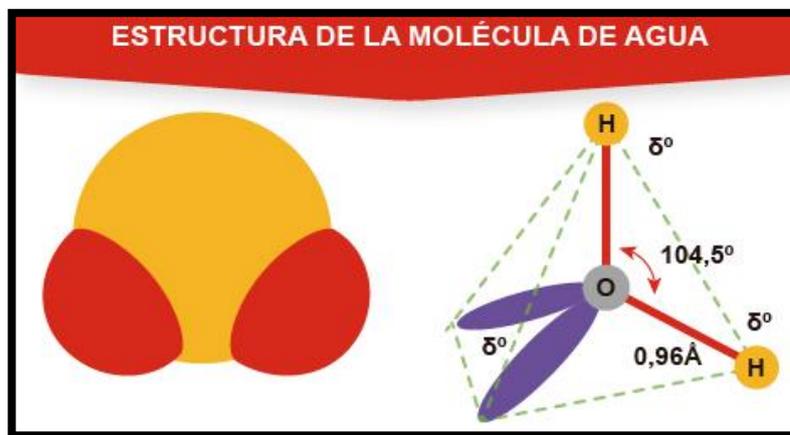
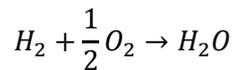


Figura 1-1. Estructura de la molécula del agua

Fuente: Lozano, JA., 2011.

Sin embargo, más importante que los componentes del agua son los contaminantes que contiene, ya que los que normalmente se consideran insignificantes pueden afectar su calidad y su posible uso. Un ejemplo claro de este rechazo son aspectos como la salinidad o NaCl disuelto, ya que si se hallan presentes a una concentración de 500 ppm o superior, el agua no será potable. (Tchobanoglous, G., and Schroeder, E., 1985 p.2).

En el agua dulce la salinidad es aproximadamente igual a los sólidos totales después de que los carbonatos se hayan convertido en óxidos, y los bromuros y los ioduros hayan sido sustituidos por cloruros; mientras que al existir una gran variedad de sales solubles en agua tenemos que la más común es el cloruro de sodio (NaCl), y las más abundantes las de calcio y magnesio en agua dulce y las de sodio en agua salada. El nitrógeno también es soluble en agua y sus principales formas en ella son: amoníaco, nitratos y nitritos. (Russel, L.D., 2012 p 15).

Tabla No. 1-1. Concentración aproximada de los principales elementos disueltos en el agua de mar.

Elemento	Coefficiente de concentración (mg/L)	Exponente (10)
Oxígeno	8,57	5
Hidrógeno	1,08	5
Cloro	1,9	4
Sodio	1,05	4
Magnesio	1,35	3
Azufre	8,85	2
Calcio	4	2
Potasio	3,8	2
Bromo	2,8	1
Estroncio	8,1	0
Boro	4,6	0
Silicio	3	0
Flúor	3	0
Argón	6	-1

Fuente: Lide, D., & Weast, R., Handbook of Chemistry and Physics-66 ed.

1.4 Propiedades físicas

Entre las propiedades físicas del agua encontramos:

- Estado físico: sólida, líquida o gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C
- Presión crítica: 217,5 atmósferas.
- Temperatura crítica: 374°C
- Punto de fusión: 0°C
- Calor de vaporización: 539cal/g a 100°C.
- Calor específico: 1 cal/g35

(Kemmer, F., Mc. J., 1982 p 84).

Sin embargo también se pueden detallar los siguientes parámetros:

a) Densidad

La densidad del agua es exactamente $9998,2 \text{ kg/m}^3$ a 20°C . Cuando el agua a 0°C se transforma en hielo, a temperatura constante, la densidad disminuye alrededor del 10% debido a la expansión que surge en este cambio de fase. Por lo tanto, si continúa enfriándose la densidad irá disminuyendo hasta los 210°C , donde está el mínimo de densidad. (Romero, J. A., 2002).

b) Tensión superficial

El agua presenta una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando una tensión superficial. La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia a la rotura, por lo que el agua se ve muy afectada por fenómenos de capilaridad. (Russel, L.D., 2012, p. 717).

c) Viscosidad

La viscosidad del agua es de 0,0100 poises a temperatura ambiente, es decir a 20°C ; en el punto de ebullición (100°C) disminuye hasta 0,0028 poises. Por lo tanto se deduce que la viscosidad del agua disminuye con un aumento de la temperatura. En cuanto a la relación con la presión, la viscosidad del agua decrece al aumentar la presión, siendo el único líquido conocido que tiene esta anomalía. (Russel, L.D., 2012 p.717).

d) Compresibilidad

La compresibilidad es la calidad de ser compresible, es decir, que se pueda reducir o comprimir a menor volumen.

Esta propiedad del agua tiene un gran interés, ya que si la misma fuese cero, el nivel de las aguas de mar en la tierra estaría aproximadamente 40 m más alto, por lo que el área total de tierras sin sumergir se reduciría a la mitad. (Romero, J. A., 2002).

e) Calor específico

El calor específico del agua está en relación con los puentes de hidrógeno y es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura en un grado Celsius, a un gramo de agua en

condiciones estándar. Así, el agua absorbe grandes cantidades de calor que es utilizado para romper los puentes de hidrógeno. (Romero, J. A., 2002).

f) Velocidad del sonido

La velocidad del sonido en el agua aumenta con la temperatura hasta llegar a un máximo cercano a 75°C a partir del cual disminuye. (Romero, J. A., 2002).

1.5 Propiedades químicas

El agua es el solvente universal, puesto que todas las sustancias de una u otra manera son solubles en ella; no posee propiedades ácidas ni básicas e interviene en la mayoría de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no sólo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra.

Además, el agua presenta las siguientes propiedades:

a) Reactividad

El agua se combina con ciertas sales formando hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando hidróxidos, sin embargo muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.

Algunos metales descomponen el agua en frío y otros a temperatura elevada y reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos además de actuar también como catalizador en muchas reacciones. Los anhídridos reaccionan con el agua formando ácidos oxácidos. (González, H et al., 1999 p 115).

b) pH

El pH es un índice de la concentración de iones hidrógeno existentes en el agua. El agua pura tiene un pH de 7.0 y cuan mayor sea la concentración de los iones hidrógeno, menor será el valor del pH. (González, H et al., 1999 p 119).

c) Dureza

La dureza del agua es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de la misma. Su cálculo es a partir de la suma de las concentraciones de calcio y

magnesio existentes en miligramos por cada litro de agua y puede ser expresado en concentraciones de CaCO_3 . (González, H et al., 1999 p117).

1.6 Tipos de agua

1.6.1 Según su localización

1.6.1.1 Lluvia y nieve

El vapor de agua condensada en las nubes o el precipitado en forma de lluvia o nieve es prácticamente puro a partir de una altitud determinada. Aunque a medida que cae, la lluvia y la nieve absorben oxígeno, dióxido de carbono y otros gases del aire, así como polvo, humo y vapores. También recogen bacterias y esporas vegetales que se encuentran en el aire. (Russel, L.D., 2012 p. 2).

El agua de lluvia es suave, saturada de oxígeno, pero insípida y un poco corrosiva, dependiendo del lugar donde se produzca la precipitación. El agua de lluvia no se emplea para el consumo doméstico, ya que su calidad dependerá mucho de la zona, del tipo de recolección y de la forma de almacenamiento y distribución. Debido a la suavidad y corrosividad que presenta no debe entrar en contacto con tuberías o recipientes que contenga plomo. (Russel, L. D., 2012 p.2).

1.6.1.2 Aguas superficiales

El agua superficial es aquella que se encuentra o no en circulación sobre la superficie de la tierra, y proviene de las precipitaciones que no se infiltran ni regresan a la atmósfera por evaporación. Estas masas de agua sobre la superficie forman los ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, y otros similares, sean naturales o artificiales.

La calidad del agua tomada de una fuente superficial depende del carácter y área de la cuenca, de su geología y topografía, de la extensión y naturaleza del desarrollo realizado por el hombre, de la época del año y sobre todo de las condiciones climáticas. (Russel, L. D., 2012 p.4).

Las aguas superficiales pueden contener cualquier cosa, desde sólidos en suspensión hasta bacterias o desde nutrientes hasta ramas, troncos y partes de automóviles, por lo cual para efectuar un vertido es menester realizar un estudio exhaustivo de las mismas puesto que existen

muchas posibilidades de que se vierta agua en un suministro del que, quizás, alguien esté bebiendo agua. (Tchobanoglous, G., and E.D. Schoroeder 1985 p.3).

1.6.1.3 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 y composición del terreno.

Este tipo de aguas carecen de oxígeno y presentan un alto contenido en dióxido de carbono, capaces de disolver el hierro y manganeso del suelo. Las aguas que contienen hierro y manganeso favorecen el desarrollo de bacterias del género *Crenothrix* y otros organismos similares en los depósitos de agua subterránea almacenada. (Ingraham, J. L., and C.A. 1995 p 203).

Este tipo de agua puede permanecer bajo tierra durante cortos periodos o miles de años constituyéndose en un reservorio natural. (López, J., & Moreno, N. 1996 p. 10).

1.6.2 Según sus características de potabilidad

1.6.2.1 Agua cruda

El agua cruda es aquella que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tipo de tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas. (NTE INEN 1108:2014. Agua Potable Requisitos. Quinta Revisión. Instituto Ecuatoriano de Normalización).

1.6.2.2 Agua potable

“El agua potable es aquella agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”. (NTE INEN 1108:2014, Agua Potable Requisitos. Quinta Revisión. Instituto Ecuatoriano de Normalización).

Este tipo de agua obedece a estándares rigurosos higiénicos y de calidad, nacionales o internacionales y es enviada desde las plantas potabilizadoras hasta el domicilio de los usuarios a través de una red de canales de distribución.

1.7 Microbiología del agua

El agua, además de ser el líquido vital, constituye un vehículo de transmisión de microorganismos entéricos por contaminación directa o indirecta con aguas contaminadas, desechos o excrementos de animales y/o del hombre.

Los microorganismos existentes en el agua son vastos, mismos que pueden ser o no patógenos. Entre ellos destacan: bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, algas, virus y helmintos; que difieren en tamaño, estructura, número, composición, supervivencia en el ambiente y resistencia a los procesos de tratamiento de depuración.

La calidad del agua y cantidad de microorganismos que contiene intervienen en las características físicas y químicas de la misma; así, el sabor y olor se vuelven desagradables por la presencia de algas, mientras que los microorganismos existentes en ella ejercen una considerable influencia con respecto a la producción de turbiedad y color, ya que pueden alterar el pH, aumentar los sedimentados u obstruir los filtros en el proceso de potabilización.

La microbiología del agua es un factor muy importante en lo referente a la propagación de enfermedades de origen hídrico (gastroenteritis, disenterías, parasitosis, hepatitis, fiebre tifoidea y paratifoidea, poliometitis, epidemias como el cólera, entre otras), donde los microorganismos responsables de dichas enfermedades son transmitidos por vía fecal-oral, la misma que puede ser directa o a través del agua incluido el hielo, la leche o alimentos contaminados con excreciones, así como desde las manos. (Rodier, J., 2011. p.211).

Para evitar el brote de estas enfermedades en los consumidores se debe realizar un control basado en la protección de la fuente de agua, utilizando métodos apropiados de tratamiento e inspeccionando el estado de las redes de distribución y una detallada supervisión en la detección de indicadores biológicos como: grupo de *coliformes*, *E. coli*, *Enterococos*, *Clostridium perfringens* y bacterias aerobias a 22°C. (Romero, J., 2002).

1.7.1 Indicadores microbiológicos de la contaminación del agua

El criterio más utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua es la clase y número de bacterias presentes en ella. Para ello se han empleado indicadores en lugar de la determinación directa de patógenos, puesto que éstos se encuentran en baja concentración y poseen una distribución irregular en la misma.

Los indicadores de origen fecal más frecuentes son: Grupo *Coliformes totales* (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*), *Coliformes fecales* (termorresistentes), *Escherichia coli*, *Streptococos fecales*, *Aerobios mesófilos*. Sin embargo, en la actualidad se utilizan sólo los indicadores para Coliformes fecales (*Escherichia coli*).

Dichos indicadores requieren cumplir una serie de requisitos: estar presentes cuando los agentes patógenos también estén presentes, ser específicos para la contaminación fecal o de aguas residuales, no deben ser patógenos, deben ser detectables por métodos sencillos, rápidos y de bajo costo, deben presentarse en número elevado para facilitar su aislamiento e identificación y primordialmente deben ser resistentes a las condiciones ambientales del agua natural, purificación del agua y procesos de desinfección. (Arcos, Mireya., et al. 2005. p.70).

1.7.1.1 Bacterias

Las bacterias son microorganismos procarióticos unicelulares. Su tamaño y forma varía según la especie desde 0,2 μm hasta 10 μm de diámetro y puede ser esféricos (cocos), espirales (espirilos) o en forma de bastón alargado (bacilos). (Crites R., Tchobanoglous, 2000. p.80).

Su reproducción es por fisión binaria y en su citoplasma contienen una suspensión coloidal de proteínas, carbohidratos y otros compuestos orgánicos complejos. La región citoplasmática contiene ácido ribonucleico (ARN) cuya función principal es la síntesis de proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN). (Crites R., Tchobanoglous, 2000. p.79).

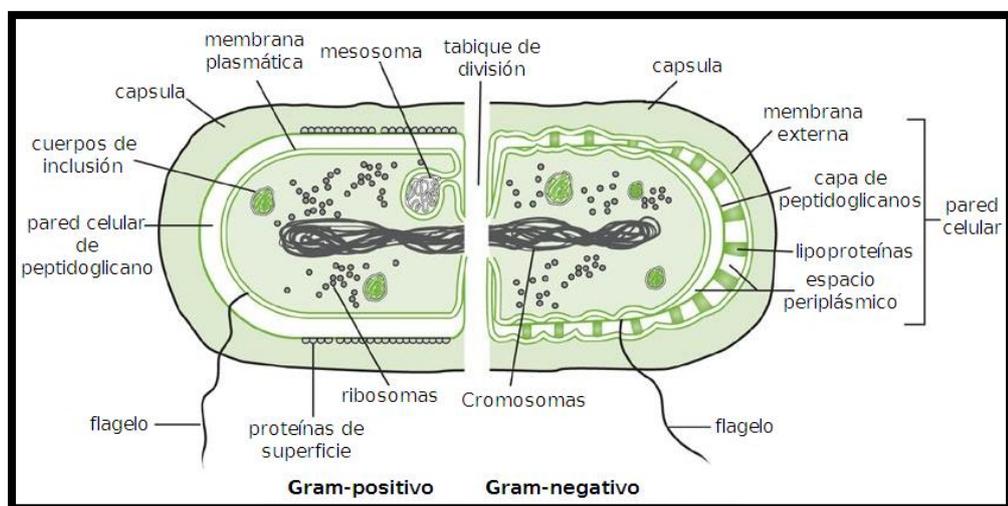


Figura 2-1. Estructura de una bacteria: Gram-positiva y Gram-negativa

Fuente: Rosenthal & Tan, 2011.

Muchas clases de bacterias inofensivas colonizan el tracto intestinal del hombre y son asiduamente expulsadas en las heces. Sin embargo, existen también bacterias patógenas que pueden prevalecer en individuos infectados con algún tipo de enfermedad, por lo que al ser excretadas estas bacterias entéricas patógenas o inofensivas en las heces de los individuos infectados contaminan las aguas domésticas.

Una gota de residuos fecales contiene millones de microorganismos. Los residuos fecales del ganado pueden contener del orden de millones de bacterias *E.Coli*, *Giardia cysts* y esporas de *Crystosporidium*. En los restos fecales del pollo algunas bacterias como *Salmonella* y *Campilobacter* son comunes. Cuando se aplican fertilizantes en la tierra, el agua de la lluvia puede arrastrar estos compuestos hasta las aguas subterráneas, provocando su contaminación biológica. (Martínez, A., 2003 p 103).

Según Rodier Jean, 2011., uno de los principales grupos de bacterias indicadoras de contaminación bacteriana son los *Coliformes fecales y totales*, ya que este grupo de bacterias al encontrarse en cantidades considerables en el tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente, se comporta en los sistemas de desinfección de similar manera a como lo harían los patógenos. Así, los *Coliformes totales* son microorganismos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa con producción de gas; y los *Coliformes fecales* (termotolerantes) tienen la capacidad de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos, y algunas especies pueden llegar a reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución del agua potable.

Sin embargo, en nuestro país la normativa vigente para agua potable, NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable; determina que los indicadores microbiológicos de contaminación bacteriana son los *Coliformes fecales*.

Una fuente potencial para la propagación de gastroenteritis es la presencia de bacterias gram negativas en el agua, a pesar de ser catalogadas como no patógenas. En este grupo se incluyen bacterias entero-patógenas como *Escherichia coli* y algunas especies de *Pseudomonas*, capaces de afectar a neonatos y generar epidemias de enfermedades gastrointestinales. La bacteria *Campylobacter jejuni* se ha identificado también como la causante de diarrea bacteriana en humanos y animales, por lo que también han sido involucrados como agentes etiológicos en la transmisión de enfermedades humanas de origen hídrico.

Tabla No. 2-1. Principales bacterias transmitidas por el agua.

Bacteria	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7-28 días (14)	5-7 días (semanas- meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito.
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8-48 horas	3-5 días	Diarrea acuosa con sangre.
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1-7 días	4-7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebre, síntomas tóxicos, retortijones, pujos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9-72 horas	3-4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<i>V. cholerae No.-01</i>	Heces	1-5 días	3-4 días	Diarrea acuosa.
<i>Escherichia coli enterohemorágica O157:H7</i>	Heces	3-9 días	1-9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.
<i>Escherichia coli enteroinvasiva</i>	Heces	8-24 horas	1-2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<i>Escherichia coli enterotoxígena</i>	Heces	5-48 horas	3-19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1-11 días (24-48 horas)	1-21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2-5 días (42-72 horas)	7-10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, cefalea
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20-24 horas	1-2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito.
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1-7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas.

Fuente: María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A. 2015. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. p.157.

1.7.1.2 Parásitos

Son seres vivos que pasan una parte o toda su vida en otro ser vivo (hospedador) del cual se nutre, provocándole o no daño.

Se caracterizan por presentar un metabolismo complejo y se alimentan a base de nutrientes sólidos, algas y bacterias presentes en organismos multicelulares, como los humanos y animales.

Morfológicamente se clasifican en: Protozoos y Metazoos. Los primeros son capaces de cumplir todas las funciones básicas de la vida y poseen la típica estructura de la célula eucariota. Incluyen también una forma vegetativa (trofozoito) y una de resistencia (quiste), mientras que los helmintos (Nematodos y Platelmintos) son pluricelulares, de estructuras concretas y poco desarrolladas. (Rosenthal, K., Tan, M., 2011p 326).

Durante el control de calidad, se han observado quistes y huevos de parásitos intestinales como *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium*, los cuales son muy resistentes a los procesos de desinfección por cloro y se encuentran en cantidades bajas, lo que dificulta su detección. Los huevos de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* son comunes en aguas afectadas por contaminación fecal. (Murray P. et al. 2009).

Sin embargo y pese a la difícil detección dichos parásitos, así como los huevos de helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba histolytica*, y *Balantidium col*, ésta es necesaria, ya que estos parásitos son reconocidos como causantes de brotes infecciosos transmitidos por el agua.

Los parásitos protozoos se eliminan mediante la filtración y aplicación de dióxido de cloro. Y según la normativa vigente para agua potable, NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable; determina que los indicadores microbiológicos de contaminación parasitaria en el agua son *Cryptosporidium* y *Giardia*.

Tabla No. 3-1. Principales parásitos transmitidos por el agua.

Parásito	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Giardia lamblia</i>	Heces	5-25 días	Meses-años	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede

				ser responsable de diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Heces	1-2 semanas	4-21 días	Provoca diarrea acuosa con dolor abdominal, pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes
<i>Entamoeba histolytica/Amebiasis</i>	Heces	2-4 semanas	Semanas- meses	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre.
<i>Cyclospora var. Cayetanensis</i>	Heces (oocistes)	3-7 días	Semanas- meses	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo, y escasa fiebre.
<i>Balantidium coli</i>	Heces	Desconocido	Desconocido	Desconocido dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo
<i>Dracunculus medinensis</i>	Larva	8-14 meses	Meses	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación de la piel se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

Fuente: María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A. 2015. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. p.159.

1.7.1.3 Virus

Los virus son microorganismos acelulares, compuestos por un material genético (ADN o ARN) y una cápside proteica; su tamaño fluctúa entre 20 y 300 milimicras. Su forma puede ser simétrica, icosaédrica, helicoidal y compleja.

Estos microorganismos, a diferencia de las bacterias, no se encuentran comúnmente en las heces del hombre, sino que están presentes en el tracto gastrointestinal de individuos infectados, quienes a través de sus deposiciones contaminan el agua. Se sabe que más de 100 clases diferentes de virus entéricos son excretados por el hombre y son capaces de transmitir algún tipo de infección o enfermedad. (Crites R., Tchobanoglous. 2000. p.84).

La variabilidad del número de virus presentes en el agua y la falta de laboratorios especializados hace difícil su uso como indicadores, por lo que existen otras alternativas de búsqueda de indicadores que faciliten y agilicen su detección. Estos indicadores alternativos son los fagos: colífagos somáticos y colífagos F específicos.

Dentro de los virus más comunes transmitidos por el agua tenemos: Virus de la Hepatitis A y E, virus Norwalk, Enterovirus (polio, eco, coxsackie), Adenovirus y el principal responsable de la gastroenteritis infantil, Rotavirus. (Crites R., Tchobanoglous. 2000. p.84).

En lo que concierne a la normativa vigente para agua potable, NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable; no identifica algún virus como indicador microbiológico que indique si el agua depurada está o no contaminada con virus. Esto es algo razonable puesto que, en nuestro país aún no contamos con una tecnología que permita identificar virus en el agua a un coste eficiente.

Tabla No. 4-1. Principales virus transmitidos por el agua.

Virus	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Enterovirus (Poliovirus 1, 2, 3, Coxsackie A y B, Echovirus)	Heces	3 – 14 días (5 - 10)	Variable	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis), encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina, conjuntivitis.
Astrovirus	Heces	1 – 4 días	2 – 3 días	Náusea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre.
Virus de la Hepatitis A (VHA)	Heces	15 – 50 días (25 - 30) días	1 – 2 semanas hasta meses	Cansancio, debilidad muscular, síntomas gastrointestinales como pérdida de apetito, diarrea y vómito, o síntomas parecidos a

				la gripe como dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, sin embargo, los síntomas más llamativos de esta enfermedad son la ictericia, es decir, el cambio que se produce en el color de los ojos y la piel hacia un tono amarillo (a veces intenso), las heces pálidas y la coloración intensa de la orina. A diferencia de los adultos, en los niños se presentan signos más atípicos y síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
Virus de la Hepatitis E (VHE)	Heces	15-65 días (35 - 40)	Similar a lo descrito para VHA	Similar a lo descrito para VHA
Rotavirus (Grupo A)	Heces	1 – 3 días	5 – 7 días	Gastroenteritis con náusea y vómito
Rotavirus (Grupo B)	Heces	2 – 3 días	3 – 7 días	Gastroenteritis
Calicivirus	Heces	1 – 3 días	1 – 3 días	Gastroenteritis
Virus Norwalk-like	Heces	1 - 2 días	1 - 4 días	Diarrea, náusea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal.

Fuente: María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A. 2015. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. p.159.

1.8 Enfermedades transmitidas por el agua

El agua a pesar de facilitar un medio ambiente saludable, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son debidas a su contaminación con desechos humanos, animales o químicos, ya se haya sometido o no a tratamientos previos para su depuración.

La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a su contaminación y a la contaminación microbiana de alimentos por contacto con la misma (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo.

Las enfermedades hídricas son normalmente agudas, es decir, de brusca aparición y desenlace, generalmente, en un corto período de tiempo sobre las personas saludables; y la mayoría están caracterizadas por síntomas gastrointestinales (diarrea, fatiga, calambres y dolores abdominales). (Cohn P. D., Cox M., Berger P. S. 2002. p. 48, 49).

Para que una enfermedad sea considerada transmisible por el agua debe cumplir cuatro requisitos: 1) la enfermedad debe estar asociada con condiciones de insalubridad; 2) su incidencia debe disminuir cuando se perfecciona el sistema de abastecimiento de agua; 3) su incidencia debe aumentar con frecuencia epidémica cuando las fuentes de agua sufren alguna contaminación temporal o cuando falla algún tratamiento; 4) la incidencia debe ser mayor entre los que hacen uso de una fuente sospechosa, en comparación con los que hacen uso de otras fuentes que son parecidas en los demás aspectos pertinentes. (Chávez et al., 2011 pp 87,88).

Hasta hace poco, escasos eran los países que tenían un programa de vigilancia de brotes de enfermedades de origen hídrico, o los brotes de enfermedades no se reconocían a menudo, lo cual se complicaba con el hecho de que la mayoría de la gente que experimentaba trastornos gastrointestinales no buscaba atención médica, y para quienes sí lo hacían, los médicos por lo general no solían atribuir las dolencias gastrointestinales a un origen específico como el de beber agua potable; siendo los porcentajes de enfermedades de origen hídrico, probablemente, muy superiores a los reportados.

En la actualidad, parece existir una mayor vigilancia y cuidado del público sobre las enfermedades transmitidas por el agua. Además se han ido perfeccionando los procesos de tratamiento del agua, así como los métodos, equipos, muestreos y técnicas de análisis, identificación y evaluación de aguas residuales, subterráneas y agentes nocivos para la salud del consumidor, lo cual se ve reflejado en el aumento del reconocimiento de enfermedades hídricas. Sin embargo, estas mejoras están siendo amenazadas por las presiones de una población creciente e infraestructuras obsoletas.

Por ello, a pesar de existir evolución y mejoramiento tanto en el sistema de distribución del agua como en su depuración, las enfermedades de origen hídrico continúan produciéndose a niveles aún elevados.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 88% de todas las enfermedades en los países en desarrollo son causadas por la falta de agua limpia y saneamiento adecuado, encontrándose la diarrea como la segunda causa más importante de morbilidad global especialmente en niños, por lo cual el control microbiano del agua debe ser un objetivo de importancia primordial que nunca debe comprometerse. (OMS. 2015).

Según la OMS, cada año más de cinco millones de personas mueren por enfermedades relacionadas con el agua y que una de cada tres enfermedades en el mundo, es originada por problemas relacionados con la calidad del agua. Así, unas 1700 millones de personas ingieren agua en condiciones inadecuadas y más de 1500 millones no tienen acceso a agua potable. Es decir, una de cada cinco personas en el mundo carece de agua potable. (OMS/UNICEF, 2015).

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

Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

Por ende, en situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles hacia medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación, que instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico. (OMS. 2008).

Entre las enfermedades de naturaleza química se encuentra la fluorosis ósea incapacitante, misma que surge por exposición constante a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, y que en casos menos graves de exposición origina manchas en los dientes. Cuando el agua de consumo contiene arsénico (de origen natural) y una exposición excesiva al mismo, puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas en quienes la consumen.

Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, también pueden ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. Cabe señalar que la presencia de nitratos en el agua puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas.

La contaminación del agua por plomo se da, por lo general, en mayor proporción en zonas con aguas corrosivas o ácidas, o la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo. Esta contaminación puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos.

Son pocas las sustancias cuya presencia en el agua de consumo supone una contribución importante a la ingesta general en términos de prevención de enfermedades; un ejemplo es el efecto potenciador de la prevención contra la caries dental del fluoruro del agua de consumo, siempre y cuando el flúor no exceda los límites máximos permitidos por las normas.

Desde el punto de vista microbiológico, el tiempo entre la exposición a un agente patógeno y el brote de la enfermedad puede variar desde dos días (virus Norwalk, *Salmonella* y *Shigella*) a una o más semanas (virus de Hepatitis A, *Giardia*, y *Cryptosporidium*). La severidad y duración de la enfermedad es mayor en aquellos individuos cuyo sistema inmunológico se encuentra debilitado. (Rodier, J., et al., 2011. p.205).

Así, en los países en vías de desarrollo, las enfermedades transmitidas por el agua son un gran problema, y muy común. Pues en estos países existe una gran deficiencia en fármacos, vacunas y recursos sanitarios necesarios para tratar a la gente que está afectada por estas enfermedades, por lo cual estas carencias y enfermedades se convierten en un círculo vicioso difícil de solucionar, ya que la población está más débil debido a todas estas circunstancias y por eso tienden a contagiarse más rápidamente por estas enfermedades y otros agentes infecciosos.

Los organismos transmitidos por el agua regularmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir contaminación fecal del agua (si esta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede ingresar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un número pequeño de microorganismos patógenos.

1.8.1 Enfermedades bacterianas

Las bacterias patógenas que contaminan el agua y causan enfermedades se encuentran en las excretas de los seres humanos y de los animales de sangre caliente (mascotas, ganado y animales silvestres). Pueden transmitirse a través del agua, de los alimentos, de persona a persona y de animales a seres humanos. Las bacterias que más afectan la salud pública son *Vibrio cholerae*, causante del cólera; *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* y *Yersinia enterocolitica*, causantes de gastroenteritis agudas y diarreicas; *Salmonella typhi*, que produce fiebres tifoideas y paratifoideas; y *Shigella*, causante de disentería (OPS/CEPIS, 2002).

Las personas enfermas de diarrea y con afecciones gastrointestinales eliminan un alto número de bacterias en sus heces: hasta 100 millones de bacterias de *Escherichia coli*, 10 millones de bacterias de *Campylobacter*, un millón de bacterias de *Salmonella* y un millón de bacterias de *Vibrio cholerae* (OPS/CEPIS, 2002).

Estas bacterias llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, del drenaje de lluvias, de descargas provenientes de plantas de procesamiento de carne de ganado y aves, y de escorrentías que pasan por los corrales de ganado. En las zonas rurales, la práctica de la defecación a campo abierto también constituye una fuente de contaminación de las aguas superficiales (OMS, 2002).

a. Fiebre tifoidea y paratifoidea

La fiebre tifoidea es una enfermedad infecciosa producida por algunos serotipos de *Salmonella*



Figura 3-1. Organismo *Salmonella typhi*

Fuente: MedlinePlus, 2013.

entérica como *S. typhi* (bacilo de Eberth). La fiebre tifoidea, también denominada tifus, o fiebre entérica, es una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforaciones intestinales. (Lizarazu, J., 2009).

El reservorio de la bacteria causante de la enfermedad es el hombre, y el mecanismo de contagio es fecal-oral a través de agua, aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con

personas infectadas.

El germen ingresa por vía digestiva al ingerir alimentos o agua contaminada y llega al intestino, pasando finalmente al torrente sanguíneo, causando una fase de bacteriemia hacia la primera semana de la enfermedad; posteriormente puede llegar hasta los ganglios linfáticos, la vesícula, el hígado, el bazo y otras partes del cuerpo, generando fenómenos inflamatorios y necróticos debidos a la liberación de endotoxinas.

Finalmente, las salmonellas se eliminan al exterior por las heces. En el período de incubación, que dura de 10 a 15 días, se aprecian trastornos del estado general con fiebre que aumenta progresivamente hasta alcanzar 39-40°C, en cuyo momento se mantiene, cefalalgia, letargo, roséola en el vientre, tumefacción de la mucosa nasal, fluctuaciones del estado de ánimo, lengua tostada, úlceras en el paladar y, a veces, hepato-esplenomegalia y diarrea. (Lizarazu, J., 2009).

La enfermedad puede evolucionar a la curación en 2 semanas o prolongarse con recaídas focales a partir de la quinta semana. Si no se somete a un tratamiento adecuado, pueden presentarse complicaciones graves, como hemorragia y perforación intestinal, shock machangítico. En lo que respecta a las reinfecciones, el organismo del individuo portador de la enfermedad logra producir un cierto grado de inmunidad que, aunque no protege frente a las reinfecciones, cuando éstas se producen son más benignas. (Heymann, DL., 2013).

El estado de portador puede ser transitorio o crónico. Los síntomas, por lo general mejoran en dos a cuatro semanas con tratamiento. El pronóstico probablemente sea bueno con un tratamiento oportuno, pero se vuelve reservado si aparecen complicaciones. Sin embargo, los síntomas pueden retornar si el tratamiento no ha curado por completo la infección.

La fiebre paratifoidea es una fiebre continua con síntomas muy parecidos o idénticos a los de la fiebre tifoidea. Los agentes causales de la fiebre paratifoidea son principalmente *Salmonella paratyphi A* y *Salmonella paratyphi B* (exceptuando la variedad Java productora de salmonelosis), aunque también podría causarla *Salmonella paratyphi C*. (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. España, 2014).

El reservorio de la enfermedad es el hombre y raramente los animales domésticos son reservorios de la fiebre paratifoidea. El estado de portador puede seguir a la enfermedad aguda o leve, o incluso a la infección subclínica; esta enfermedad se observa más en edad escolar y adolescentes, siendo excepcional en lactantes y poco frecuente en preescolares.

Debido a que los seres humanos son el único reservorio natural de *S. typhi*, es necesario el contacto directo o indirecto con una persona infectada (enferma, o portadora crónica) para que se produzca la infección. La transmisión se produce tras la ingestión de comida o agua contaminados por heces y orina de pacientes y portadores. Las transmisiones que se efectúan por el agua son debido a saneamiento deficiente y a transmisión fecal-oral directa por la mala higiene personal, especialmente en países en vías de desarrollo.

Sin embargo, las moscas también pueden actuar como vehículo de transmisión, infectando los alimentos. Y aunque la transmisión persona-persona es infrecuente, se ha documentado la transmisión de *S. typhi* durante las prácticas sexuales. (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. España, 2014).

La enfermedad inicia con malestar general, debilidad, pérdida de apetito, dolor de cabeza y estreñimiento. Se mantienen durante unos cinco días, hasta que se inicia el periodo febril (40°C). Se deteriora el nivel de conciencia del enfermo, y aparecen lesiones rojas en la piel que pueden permanecer durante 14 días. La evolución puede ser hacia la curación o complicarse con lesiones cardíacas severas, hemorragias gastrointestinales que pueden llegar a la perforación intestinal, alteraciones neurológicas importantes; o cronificar la infección, dando lugar al estado de portador. (Heymann DL., 2008).

b. Cólera

El cólera es una infección diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae*, siendo poco común la transmisión de persona a persona. Tiene un breve periodo de incubación, que fluctúa entre dos horas y cinco días.

La bacteria produce una enterotoxina que causa una diarrea copiosa, indolora y acuosa que puede conducir con rapidez a una deshidratación grave y a la muerte si no se trata oportunamente. La mayor parte de los pacientes presentan también vómitos. Esta enfermedad puede volverse crónica en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes.

A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizara para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera en Chile y Perú. La epidemia del cólera se extendió en Perú en 1991 y por casi toda Latinoamérica, lo cual es indicativo de la velocidad con que se propagan las enfermedades transmitidas por el agua. (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. 2015).

Las personas con inmunidad reducida, como los niños desnutridos y los enfermos de sida, corren un riesgo mayor de morir si se infectan.

El cólera sigue representando una amenaza para la salud pública y es un indicador clave de la falta de desarrollo social. Si bien no supone una amenaza para los países con condiciones adecuadas de saneamiento y acceso a agua potable, la enfermedad sigue siendo un reto para los países en los que estas condiciones aún no están presentes.

Es por esto que la clave para mitigar los brotes epidémicos por cólera, controlar la enfermedad cuando la misma se vuelve endémica y reducir la mortalidad continua siendo el abordaje multidisciplinario para la prevención, preparación y respuesta, sumado a un robusto sistema de vigilancia para la detección oportuna de casos. (OPS; OMS. 2015).



Figura 4-1. *Vibrio cholerae*

Fuente: Lambert, H.; Tennoe, M.; Henssonow. 2010.

c. Disentería bacilar

Los datos sobre la incidencia de esta enfermedad transmitida por el agua no son tan amplios como los de la fiebre tifoidea.

Aunque los microorganismos patógenos que causan la disentería bacilar son las bacterias del género *Shigella*, según Ingraham, J. L. y C. A. 1995, los microorganismos patógenos que causan la disentería bacilar son similares a *Salmonella typhosa* en lo que concierne a transmisión de la enfermedad por el agua y a los procesos de tratamiento del agua.

La shigelosis presenta una elevada prevalencia y gravedad en los países en vías de desarrollo y se caracteriza por ser una enfermedad infecciosa asociada a dolor abdominal, fiebre, diarrea, e inflamación, ulceración de la boca y por afectar al intestino grueso y principalmente a la porción

distal del intestino delgado. Su causa más común es debido a la ingesta de agua y alimentos contaminados, aunque también se la llega a adquirir por transmisión fecal-oral directa o indirecta a partir de un paciente sintomático o portador asintomático.

La infección puede ser leve o asintomática; la enfermedad suele ser de curso limitado y durar un promedio de cuatro a siete días. La gravedad de la infección y la tasa de letalidad varían según el huésped (edad y estado de nutrición previo) y del serotipo. El género *Shigella* comprende cuatro especies o serogrupos: **grupo A**, *S. dysenteriae*; **grupo B**, *S. flexneri*; **grupo C**, *S. boydii*, y **grupo D**, *S. sonnei*. El inóculo para los seres humanos es pequeño (de 10 a 100 bacterias han causado la enfermedad en voluntarios). (Lizarazu, J., 2009).

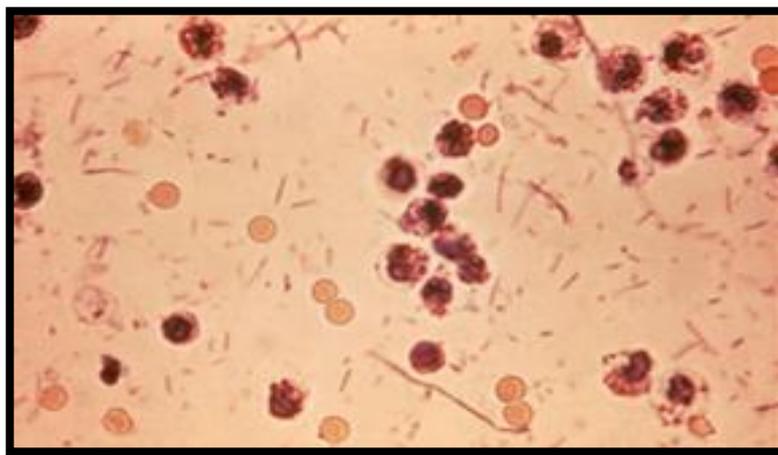


Figura .5-1. Microfotografía de *Shigella dysenteriae*.

Fuente: Medline Plus, 2013.

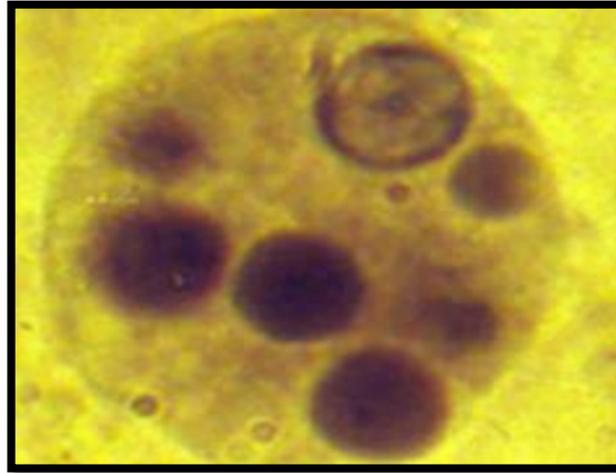
1.8.2 Enfermedades parasitarias

a. Disentería amebiana

La amebiasis es una enfermedad parasitaria intestinal de tipo alimenticia producida por infección con *Entamoeba histolytica*. La *Entamoeba histolytica* es un protozoo rizópodo muy extendido en climas cálidos y tropicales. El parásito se adquiere por lo general en su forma quística a través de la ingestión oral de alimentos o líquidos contaminados.

Cuando invade el intestino puede producir disentería, aunque también puede extenderse a otros órganos. No causa infección en animales, ni son ellos portadores del organismo. (Biagi, F., 2004).

Entamoeba histolytica tiene preferencia por el intestino grueso humano (colon) donde puede vivir sin causar patologías. Sólo se desarrolla la enfermedad en caso de una baja resistencia inmunitaria de la persona infectada. Por lo general la enfermedad aparece en brotes epidémicos, cuando las aguas residuales contaminan los suministros de agua potable o cuando el suelo ha sido fertilizado con desechos humanos sin tratar.



**Figura 6-1. Trofozoitos de *Entamoeba histolytica*.
Núcleo y eritrocitos**

Fuente: Biól. J. Tay Zavala. Facultad de Medicina. UNAM. 2015.

La mayoría de las personas en áreas endémicas se comportan como portadores sanos de la enfermedad contaminando al resto de la población sana, en particular, los trabajadores del sector de la alimentación.

Se estima que el parásito causal puede ser detectado en aproximadamente un 10% de la población mundial, alcanzando el 30% en ciertos países en desarrollo, en especial México, Suramérica y Centroamérica, África, India y el sudeste de Asia.

De las infecciones parasitarias humanas, la disentería amebiana es la tercera causa de mortalidad, precedida por esquistosomiasis y paludismo.

De cada 10 personas que se les detecta el parásito, una de ellas desarrollará síntomas, los cuales pueden variar desde unas pequeñas diarreas hasta perforaciones del intestino o amebiasis cutánea. (Lizarazu J. 2009).

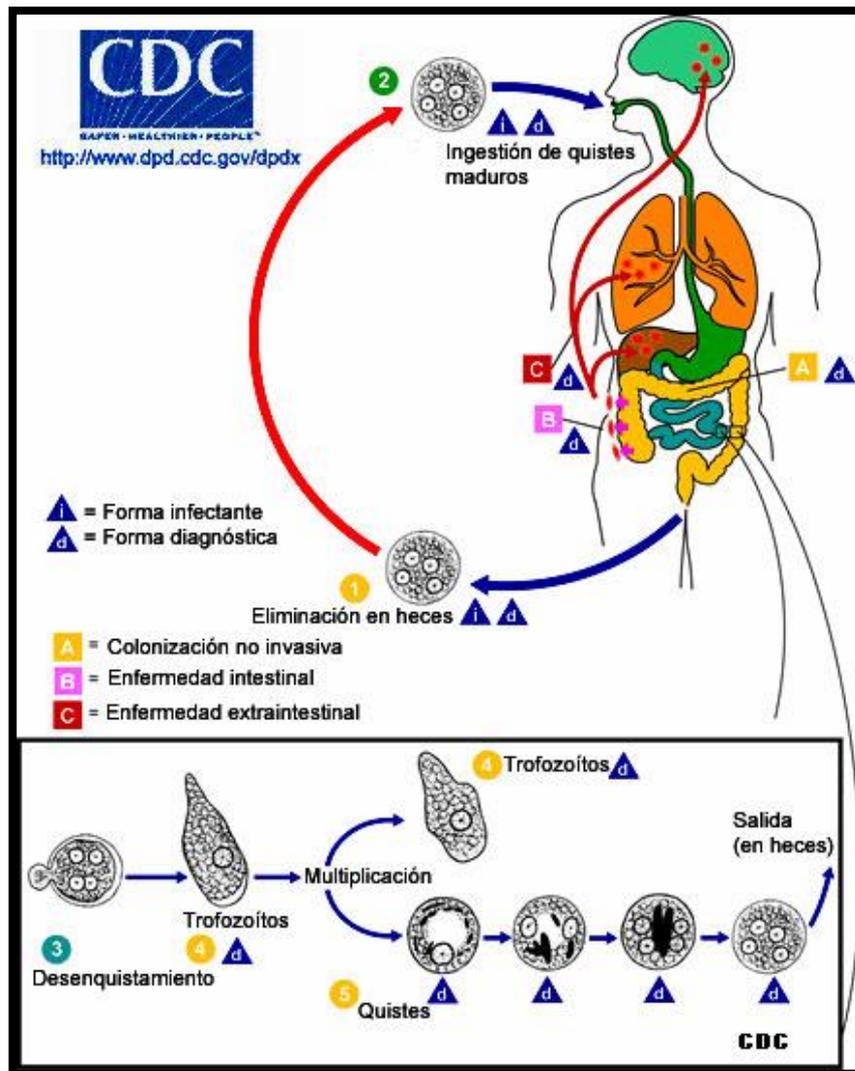


Figura 7-1. Ciclo biológico de *Entamoeba histolytica*.

Fuente: Centers for Disease Control & Prevention, Division of Parasitic Diseases, modificados y traducidos al español. 2015.

b. Gastroenteritis

El término “gastroenteritis” es aplicado a las enfermedades diarreicas cuya etiología se asocia con la inflamación de la membrana gastrointestinal.

Hablando de gastroenteritis, es menester distinguir entre enfermedades clasificadas como envenenamiento con alimentos, que generalmente ocasionan síntomas pocas horas después del consumo de los alimentos contaminados, y las infecciones bacterianas con periodos de incubación de 12 a 48 horas.

La gastroenteritis se caracteriza por presentar un aumento en la frecuencia y fluidez de las heces, dolor abdominal, vómitos, dolor de cabeza, fiebre y escalofríos. La mayoría de las personas se recupera sin tratamiento (es auto-limitada). Sin embargo, el problema más común en la gastroenteritis es la deshidratación.

La enfermedad diarreica aguda (EDA) se puede definir como un cambio súbito en el patrón de evacuación intestinal normal del individuo, caracterizado por aumento en la frecuencia o disminución en la consistencia de las deposiciones. Para ser considerada como aguda, su aparición debe tener menos de tres semanas. La causa más importante y frecuente de EDA es la infección entero-cólica con respuesta variable en los enfermos; algunos manifiestan cuadros graves, otros síntomas moderados y otros son asintomáticos. Las diarreas agudas en la mayor parte de los casos, son producidas por infecciones bacterianas. Las diarreas de origen viral son igualmente importantes. La infección bacteriana más común en nuestro medio es la debida a *Escherichia coli*. Aunque la mayor parte de las cepas de *E. coli* son inofensivas, algunas, como la entero-toxigénica, son patógenas.

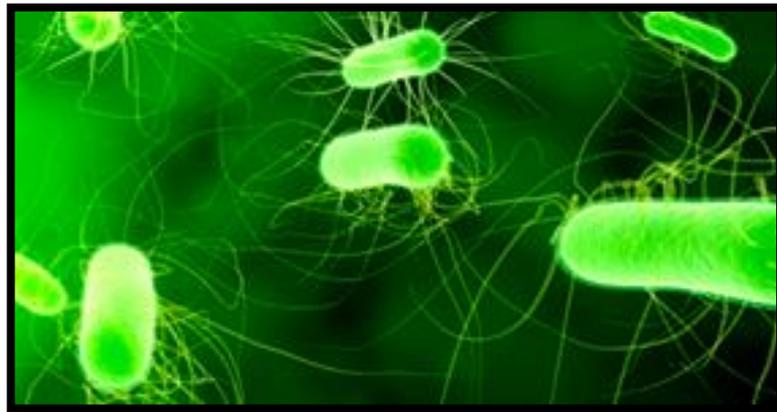


Figura 8-1. Enterobacteria *Escherichia coli*.

Fuente: Plos One, 2012.

Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños. (OPS, OMS. 2015).

Entre las enfermedades que presentan diarrea (gastroenteritis) tenemos: Shigellosis, salmonelosis, amebiasis, colitis bacteriana y la giardiasis causado por *Giardia lamblia*: es un protozoo flagelado que se transmite a las personas principalmente por el agua contaminada.

1.8.3 Enfermedades virales

a. Hepatitis A

Los virus de la hepatitis A se encuentran relacionados con brotes transmitidos por el agua, mismos que adquieren gran importancia para la salud pública, ya que se evacuan en gran cantidad a través de deposiciones de individuos infectados.

La hepatitis A es una enfermedad infecciosa producida por el virus de la hepatitis A (VHA) que ocasiona una inflamación aguda del hígado en la mayoría de los casos.

El virus de la hepatitis A presenta las siguientes características: es un virus hepatotropo que no siempre produce hepatitis aguda, sintomática o ictericia. Puede producir un síndrome gripal sin hepatitis manifiesta o sin ictericia, puede producir hepatitis fulminante en un porcentaje inferior al 5 % de los infectados, que precise trasplante hepático.

La hepatitis A no se cronifica ni provoca estado de portador, al contrario que la hepatitis B o hepatitis C. La transmisión de la hepatitis A es orofecal en la mayoría de los casos. Se estima que más del 50% de la población mayor de 40 años posee anticuerpos IgG contra el VHA. En los países desarrollados la hepatitis A en la edad adulta puede ser grave. (Lizarazu, J., 2009).

La hepatitis A se propaga por medio de contacto personal con una persona que tiene la infección y sus síntomas pueden confundirse con los de una gripe; y son: náuseas, fiebre baja, pérdida del apetito, fatiga, orina oscura, prurito generalizado y excremento de color claro. Generalmente, los síntomas aparecen dentro de los 28 días después de la exposición, y el promedio va de 15 a 50 días. (Lizarazu, J., 2009).

b. Poliomielitis

La poliomielitis es una enfermedad infecciosa aguda causada por uno de los siguientes tres tipos de virus gastrointestinales: poliovirus tipo 1, 2 y 3. El poliovirus puede atacar el sistema nervioso y destruir las células nerviosas encargadas del control de los músculos. Como consecuencia, los músculos afectados dejan de cumplir su función y se puede llegar a una parálisis irreversible. En casos severos, la enfermedad puede conducir a la muerte. La poliomielitis afecta principalmente a niños menores de tres años, pero puede darse en niños más mayores e incluso en adultos. El Síndrome de la Postpoliomielitis (SPP) es una complicación que se puede dar en personas que han padecido la enfermedad hace 10 – 40 años.

El síndrome post-polio es definido hoy como una afección neurológica cuyas alteraciones principales consisten en debilidad muscular progresiva, con pérdida de la función, acompañada de dolor, sobre todo en músculos y articulaciones, así como atrofia muscular; problemas respiratorios, que les llevan, incluso, hasta la muerte; dificultades en deglución e intolerancia al frío.

El poliovirus se transmite de persona a persona por medio de las secreciones nasales y de la garganta o por la ruta fecal-oral. A través de la ruta fecal-oral, la poliomielitis se puede contraer indirectamente por la exposición al alimento o al agua contaminada o directamente a través de contacto con la materia fecal de un individuo infectado. Una vez infectada una persona, puede convertirse en portador y continuar excretando el virus por sus heces durante muchas semanas.

El virus (poliovirus) se incorpora al cuerpo a través de la boca y se multiplica en el intestino. En ocasiones, pasados los años, se produce un conjunto de manifestaciones conocido por síndrome postpoliomielítico (SPP).

El período de incubación de la poliomielitis varía de 4 a 35 días. La infección por el virus de la poliomielitis no produce, en muchas ocasiones, ningún síntoma o síntomas de menor importancia, tales como: fiebre, fatiga, dolores de cabeza, vómitos, estreñimiento, rigidez de nuca y dolor en las extremidades. En los casos más severos, se afectan el cerebro y el sistema respiratorio lo que puede conducir a la muerte.

Tabla No. 5-1. Principales enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedad	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos^a	Defunciones por año
<i>Disentería amebiana</i>	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	500 millones por año	*
<i>Disentería bacilar</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	*	*
<i>Enfermedades</i>	Diversas bacterias, virus y	Todo el	4.000 mil	3.4 millones

<i>diarreicas(incl usive disentería amebiana y bacilar)</i>	protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	mundo	millones actualmente	
<i>Cólera</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia	384.000 por año	20.000
<i>Hepatitis A</i>	El virus pasa por la vía fecla-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
<i>Fiebre paratifoidea y tifoidea</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África	16 millones actualmente	600.000
<i>Poliomielitis</i>	Los virus pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000

^a El número de casos se presenta como incidencia (“por año”) –el número de nuevos casos ocurridos en un año- o como prevalencia (“actualmente”)- el número de casos existentes en un momento dado.

*Incluidas las enfermedades diarreicas

**No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.

ND= no disponible

Fuente: WHO 1996, excepto disnetería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

Fuente: María Angélica Mondaca J., Víctor Campos A. 2015. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. p.160.

1.9 Medidas de prevención

La mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua pueden prevenirse con ciertas precauciones sencillas. El conocimiento en sí no tiene un efecto preventivo, si no se toman medidas al respecto.

Algunas de las precauciones son:

- Hervir o clorar toda el agua potable.
- Usar agua potable para la preparación de alimentos y para beber.
- Usar jabón y agua para lavarse muy bien las manos antes de preparar, servir o comer alimentos y después de ocupar el inodoro.
- Guardar el agua en un envase limpio con una abertura pequeña, la cual debe estar cubierta. El agua limpia puede contaminarse de nuevo si no se almacena debidamente.
- No comer nunca pescados y mariscos crudos o poco cocinados, en particular si provienen de aguas contaminadas.
- No comer nunca crudas las frutas u hortalizas cultivadas en tierras que se hayan regado o contaminado con agua residuales.
- Comprar alimentos y golosinas únicamente de vendedores que tengan envases de agua potable en buen estado, y que envuelvan el producto que venden y observen buena higiene personal. (CYTED, 2004).

1.10 Calidad del agua y su importancia

La calidad del agua frecuentemente depende de su uso y origen. Sin embargo existen diversos factores que producen variaciones en la misma, dichas variaciones provienen de la capacidad que tiene el agua de absorber sustancias en forma de solución o en suspensión y de las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas.

No obstante aprender o conocer acerca de la fuente u origen del agua bruta puede ser de gran utilidad para estimar la naturaleza de los posibles problemas de calidad y para desarrollar un programa de monitorización que ayude a definir la calidad de la misma. Es así que, para aguas de superficie, la información acerca de la vertiente puede informar sobre focos de contaminación, bien natural u originada por el hombre. Convirtiéndose el conocimiento del acuífero específico del cual proviene el agua en una información muy útil para las aguas de

superficie, especialmente si otras instalaciones de agua próximas están utilizando el mismo acuífero. (Cohn P. D., Cox M., Berger P. S. 2002).

La salud y el aspecto son los principales motivos para depurar el agua por lo que, la capacidad de una planta de tratamiento para dar agua consistentemente tratada y de calidad que cumpla con los requisitos obligatorios impuestos por la ley, está en relación permanente con el rango de claridad del agua de origen, ya que denotará el rango de calidad que la planta puede tratar con éxito.

Los problemas de calidad del agua original señalan muchas veces la necesidad de aplicar procesos particulares, entre los cuales tenemos: el de utilización de flotación directa del aire para tratar aguas cargadas de algas, múltiples barreras físicas de remoción (sedimentación o flotación de aire disuelto seguida de filtración) para la protección de la salud puesto que existen fuentes sometidas a fuertes contaminaciones fecales de población humana o animal (gatos, perros, ovejas, caballos y otros animales capaces de transmitir *Cryptosporidium*). (Cohn P. D., Cox M., Berger P. S. 2002).

Uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua y por no decir el único de importancia, es probablemente el oxígeno disuelto, pues el oxígeno determina qué sucede dentro del agua, si el agua está “limpia o sucia”, y dicta la calidad del agua percibida.

De modo que, ninguna agua que haya sido expuesta a polución puede considerarse como “de buena calidad”, he de allí la importancia de proporcionar un adecuado tratamiento para la depuración de la misma pues el agua no sólo debe ser apta para su consumo sino inocua, que no represente un riesgo para la salud o un foco de epidemias.

De manera general se acepta que el agua proporcionada por los servicios públicos para fines domésticos e industriales debe ser clara, agradable al gusto, de temperatura razonable, no corrosiva ni formadora de incrustaciones, exenta de sustancias minerales que producen efectos fisiológicos indeseables y de organismos que puedan producir anomalías en la salud de los consumidores.

En el siglo XIX y comienzos de XX, el brote de enfermedades de origen hídrico, como el cólera y la fiebre tifoidea, incentivaron el desarrollo y propagación de las plantas de filtrado y cloración. Posteriormente la identificación en los suministros de agua de agentes causantes de enfermedades y contaminantes, dieron como resultado pre-tratamientos más sofisticados para reforzar los procesos de depuración, especialmente de la filtración y desinfección del agua.

Consiguiente a ello, y gracias a la comprensión de los efectos nocivos de un agua de “baja calidad” sobre la salud, se ha creado desde los años setenta hasta la actualidad un continuo desarrollo de métodos de depuración de agua y que paralelamente a ello, se ha logrado que el tratamiento del agua ayude a proteger y preservar el sistema de distribución de la misma.

1.10.1 Criterios de calidad del agua potable

Aguas puras, en el sentido netamente estricto de la palabra, no existe en la naturaleza: por tanto se usan los términos de agua segura y agua potable. Agua segura es aquella cuyo consumo no implica riesgo alguno en la salud del consumidor, mientras que agua potable es aquella que además de ser segura es satisfactoria desde el punto de vista físico, químico y biológico, es decir, atractiva para su consumo como bebida. (Romero, J. A., 2002. p.291).

Para asegurar la visión integral del derecho al agua a todos los ciudadanos, el Ecuador desarrolló la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, que fue aprobada el 24 de junio de 2014 para concretizar las disposiciones constitucionales adoptadas en la Constitución de la República del Ecuador Asamblea Constituyente 2008.

La nueva Ley de Aguas reemplaza la Ley vigente desde 1972, la cual a pesar de declarar al agua “*un bien nacional de uso público*” (art. 28) no alcanzó a redistribuir de forma igualitaria el agua; por tanto esta ley garantiza el acceso al agua potable a los ciudadanos, y asegura el acceso del campesinado al agua, prohibiendo toda forma de privatización o de acaparamiento de este recurso, lo cual es además considerado un “*elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos*” (Art. 318).

Al ser el agua un derecho para cada ciudadano, merecemos que el mismo cumpla con todas las especificaciones vigentes que aseguren su calidad e inocuidad.

La calidad el agua potable no puede juzgarse con precisión a simple vista ni por las sensaciones (apariencia, sabor y olor) puesto que no son un medio riguroso de juzgar su seguridad.

No hay duda alguna de que existen diversos factores que influyen en la calidad del agua potable de los abastecimientos públicos, los cuales pueden llegar a alterarla hasta el punto de catalogarla como un “agua no apta” para su consumo; por tanto, se deben establecer criterios de calidad que determinen si el agua es o no “bebible”, para lo cual deberán medirse, los constituyentes físicos, químicos y bacteriológicos del agua y especificar los métodos utilizados para dicha determinación.

Dichos criterios se encuentran estipulados en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable. Requisitos.

Sin embargo, a pesar de que el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal (Ongley 1997). Por lo cual es menester concienciar sobre esta problemática y efectuar planes de solución inmediatos.

1.10.1.1 Caracterización física

La caracterización física de un agua potable se la efectúa con el propósito de definir su aptitud para el consumo humano.

La presentación adecuada de los parámetros de caracterización ya sea física, química o microbiológica facilita la definición de la calidad de agua potable y permite visualizar no sólo los aspectos relacionados con su composición sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento. (Romero J. A. 2002. p. 292).

La presentación de los análisis debe ser sencillos de interpretar, tanto numérica como gráfica, así como su corrección desde el punto de vista analítico

Según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable. Requisitos; los parámetros a medir son: color, turbiedad, olor y sabor.

Así:

- **Sabor y Olor.**- El sabor y presencia de olor en el agua se debe a la existencia de materia orgánica generada por bacterias y algas, vegetación en descomposición, plancton, y/o a sustancias químicas volátiles y cabe resaltar que el olor imparte características desagradables al agua de consumo.

- **Color.**- Cuando un consumidor observa que el agua presenta color, éste pone en duda su garantía sanitaria. El color del agua puede estar determinado o condicionado por la presencia de diversas sustancias orgánicas disueltas o de partículas coloidales con cargas negativas dentro de los cuales están: minerales (como hierro, manganeso), taninos,

algas, residuos coloridos, materia orgánica del suelo, lignina, ácido húmico, polisacáridos, ácidos grasos, entre otros. (Romero J. A. 2002).

Existen dos tipos de color, el Color Real y el Color Aparente; el primero se debe al color de agua cuya turbidez se ha eliminado, mientras que el segundo color se debe a sustancias disueltas y a materia en suspensión, a veces el propio cloro de tratamiento.

- **Temperatura.-** La temperatura retarda o acelera la actividad biológica, absorción de oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera influyendo en la propagación de diversas algas, precipitación de compuestos, procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección por cloro.

- **Turbidez.-** Su presencia indica que el agua puede contener agentes como arcilla, material orgánico e inorgánico, plancton, microorganismos, etc. adheridos a las partículas coloidales o en suspensión. La turbidez es una medida de la capacidad del agua para dispersar y absorber un haz de luz a través de una muestra e importante por cuestiones estéticas, movilidad y eficacia en la desinfección, ya que sus niveles elevados constituyen una protección para los microorganismos frente a la desinfección estimulando el crecimiento de bacterias y demandando más cloro. (Martínez A., Rtegasanchez J.L., Fonseca K. 2015 p. 56-62).

1.10.1.2 Caracterización química

La caracterización química del agua potable consiste en una serie de análisis de carácter químico con el fin de conocer la concentración de diversas sustancias de origen orgánico, e inorgánico que pueden ser muy perjudiciales ocasionando efectos fisiológicos adversos en la salud de quienes la ingieren.

Las características químicas del agua pueden ser de origen natural o industrial, siendo beneficiosas o dañinas según su concentración y composición.

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos.

Se debe tener en consideración que la evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia estipulados en la normativa vigente para agua potable, que en este caso es la NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable. Requisitos.

Dentro de los parámetros a considerar tenemos:

- **Arsénico.-** Metaloides que puede ser agudo o crónicamente tóxico para el hombre.
- **Bario.-** Altamente tóxico y causa serios trastornos cardíacos, vasculares y nerviosos.
- **Cianuros.-** No común, sin embargo es muy tóxico.
- **Cromo.-** Muy escaso en aguas naturales, siendo indicador de contaminación industrial.
- **Fluoruros.-** La mayoría de los fluoruros son de baja solubilidad, por ello la concentración de fluoruros en aguas naturales es normalmente baja; por lo general menor de 1mg/L en aguas superficiales, raras veces mayor de 10mg/L y excepcionalmente superior a 50mg/L. (Romero J. A. 2002. p. 119).
- **Manganeso.-** El manganeso genera problemas en los suministros de agua y existe en el suelo, principalmente como dióxido de manganeso, el cual es muy soluble en aguas que contienen dióxido de carbono. (Romero, J. A., 2002. p.122). Altera el sabor y producen manchas duraderas en aparatos urinarios, obstruyen la tuberías y alteran el color del agua.
- **Mercurio.-** Agudo y crónicamente tóxico.
- **Nitratos.-** Indican contaminación agrícola. A niveles superiores a 10mg/L ocasiona enfermedades; sin embargo los nitritos poseen una toxicidad mayor.
- **Nitritos.-** El nitrógeno de los nitritos raras veces aparece en concentraciones mayores a 1mg/L, aun en efluyentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas superficiales y subterráneas su concentración por lo general es menor de 0,1 mg/L. Su presencia indica, por lo general, procesos activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato. (Romero, J. A., 2002). Los nitritos indican contaminación bacteriológica.
- **Plomo.-** Agudo o crónicamente tóxico.
- **Sólidos totales disueltos.-** Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía.

- **Potencial de hidrógeno (pH).**- Indica la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, mediante la concentración del ión hidrógeno. El pH juega un papel muy importante en la coagulación, desinfección por cloro, ablandamiento y control de corrosión; así como en la actividad óptima de los reactivos empleados en el proceso de potabilización, puesto que cada desinfectante tiene un rango de pH que condiciona su máxima eficiencia. Cuanto más alcalina sea el agua, mayores dosis son requeridas para una misma temperatura y tiempo de contacto.

- **Conductividad.**- La conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos, ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos.

- **Cloro Libre Residual.**- La desinfección del agua con cloro es el proceso más utilizado en este campo, mejorando con ello el color. Las ventajas que ofrece ésta clase de desinfección es la eliminación de bacterias patógenas para el hombre transmitidas por el agua.
 El desinfectante utilizado reacciona con la materia orgánica natural presente en el agua bruta (ácidos fúlvicos y húmicos), originando subproductos derivados de la desinfección, los trihalometanos (THM), los ácidos haloacéticos (AHA). El trihalometano más frecuente en el agua potable es el cloroformo con baja concentración de bromuro; el cual se forma por la hidrólisis de la acetona a pHs básicos.

- **Alcalinidad.**- Hace referencia a la presencia de iones en el agua que pueden reaccionar con ácidos neutralizándolos; dichos iones se deben a bases fuertes que llegan a las aguas naturales por contaminación con desechos industriales que provocan la precipitación de sales de calcio en las tuberías. Cabe destacar que si la alcalinidad es baja se debe agregar un alcalinizante primario para incrementarla, puesto que al omitir esta fase el proceso de floculación no será eficiente y por tanto el proceso de potabilización será inadecuado.

- **Detergentes.**- Las sustancias no solubles presentes en los detergentes domésticos ocasionan masas de espuma en el agua cruda que tienden a interferir con los procesos de coagulación y sedimentación.

- **Dureza.-** Se considera un agua como blanda cuando la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3) es inferior a 100mg/L, medianamente dura de 100 a 200 mg/L, y dura de 200 a 300 mg/L. La dureza es otro parámetro muy importante puesto que un agua demasiado dura forma depósitos en las tuberías, obstruyéndolas.
- **Cobre.-** Ocasiona un sabor astringente, color inadecuado, favorece la corrosión y origina problemas en el sabor.
- **Pesticidas.-** Son tóxicos y difieren dependiendo de su naturaleza química (inorgánicos, orgánicos naturales y sintéticos), se acumulan en los tejidos y otros son metabolizados.

Tabla No. 6-1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No objetable
Sabor	---	No objetable
<i>Inorgánicos</i>		
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

Nitratos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación β **	Bg/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, ²³⁹Pu</p> <p>**Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra.</p>		

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua potable. Requisitos.p.2

1.10.1.3 Caracterización microbiológica

La verificación de la calidad microbiológica del agua, por lo general incluye análisis microbiológicos que conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal (*E. coli*), pero también puede incluir en algunas circunstancias, la determinación de la presencia y concentraciones de patógenos específicos.

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. La verificación conlleva el análisis del agua de origen, del agua inmediatamente después de ser tratada, del agua en los sistemas de distribución o del agua almacenada en los hogares.

No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente.

Sin embargo se debe tener en consideración que la calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales.

Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen, y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis.

Tabla No. 7-1. Requisitos Microbiológicos

	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 ml ó	<1,1*
Filtración por membrana UFC/100 ml	<1**
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/litro	Ausencia
<p>* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo</p> <p>** <1 significa que no se observan colonias</p> <p>(1) Ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida.</p>	

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua potable. Requisitos.p.4

1.10.2 Recolección de muestras

La recolección de muestras es realizada en función del tipo de análisis y propósito del programa de muestreo. Las muestras para examen bacteriológico deben ser representativas y examinarse en el menor tiempo posible; debe tomarse en un frasco que no represente contaminación alguna, los de plástico estériles son adecuados, sin embargo no se recomiendan si deben efectuarse determinaciones de pesticidas organoclorados o pueden ser frascos de vidrio neutro previamente esterilizado al igual que el orificio del grifo de donde se toma la muestra. Cabe recalcar que la identificación de cada recipiente debe ser clara y estable sin ninguna ambigüedad.

La cantidad de muestra también depende de los procedimientos analíticos empleados. Para la mayor parte de los análisis físicos y químicos es suficiente una muestra de 2 litros pero para ciertas determinaciones especiales, se puede necesitar un mayor volumen; y no se debe utilizar la misma muestra para exámenes químicos, bacteriológicos y microscópicos, porque son diferentes los métodos de recolección y manejo. (Caballero P., I. Q., 1988 p 96).

En tanto, el intervalo de tiempo entre la recolección y el análisis debe ser mínimo, pues mientras menos tiempo transcurra entre la recolección de una muestra y su análisis, mayor será la confianza de los resultados analíticos; sin embargo otros análisis como el cloro libre residual debe ser analizado “*in situ*”, es decir en el mismo lugar de recolección de la muestra ya que, hasta llegar al laboratorio la composición de la muestra puede verse afectada.

Las condiciones del recolector deben ser idóneas y se debe estar provisto de todos los materiales necesarios para tal fin. Además se recolectará la mayor cantidad de datos posibles en el momento y lugar del muestreo, con el fin de lograr una interpretación correcta de todo el proceso, incluyendo los parámetros que fueran medidos *in situ*.

Para preservar la muestra durante el transporte al laboratorio y por un periodo corto antes del análisis (máximo dos días), suele bastar con un enfriamiento simple (de 2 a 5 °C) y en oscuridad; si el tiempo de transporte supera el recomendado para el análisis, entonces debe reportarse el tiempo entre el muestreo y el análisis. (Romero, J. A., 2002).

1.11 Planta de tratamiento de agua potable

Una planta es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos y conjunto de operaciones unitarias que permiten obtener agua potable a partir de agua cruda.

1.11.1 Proceso de potabilización del agua

1.11.1.1 Captación

Para llevar a cabo la transformación de agua cruda en potable se debe tomar ésta de diferentes fuentes como:

- **Fuentes superficiales:** lagunas, pantanos, ríos, diques y embalses.
- **Fuentes subterráneas:** pozos profundos, punteras, aguas de perforación y drenajes.

En la captación del agua se dispone un sistema de rejas y compuertas que retienen los materiales de gran tamaño (piedras, palos, maderas, etc.) para evitar que entren en el acueducto o canal abierto que conduce el agua hacia la planta potabilizadora.

1.11.1.2 Conducción

La conducción comprende un sistema de estructuras y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento hacia los tanques de almacenamiento, planta de tratamiento y distribución. Éste proceso se lleva a cabo mediante el uso de la gravedad (energía hidráulica) o por bombeo (uso de una bomba para obtener un flujo constante y a presión).

1.11.1.3 Aireación.

Una de las técnicas fundamentales que se emplea para mejorar las características físicas y químicas es la aireación.

La aireación es el proceso mediante el cual se aumenta la superficie de contacto entre el agua y el aire, sea por métodos naturales o por procedimientos mecánicos que imitan las condiciones más lentas con las cuales se logra el mismo fin en las grandes extensiones de agua naturales. (Ingraham, J. L., and C.A. 1995).

En esta etapa se obliga al intercambio de sustancias volátiles con la finalidad de introducir oxígeno y eliminar de gases.

Al crear contacto entre el aire y el agua por aspersion se logra la oxidación y precipitación de compuestos como el hierro y manganeso, lo cual facilita su eliminación mediante la decantación y filtración, y se evita el surgimiento de malos olores, sabores y colores en el agua y elimina bacterias férricas que suelen crecer en tuberías.

Durante este procedimiento el agua mejora su sabor al proporcionar el oxígeno deficiente al agua, reducir su contenido de dióxido de carbono y eliminar gran parte del sulfuro de hidrógeno y de otros componentes olorosos. (Ingraham, J. L., and C.A. 1995).

1.11.1.4 Pre-sedimentación.

El agua circula lentamente provocando que los elementos en suspensión, como arena y otros sólidos, caigan al fondo.

1.11.1.5 Coagulación.

Esta etapa incluye una serie de operaciones químicas cuyo objetivo es clarificar el agua para así reducir la concentración de materiales suspendidos por medio del agregado de un producto químico que reduzca o anule las fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión o coloides, por lo que se aglutinan en pequeños flóculos de mayor peso haciendo que sedimenten más fácilmente. Ésta etapa constituye un proceso básico que determina en gran parte las condiciones de operación de la planta de tratamiento y la eficiencia del proceso siguiente.

Los coagulantes más usados son: sulfatos (de aluminio y hierro), cloruro férrico y polihidróxido de aluminio.

Para la adecuada selección de un coagulante se debe realizar un estudio del agua en el laboratorio mediante la denominada *Prueba de Jarras* (procedimiento común de laboratorio para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento de una plan depuradora de aguas residuales), teniendo en cuenta la naturaleza y calidad del agua cruda, variación de la calidad del agua cruda, calidad y destino del agua tratada, tratamiento posterior la coagulación y grado de pureza del reactivo.

Además de hacer una correcta selección del coagulante se debe tener en cuenta que existen factores muy importantes que pueden interferir de manera inadecuada durante esta etapa y ocasionar un proceso deficiente en la potabilización del agua, dichos factores son: pH, temperatura, tamaño de partículas, alcalinidad, relación cantidad-tiempo, turbiedad, sistema de aplicación del coagulante e influencias de la dosis del coagulante, de su mezcla, y de las sales disueltas. (Romero, J. A., 2002).

1.11.1.6 Floculación.

El objetivo de la floculación es promover la interrelación de las partículas y formar agregados que pueden ser eficientemente removidos en subsiguientes procesos de separación como la sedimentación, floculación y filtración en lecho grueso. (Romero J. A. 2002).

La floculación se realiza en sistemas de agitación muy lenta (paletas o canales en forma de serpentín) para no romper los flóculos ya formados, pero con velocidad suficiente para conseguir el engrosamiento progresivo del flóculo e impedir que se formen sedimentos en el fondo.

Existen también factores que influyen en la floculación como: el tiempo de detención, gradiente de velocidad, y la concentración y naturaleza de las partículas.

1.11.1.7 Sedimentación.

La velocidad del agua disminuye hasta que las partículas floculadas se puedan asentar fuera de la corriente de agua por acción de la gravedad, formando un lodo que posteriormente es eliminado manualmente del agua clarificada.

Cabe recalcar que los sedimentadores están contruidos de concreto o ladrillo en forma alargada o rectangular, y que en su tramo final poseen vertederos que captan la capa superior del agua y la envían a la siguiente etapa.

1.11.1.8 Filtración.

El agua es separada de la materia en suspensión mediante de su paso a través de un filtro o sustancia porosa (generalmente arena), existiendo dos clases de filtros: los de acción lenta y los de acción rápida.

1.11.1.9 Desinfección.

La desinfección del agua se realiza para extraer, desactivar o eliminar los agentes microbianos existentes en el agua por medio de métodos físicos o químicos como la adición de hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, ozono, yodo, radiación ultravioleta, cloro, etc. (Lenntech, 2002).

La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos. Si los microorganismos no son eliminados, el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades.

La desinfección normalmente provoca la corrosión de la pared celular de los microorganismos, cambios en la permeabilidad de la célula, cambios en la actividad de protoplasma celular o en su actividad enzimática y como consecuencia de ello evita la multiplicación de los microorganismos en el agua tratada y en el sistema de distribución del agua (González A. et, al. 1999).

Esto es necesario porque las bacterias pueden permanecer en el sistema y en el agua a pesar de un tratamiento primario de desinfección, o pueden aparecer posteriormente durante procesos de retrolavado o por mezcla de aguas contaminadas.

La selección de un desinfectante y los pasos a seguir antes de su elección, dependen de una serie de condiciones propias de cada sistema de abastecimiento, pero siempre habrá que tender hacia tres finalidades: 1) Proporcionar agua libre de patógenos. 2) Evitar la producción de subproductos de la desinfección. 3) Mantener una calidad bacteriológica en la red de abastecimiento, evitando los recrecimientos bacterianos (Ramírez, F, 2012).

Para lograr una correcta desinfección del agua se debe seleccionar dos desinfectantes, el desinfectante primario o principal que se emplea en un sistema de tratamiento es el primer desinfectante cuya finalidad es conseguir el tiempo y concentración necesaria que permita la desinfección microbiológica; mientras que el desinfectante secundario es el que se emplea en algunos sistemas de tratamiento y abastecimiento con el objetivo principal de mantener un desinfectante residual a lo largo del sistema de distribución, el empleo de uno u otro desinfectante secundario depende del desinfectante primario utilizado (Ramírez F, 2012).

Respecto a la cloración, hay diversos métodos como gas cloro, los hipocloritos de calcio y sodio, cloraminas y algunos métodos para la generación de desinfectantes *in situ*. En la actualidad la tecnología de desinfección de mayor uso en Latinoamérica y el Caribe es la cloración (OMS/OPS, 2010).

Cabe destacar que, los agentes desinfectantes también extraen contaminantes orgánicos del agua por medio de la oxidación o destrucción de los mismos, que son nutrientes y fuente de alimentación para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua (Martín, A. et. al, 1999).

1.11.1.9.1 Desinfectantes utilizados en la depuración del agua

La desinfección del agua se realiza con varios desinfectantes. Entre los más utilizados tenemos:

- **Hipoclorito de sodio (cloro líquido)**

Hipoclorito de sodio (NaOCl) es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico que puede ser utilizado para la desinfección del agua. Se usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento, eliminación de olores y desinfección del agua. (González A. et, al. 1999).

El hipoclorito de sodio es la solución más fácil de dosificar y más cómoda de utilizar para la desinfección del agua de consumo humano. Esta solución se presenta en concentraciones de cloro activo de 10-15% y un pH alrededor de 13. La dosis recomendada para la desinfección del

agua se encuentra entre 1 y 5 mg/L, misma que dependerá de la claridad o turbiedad del agua. (CEPIS/OPS, 2006).

Para las aguas turbias y muy contaminadas se utilizan dosis mayores a 4mg/L; sin embargo a esas concentraciones el agua tendría un sabor muy fuerte y desagradable, por lo que es recomendable que aquellas aguas turbias primero se filtren hasta disminuir su turbiedad y luego se apliquen las dosis normales sugeridas (González A. et, al. 1999).

El hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte pero inestable que reacciona ante compuestos combustibles, reductores, venenos, gases corrosivos, temperaturas altas, al contacto con el aire, la luz del día, y ciertos metales que originan la evaporización del cloro a razón de 0,75 gramos de cloro activo por día desde la solución; y la desintegración del mismo cuando la solución (NaOCl) se calienta (OMS/OPS. 2006).

- **Hipoclorito de calcio (cloro granulado)**

El hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ es más estable que el hipoclorito de sodio, y contiene una mayor concentración de cloro (30-75%) (OMS/OPS. 2006).

Al igual que el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio también aumenta el pH del agua, por lo que es recomendable acidificar el agua durante el proceso de la desinfección. El hipoclorito de calcio está disponible como polvo blanco o tabletas, por lo que primero se debe preparar una solución, y sólo entonces inyectarla al agua a tratar. La solubilidad de hipoclorito de calcio es relativamente baja, por lo que se disuelve mejor en agua suave o agua tibia. (Morales, C. 2006).

Sin embargo, todas las formas de hipoclorito de calcio contienen residuos insolubles que forman sedimentos en la solución.

El hipoclorito de calcio es fácil de transportar y almacenar, y es muy eficaz cuando se utiliza correctamente. No obstante, este desinfectante posee desventajas ya que puede ocasionar obstrucciones debido a su baja solubilidad y la concentración del cloro dependerá de la extensión de disolución lograda (Aquaquímica, 1995).

Para dosificar el hipoclorito de calcio se procede de igual forma que con el hipoclorito de sodio es decir, el agua debe estar exenta de turbiedad y en un porcentaje equivalente al 10% del agua a

tratar deberá disolverse con agitación el peso de cloro granulado que sea necesario dosificar (OMS/OPS, 2006).

- **Cloro gaseoso (Cl₂)**

El cloro gaseoso es cloro en su forma pura. Es almacenado y transportado en cilindros, como gas-licuado. (CLOROSUR, 2004).

El cloro se hidroliza al entrar en contacto con el agua y forma la sustancia desinfectante ácido hipocloroso (HOCl), el mismo que se disocia en iones hidrógeno (H⁺) e hipoclorito (OCl⁻) adquiriendo con ello sus propiedades oxidantes.

Estas moléculas son sensibles al pH de la solución, puesto que su presencia depende de éste: entre el rango usual de pH para el agua natural o potable es decir, un pH 6-9 se debe tener en cuenta de que mientras menor sea el pH mayor concentración de ácido hipocloroso vamos a tener, por lo que la actividad germicida aumentará en el agua. Todo lo contrario ocurre con respecto al ión hipoclorito puesto que a mayor pH habrá mayor afluencia del mismo pero la propiedad germicida no será tan efectiva como cuando existe la presencia mayoritaria del ácido hipocloroso. (Romero, J. A., 2002).

El cloro gas al formar el ácido hipocloroso puede penetrar en la pared de las células bacterianas destruyendo su integridad y permeabilidad, y, que al reaccionar con grupos sulfhídricos, inactiva las enzimas esenciales para el metabolismo del microorganismo ocasionando con ello su muerte (CEPIS/OPS, 2006).

A diferencia del hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, el cloro gaseoso disminuye el pH del agua de manera que una acidificación adicional no es necesaria; además el dióxido de cloro es una disolución más efectiva, uniforme y rápida en el agua que requiere de habilidades y precauciones más estrictas para su manipulación (Aquaquimi, 1995).

- **Dióxido de Cloro**

El dióxido de cloro es muy diferente de las otras formas de cloro que se han descrito arriba. No puede ser comprimido o comercialmente almacenado, porque llega a ser volátil bajo presión. Por lo tanto siempre es producido en el sitio como parte del proceso de la desinfección (Ramírez F, 2012).

El clorito sódico y ácido hipoclorito se almacenan en contenedores separados y se inyectan en un generador de dióxido de cloro donde ellos reaccionan y producen dióxido de cloro (CEPIS/OPS, 2006).

Las concentraciones de dióxido de cloro necesarias para lograr desinfección efectiva son más bajas que las concentraciones necesarias cuando se utilizan otras formas de cloro.

El dióxido de cloro es un poderoso oxidante cuya eficacia en la desinfección no depende del pH o de la carga orgánica en el agua, no forma subproductos orgánicos (como las cloraminas), es más efectivo que el cloro y cloraminas para la inactivación de virus y bacterias (*Cryptosporidium* y *Giardia*) siendo su disolución es más rápida y uniforme en el agua. Requiere de habilidades y precauciones muy estrictas para su manipulación (Ramírez, F, 2012).

- **Cloraminas**

El uso de cloraminas desde principios del Siglo XX, ha contribuido a la mejora del olor y sabor del agua potable. Además las cloraminas se usaron también para la desinfección.

Las cloraminas se forman mediante la reacción del cloro (Cl_2) y amonio (NH_3). Las cloraminas son aminas que contienen al menos un átomo de cloro, directamente unido a átomos de nitrógeno (N). Las cloraminas inorgánicas se forman cuando el cloro disuelto y amonio reaccionan. Durante esta reacción se forman tres tipos diferentes de cloraminas; monocloraminas (NH_2Cl), dicloraminas (NHCl_2) y trocloramina (NCl_3). (Ramírez, F, 2012).

Cloraminas inorgánicas, cloro libre y cloraminas orgánicas están relacionadas en cuanto a su composición química y pueden transformarse entre ellas con facilidad. Estos compuestos no se encuentran de manera aislada. Cloraminas inorgánicas no son persistentes, pero son más persistentes que los compuestos libres de cloro. Investigaciones demuestran que la mitad de la vida de cloraminas inorgánicas puede variar entre uno a 23 días, dependiendo de las circunstancias. (Ramírez, F, 2012).

Cuando las cloraminas se usan como desinfectante, se añade amonio al agua tratada con cloro. Amonio es añadido después del cloro, para que el tiempo de contacto (TC) sea menor que cuando se añade primero (OMS/OPS, 2006).

Las cloraminas son tan efectivas como el cloro en la desactivación de bacterias y otros microorganismos, pero los mecanismos de la reacción son más lentos. Las cloraminas, como el cloro, son oxidantes. Las cloraminas pueden matar bacterias penetrando en la pared celular y

bloqueando el metabolismo. Monocloramina es la más efectiva para la desinfección porque reacciona directamente con aminoácidos en el DNA bacteriano. Durante desactivación de los microorganismos destruyen la capa que protege los virus. Cuando el pH es 7 o mayor, monocloraminas son las más abundantes. El pH no interfiere en la efectividad de la cloramina. (Ramírez, F, 2012).

- **Ozono**

El ozono, forma alotrópica del oxígeno, es un oxidante muy enérgico, utilizado como tal en la desinfección del agua, está comprobada su eficacia en la oxidación de materias orgánicas e inorgánicas (hierro y manganeso). Su poder oxidante y desinfectante, es mayor que el del cloro, lo que le hace más eficaz que éste en la eliminación del olor, sabor y color del agua, así como en la eliminación de bacterias, virus y otros microorganismos. La ozonización es una buena alternativa a la cloración, (principalmente en la preoxidación), cuando en el agua hay fenoles y otras sustancias orgánicas precursoras de trihalometanos. (Orozco, C. et al., 2005).

El ozono es muy inestable, motivo que obliga a generarlo in situ, en la propia planta de tratamiento de agua. Se descompone rápidamente, volviendo a originar oxígeno diatómico. La mitad de la vida del ozono en el aire es de unos 20 minutos, en el agua es muy variable, dependiendo de diversos factores (temperatura, pH, sustancias presentes en el agua, etc.), puede variar de 1 minuto hasta 300 minutos. (Deininger, R. et. al. 2008).

La evaluación del ozono como desinfectante presenta pros y contras, en su comparación con el cloro destacan las siguientes ventajas: a) Tiene mayor poder oxidante. b) No produce trihalometanos y elimina los precursores de estos. c) Requiere una concentración y tiempo de contacto menor (0,4 ppm durante 4 minutos es una concentración y tiempo de contacto eficaz para eliminar bacterias y virus). d) No altera el pH del agua. e) Mejora la coagulación. f) Facilita la eliminación del hierro y manganeso y reduce en gran medida el olor, sabor y color del agua. Como desventajas figuran: a) Su mayor coste, tanto en los equipos como en los costos de operación (energía eléctrica) a pesar de las menores dosis empleadas. b) Puede formar otros subproductos perjudiciales, entre los que destacan los bromatos y aldehídos. c) No mantiene una concentración residual persistente, lo que obliga a emplear cloro o cloraminas en la desinfección final, si se desea mantener un desinfectante residual. d) Puede formar óxido nítrico o ácido nítrico, que causaran corrosiones en los equipos. Al ser el ozono un oxidante fuerte, puede producir trastornos en los tejidos humanos y particularmente en los ojos y pulmones. Hay establecidos unos límites para los ambientes de trabajo que se exponen a continuación (Trujillo, A, 2007).

1.12 Control final y monitoreo

El agua, antes de llegar al consumo es sometida a un intenso control, analizando muestras tomadas en distintos sitios del sistema de potabilización.

Dichos controles se efectúan diariamente por mediciones de cloro residual en el extremo de la red de suministro, de turbiedad en las plantas potabilizadoras y pruebas bacteriológicas y físico-químicas constantes con los 50L/s de agua que llega constantemente a la planta potabilizadora de JAAPARY.

El control del agua potable y monitoreo se debe efectuar de manera periódica desde la fuente hasta el sistema de abastecimiento, pasando por los diferentes procesos de potabilización que también estarán bajo estricta supervisión para con ello poder descubrir en qué momento el agua se contamina y poder corregir la deficiencia.

Por otro lado, la toma de muestras debe ser efectuada en puntos específicos y representativos, con un sistema óptimo de transporte hacia el laboratorio para ser examinadas constatando si es o no apta para su consumo.

En lo que respecta a los requisitos que debe cumplir el agua potable dependerá de cada país, rigiendo en Ecuador la Norma Técnica INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable; dicha normativa se aplica en los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y camiones cisterna.

Tabla No. 8-1. Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de Coliformes fecales en el sistema de distribución del agua potable.

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5000	12
5000 – 100000	12 por cada 5000 personas
>100000 – 500000	120 más 12 por cada 10000 personas
>500000	600 más 12 por cada 100000 personas

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua potable. Requisitos.p.6

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Población de estudio y localización de los puntos de muestreo

La población de estudio fue el agua cruda y de consumo humano, distribuida por la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco a los sectores rurales de los cantones Mocha (zona baja), Cevallos (zona alta), Tisaleo (sector de Alobamba) y Ambato (parroquia Montalvo y caserío Huachi Totoras); la planta de tratamiento de agua potable JAAPARY, se encuentra ubicada en el caserío Atillo, perteneciente al cantón Mocha, provincia del Tungurahua.

La zona de estudio cubre un área aproximada de 80 km², que está distribuida entre los cuatro cantones antes mencionados. Cabe indicar que de éstos sólo el cantón Ambato cuenta con división parroquial y de los cuales las parroquias involucradas son Montalvo y Totoras, y los otros cantones sólo cuentan con caseríos debiendo tener en cuenta que no todos son abastecidos por la JAAPARY.

La planta de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco se alimenta de las aguas del páramo de Sachaguayco, que es un predio de 128,8 hectáreas, ubicado en su parte más baja a 3846 msnm, en las coordenadas geográficas WGS 86: 0752425 N y 9840560 W; con un caudal del 40 litros por segundo aproximadamente y proporciona su servicio a un aproximado de 5000 familias.

Se determinaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos como: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos, color, turbiedad, fluoruros, manganeso, nitritos y nitratos, además de *Coliformes fecales*. Se establecieron ocho puntos de muestreo, los cuales corresponden a los siguientes lugares: vertiente, un tanque de almacenamiento, salida de la planta de tratamiento, y cinco domicilios.

Se realizaron dos muestreos durante el período junio-julio del 2015. El primer muestreo se llevó a cabo el 11, 17, 18 y 19 de junio del 2015, y el segundo muestreo se realizó el 9, 15, 16 y 17 de julio del 2015, es decir que cada muestreo se realizó aproximadamente cada mes. Las muestras

fueron recolectadas por duplicado en la vertiente, planta y red del sistema de distribución de JAAPARY.

Cabe mencionar que para efectuar los análisis físico-químicos y microbiológicos se procedió a muestrear de dos formas:

- Análisis Físico-Químico: Se recolectaron muestras de la vertiente, tanque de almacenamiento, agua procesada, y 5 puntos ubicados en la red del sistema de distribución del agua de la población (Anexo M).
- Análisis Microbiológico: Se recolectaron muestras de la vertiente, tanque de almacenamiento, tanque distribuidor, prefiltros 1 y 2, sedimentador y filtro de la planta, agua depurada, y en 18 puntos ubicados en la red de distribución del agua de JAAPARY.

Y, finalmente los resultados obtenidos fueron comparados con los de la NTE INEN 1108:2014, Quinta Revisión. Agua potable. Requisitos. (Ver Anexo T).

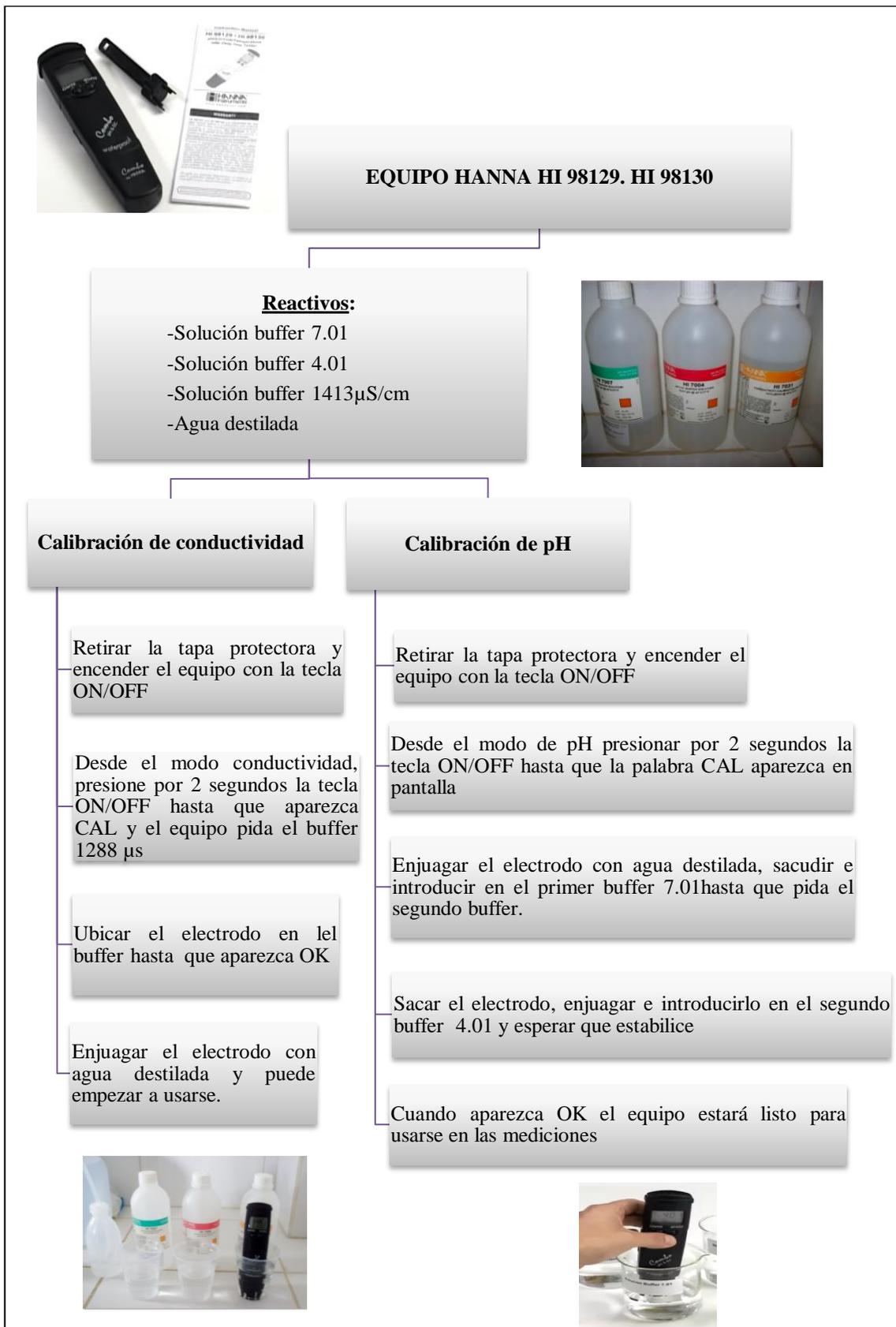
2.2 Flujograma de trabajo

Figura 1-2. Diagrama de flujo del procedimiento de análisis.



Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Figura 2-2. Diagrama de flujo del procedimiento para calibrar el Equipo HANNA HI 98129. HI 98130



Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Para establecer la frecuencia de muestreo se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- Indicadores de agresividad o corrosividad.
- Riesgo para la salud.
- Niveles de satisfacción del consumidor.

2.3 Identificación y Codificación

Las muestras recolectadas fueron codificadas para facilitar el reconocimiento del punto de muestreo, es así que para el análisis Físico-Químico la codificación fue de la siguiente manera: la letra A representa la vertiente de Sachaguayco, la letra b representa el tanque de almacenamiento donde llega el agua cruda de la vertiente, la letra h representa el agua depurada que sale a las redes de distribución de agua potable de JAAPARY, la letra D representa el punto de muestreo de la Red alta del sistema de distribución del agua, la letra E representa el punto de muestreo de la Red media del sistema de distribución de agua, la letra F representan el punto de muestreo de la Red baja del sistema de distribución, la letra G representa el punto de muestreo de la Red este del sistema de distribución de agua, y la letra H representa el punto de muestreos de la Red oeste del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.

Para el análisis microbiológico se optó por codificar de la siguiente manera: la letra A´ representa a la vertiente, la letra b´ representa el tanque de almacenamiento donde llega el agua de la vertiente de Sachaguayco, la letra c representa al tanque distribuidor del agua cruda hacia los prefiltros, la letra d representa el prefiltro número 1, la letra e representa al prefiltro número 2, la letra f representa al sedimentador de la planta depuradora de JAAPARY, la letra g representa al filtro de la planta de tratamiento de agua, la letra h´ representa el agua potable que sale de la planta hacia las redes de distribución de agua potable de JAAPARY, las letras YI y YII que identifican al barrio Yanahurco, las letras AI y AII representan al barrio Acapulco, las letras UI y UII representan al barrio la Unión, las letras SDI y SDII identifican al barrio Santo Domingo, las letras SPI y SPII representan al barrio San Pedro, las letras HTI y HTII identifican al barrio Huachi Totoras, las letras AbI y AbII identifican al barrio Alobamba, las letras MI y MII representan al barrio Montalvo y finalmente las letras LI y LII identifican al barrio El Porvenir.

Del mismo modo los números 1 y 2 representan a la muestra uno y a su duplicado respectivamente.

Tabla No. 1-2. Cronograma de Muestreo para Análisis Físico-Químico.

	FECHA			
	2015-06-11	2015-06-19	2015-07-9	2015-07-17
LUGAR	4 muestras	10 muestras	6 muestras	10 muestras
Vertiente de Sachaguayco	-	-	A	-
Planta de Tratamiento JAAPARY	b h	-	b h	-
Domicilios de usuarios de JAAPARY	-	D E F G H	-	D E F G H

A= Muestra recolectada por duplicado en la vertiente de Sachaguayco.
b= Muestra recolectada por duplicado en el tanque de almacenamiento.
h= Muestra recolectada por duplicado del agua depurada que sale a las redes de distribución de agua potable de JAAPARY.
D= Muestra recolectada por duplicado en la Red alta del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
E= Muestra recolectada por duplicado en la Red media del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
F= Muestra recolectada por duplicado en la Red baja del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
G= Muestra recolectada por duplicado en la Red este del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.
H= Muestra recolectada por duplicado en la Red oeste del sistema de distribución de agua potable de JAAPARY.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Tabla No. 2-2. Cronograma de Muestreo para Análisis Microbiológico.

	FECHA					
	2015-06-11	2015-06-17	2015-06-18	2015-07-9	2015-07-15	2015-07-16
LUGAR	14 muestras	20 muestras	16 muestras	16 muestras	20 muestras	16 muestras
Vertiente de Sachaguayco	-	-	-	A´	-	-
Planta de Tratamiento JAAPARY	b´ c d e f g h´	-	-	b´ c d e f g h´	-	-
Domicilios de usuarios de JAAPARY	-	YI YII AI AII UI UII SDI SDII SPI SPII	HTI HTII AbI AbII MI MII LI LII	-	YI YII AI AII UI UII SDI SDII SPI SPII	HTI HTII AbI AbII MI MII LI LII

A´= Muestra recolectada por duplicado en la vertiente de Sachaguayco.

b´= Muestra recolectada por duplicado en el tanque de almacenamiento.

c= Muestra recolectada por duplicado en el tanque distribuidor del agua cruda hacia los prefiltros de la planta antigua de JAAPARY.

d= Muestra recolectada por duplicado en el prefiltro número 1 de la planta antigua de JAAPARY.

e= Muestra recolectada por duplicado en el prefiltro número 2 de la planta antigua de JAAPARY.

f= Muestra recolectada por duplicado en el sedimentador de la nueva planta de tratamiento de agua de JAAPARY.

g= Muestra recolectada por duplicado en el filtro de la nueva planta de tratamiento de agua de JAAPARY.

h´= Muestra recolectada por duplicado del agua potable que sale de la nueva planta de JAAPARY hacia las redes de distribución de sus usuarios.

AI y AII= Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio Acapulco, cantón Mocha.

AbI y AbII= Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Alobamba, cantón Tisaleo.

HTI y HTII= Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Huachi Totoras, cantón Ambato.
LI y LII= Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio El Porvenir, cantón Cevallos.
MI y MII= Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio Montalvo, cantón Ambato.
SDI y SDII= Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Santo Domingo, cantón Cevallos.
SPI y SPII= Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio San Pedro, cantón Cevallos.
UI y UII= Muestras recolectadas por duplicado que representan al barrio la Unión, cantón Cevallos.
YI y YII= Muestras recolectadas por duplicado que identifican al barrio Yanahurco, cantón Mocha.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

2.3.1 *Técnica de muestreo*

Para efectuar el muestreo se usaron recipientes estériles de polietileno de alta densidad para determinaciones físicas y químicas, como lo indica la NTE INEN 2176:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo; y para las determinaciones microbiológicas se usaron recipientes estériles de tapa de rosca de 150 mL. (Anexo U).

A los frascos estériles usados para el análisis microbiológico se les adicionó tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) al 10% 0,1mL por cada 125mL de muestra, debido a que el agua a analizar contenía cloro (salida de la planta y domicilios). (Anexo U).

En cuanto a la identificación en los recipientes, fue clara y estable, donde se registró la ubicación exacta del punto de toma de muestra, situación de la misma, fecha y hora de toma y demás descripciones de utilidad incluyendo los parámetros que fueron medidos *in situ* (pH. Temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos, cloro libre residual) para evitar confusiones y ambigüedades en el laboratorio con el fin de lograr una interpretación correcta de todo el proceso.

Para el manejo, transporte y conservación de las muestras se utilizó un cooler con geles packs que mantuvieron la temperatura menor a 4°C y a 5°C hasta el momento de llegar al laboratorio para efectuar los respectivos análisis, según lo estipula la NTE INEN 2169:1998. Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras. (Anexo V).

Cabe recalcar que el análisis microbiológico se inició en un tiempo no mayor a 6 horas, de acuerdo con la NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para Examen Microbiológico (Anexo W).

Las muestras para análisis físico, químico y microbiológico, obtenidas en la planta de tratamiento de JAAPARY fueron del canal de descargue de la tubería proveniente de la fuente es decir, del agua cruda y también de la salida de la planta del agua depurada.

En los inmuebles se tomaron muestras de la red de distribución provenientes de la planta de potabilización que se descarga en grifos (llaves de agua) ubicados en los domicilios, tomando en cuenta si el inmueble a muestrear tenía tanque de almacenamiento, ya que si es así, la muestra no será real debido a la desaparición del cloro suministrado en el tratamiento, lo que ocasionaría resultados incorrectos.

Los grifos de descarga muestreados fueron los que suministran agua directamente de una tubería de red de distribución y se desinfectó la boca del grifo con una torunda con alcohol 70% y posteriormente a ello se dejó correr el agua durante 2 a 3 minutos antes de recolectar las muestras requeridas.

Los frascos recolectores de la muestra fueron tomados desde su base, retirando cuidadosamente su tapa y evitando tocar las paredes internas y boca del mismo para impedir posibles contaminaciones. El volumen de muestra no debe ser inferior a 100 mL y procurar no llenar el frasco por completo dejando libre aproximadamente un 10 o 15% del volumen total. Excepto en las muestras que se van a usar para determinar parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra.

En cuanto a la medición de los parámetros *in situ*, se realizó en un vaso plástico, el cual se llenó las tres cuartas partes del agua estudiada e introdujo en la misma el equipo multiparámetros HANNA HI 98129. HI 98130 para medir pH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura.

Para que las determinaciones con el equipo HANNA sean eficientes, el equipo antes debe ser calibrado.

2.4 Análisis de muestras

Los métodos que se describen a continuación se realizan con equipos y reactivos de la marca HACH, HANNA y 3M Petrifilm™, que están regidos por los estándares internacionales para el agua potable como son los *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, las *normas EPA* (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) para el análisis del

agua, normas APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales; así como los Métodos HACH y HANNA, proporcionados por el mismo equipo; y los métodos Petrifilm™ que fueron proporcionados por los proveedores.

Por consiguiente los resultados obtenidos mediante estos métodos son aceptados para la presentación de informes de agua potable y aguas residuales.

2.4.1 Análisis físicos

2.4.1.1 Determinación de pH, conductividad y sólidos totales disueltos

Para la determinación de estos parámetros se utilizó el equipo HANNA HI 98129·HI 98130.

Llenar las tres cuartas partes de un vaso plástico limpio y estéril con el agua a analizar.

Encender el equipo HANNA HI 98129·HI 98130 con el botón ON/OFF (MODE) y lavar con ayuda de una piceta y abundante agua destilada el electrodo del equipo.

Seleccionar el parámetro a leer (pH, conductividad, sólidos totales disueltos) presionando el botón SET/HOLD y colocar el equipo dentro del vaso de manera que quede cubierto todo el electrodo del agua a investigar.

Agitar de manera suave y en forma circular el equipo por dos segundos y dejarlo en reposo hasta que el reloj digital del equipo desaparezca de la pantalla.

Tome nota de la temperatura que automáticamente proporciona el equipo y de las mediciones cuando éstas se encuentren estables.

Presione la tecla SET/HOLD las veces que sean necesarias para cambiar de parámetro a medir.

Enjuague el electrodo siempre con agua destilada después de su uso y guárdelo en una solución HANNA 70300.

Las unidades deben registrarse en °C para la temperatura, uS/cm para conductividad y ppm para sólidos totales disueltos.

Se pueden cambiar las unidades de los parámetros siguiendo las instrucciones del equipo proporcionadas por el proveedor.

2.4.1.2 Determinación del color

En 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 Pt-Co.

2.4.1.3 Determinación de turbiedad.

Encender el Turbidímetro.

Colocar en la celda la muestra hasta la marca indicada.

Colocar la celda dentro del porta-celdas y cerrar.

Tomar la lectura, dado en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez/ Nephelometric Turbidity Unit).

2.4.2 Análisis químico

2.4.2.1 Determinación de nitratos

En el equipo HACH DR2800, seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.

Seleccionar el test: 351 N Nitrato RB.

Preparar la muestra: Colocar 10 mL de la muestra en una celda.

Añadir el contenido de un sobre de reactivo de NitraVer 5 en polvo.

Pulsar en la pantalla el símbolo de temporizador y realizar el procedimiento indicado. Agitar con rotación durante tres minutos (si existen nitratos en la muestra la solución tomará un color ámbar), reposo por dos minutos, agitación por 30 segundos y finalmente reposo por 15 minutos.

Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda.

Al sonar el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde al blanco y colocarla en el soporte, porta-cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.

Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observa la medición 0,00 mg/L $NO^{-3} - N$.

Limpia 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 $NO^{-3} - N$.

2.4.2.2 *Determinación de nitritos.*

En el equipo HACH DR2800, seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.

Seleccionar el test: 375 N Nitrito RB AV.

Preparar la muestra: Colocar 10 mL de la muestra en una celda.

Añadir el contenido de un sobre de reactivo de Nitriver en polvo.

Agitar con rotación. Si existen nitritos en la muestra, la solución tomará un color ámbar.

Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar Ok.

Esperar el tiempo determinado por el temporizador, 20 minutos. Período de reacción.

Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda.

Al sonar el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta que corresponde al blanco y colocarla en el soporte, porta-cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.

Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observará la medición 0,00 mg/L $N - NO_2^-$.

Limpicar 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 $N - NO_2^-$.

2.4.2.3 *Determinación de manganeso*

En el equipo HACH DR2800, seleccionar en la pantalla: Programa almacenados.

Seleccionar el test: 290 Manganeso RB PAN.

Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda.

Preparar la muestra: Colocar 10 mL de la muestra en una celda y añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo y agitar suavemente para disolver el polvo.

Añadir a la muestra 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino. Agitar cuidadosamente para mezclar. En algunas muestras puede formarse una solución turbia.

Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN 0.1% a la muestra. Agitar con cuidado para mezclar. Si hay manganeso la muestra preparada producirá un color anaranjado.

Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.

Transcurrido el tiempo, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar en el soporte, porta-cubetas, con la marca de llenado hacia la derecha.

Seleccionar en la pantalla Cero. La pantalla indicará 0.000 mg/L Mn.

Limpicar 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 Mn.

2.4.2.4 *Determinación de fluoruros*

En el equipo HACH DR2800, 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^- .

Limpia 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^- .

2.4.2.5 *Determinación de Cloro libre residual*

En el equipo HACH DR900, seleccionar el número de programa (Cód. 11) para la seleccionar el test: Cloro residual.

Preparar el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda.

Preparar la muestra: Colocar 10 mL de muestra en una celda y añadir un sobre del reactivo DPD.

Homogenizar hasta disolver el reactivo.

Limpie 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 y ubicar la cubierta con la tapa del instrumento.

Presionar ZERO para encerrar el equipo. Se observa la medición Cl_2 mg/L.

Limpia bien el exterior de la celda que corresponde a la muestra y colocarla en el soporte, porta-cubetas, con la marca de llenado hacia el frente.

Ubicar la cubierta con la tapa del instrumento y presionar READ.

Tomar la lectura que indica el equipo, dado en mg/L Cl_2 .

2.4.3 Análisis microbiológico

2.4.3.1 Determinación de Coliformes fecales por el método placas Petrifilm™.

El equipo (cámara de flujo) y puntas para micropipeta de 1000 µL deben estar totalmente estériles.

Codificar las placas 3M Placas Petrifilm™ almacenadas a una temperatura <8 °C (<46 °F) en refrigeración.

Homogenizar la muestra de agua vigorosamente.

Levantar la película superior de la placa y con una micropipeta de 1000 µL colocar 1mL de muestra en el centro de la película inferior.

Baje con cuidado y sin dejarla caer la película superior para evitar que atrape burbujas de aire.

Colocar el dispersor con el lado liso hacia abajo en la película superior sobre el inóculo.

Presione suavemente el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular sin girarlo ni deslizarlo.

Levantar el dispersor. Esperar, por lo menos un minuto a que solidifique el gel.

Incubar las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas por 48 h ± 2 h a 35°C ± 1°C.

Contar las colonias después del periodo de incubación, la colonias de color rojizo corresponden a Coliformes totales y las colonias de color lila y que presentan burbujas corresponden Coliformes fecales o *Escherichia coli*.

Los resultados se expresan en UFC/ mL.

Repetir el procedimiento para cada una de las muestras a analizar.

Finalmente desechar las placas Petrifilm™ utilizadas en una funda roja.

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Análisis físico del agua

Los análisis físicos del agua, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos se realizaron *in situ* con ayuda del equipo HANNA HI 98129.HI 98130, mientras que el color y turbiedad se efectuaron en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, bajo la responsabilidad de la Dra. Gina Álvarez.

3.1.1 Análisis del parámetro turbiedad según muestras analizadas.

Tabla 1-3: Datos estadísticos a partir de valores de turbiedad.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	11,06	14,46	25,52
Promedio	0,79	0,90	0,85
Varianza	0,18	0,15	0,17
Desviación estándar	0,41	0,38	0,40
Máximo	1,93	1,81	1,93
Mínimo	0,17	0,19	0,17

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

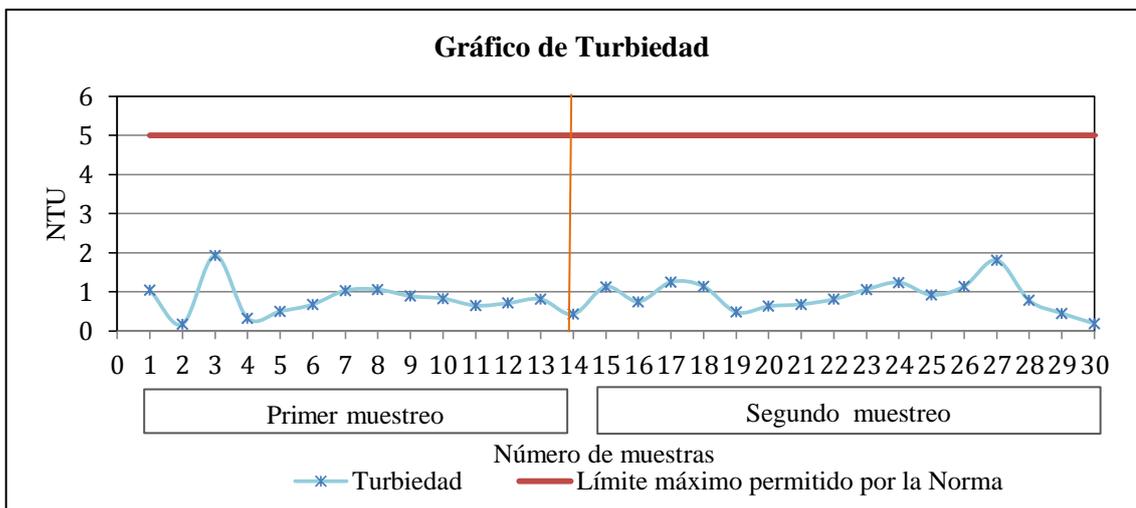


Gráfico 1-3: Dispersión lineal del parámetro Turbiedad.

Relizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 14-3 (Ver Anexo A) presenta todos los resultados obtenidos del parámetro Turbiedad expresada en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez/ Nefelometric Turbidity Unit), durante el período Junio-Julio del 2015 a partir de los dos muestreos efectuados por duplicado. La vertiente fue muestreada una sola vez en el mes de Julio debido al temporal lluvioso que impidió su acceso en el mes de Junio.

Todas las muestras analizadas que corresponden al 100%, se encuentran dentro del límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014; constatando con ello la adecuada calidad del agua en base a este parámetro que proporciona JAAPARY a sus beneficiarios.

Al relacionar los resultados obtenidos con una investigación efectuada en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay por la Bqf. María Velasco, no concuerdan puesto que en dicha investigación los resultados en cuanto a turbiedad no cumplen con la normativa. Los valores que exceden los límites permitidos son los promedios de las muestras de captación del Río Minas e ingreso del caudal a la planta potabilizadora de la parroquia Baños correspondientes a 7.44 y 10.77 NTU respectivamente, indicando en dicha investigación que las partículas en suspensión pueden ser un importante motivo de compromiso para la salud si los metales pesados y productos químicos hidrófobos son absorbidos por ellos.

3.1.2 Análisis del parámetro color según muestras analizadas.

Tabla 2-3: Datos estadísticos a partir de valores de color.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	98,00	134,00	232,00
Promedio	7,00	8,38	7,73
Varianza	3,38	5,85	4,86
Desviación estándar	1,77	2,34	2,21
Máximo	10,00	12,00	12,00
Mínimo	4,00	5,00	4,00

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

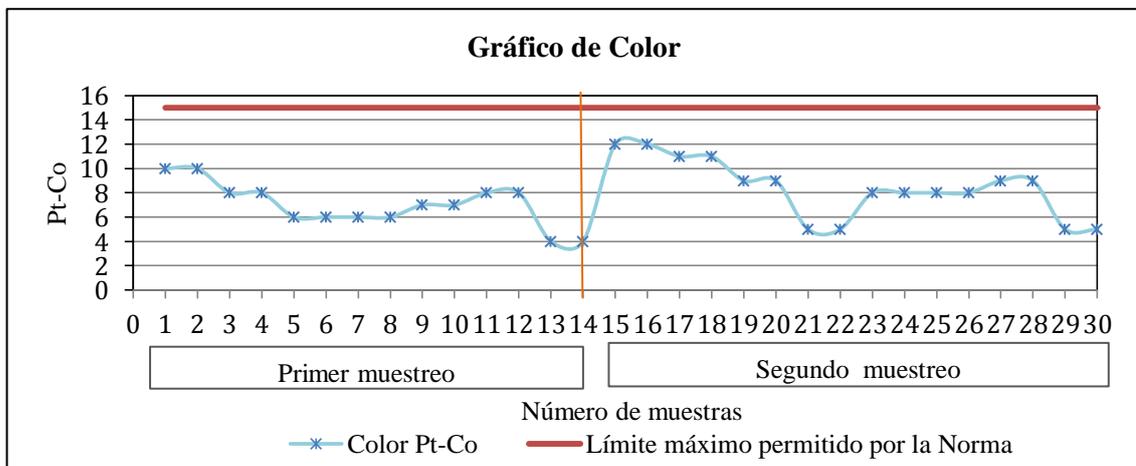


Gráfico 2-3: Dispersión lineal del parámetro Color.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 15-3 (Ver Anexo B) y Gráfico 2-3 denotan todos los resultados obtenidos en las muestras recolectadas durante el período Junio-Julio del 2015 del parámetro color, mismas que se encuentran dentro del límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014; las muestras analizadas presentan valores muy por debajo de los 15 Pt-Co que establece la norma, siendo el valor más alto de 12 Pt-Co correspondiente a la vertiente y el más bajo de 4 Pt-Co perteneciente a la Red Oeste de distribución de agua de JAAPARY.

Estos resultados indican que el agua es de calidad en base a este parámetro ya que cumple con el límite máximo permitido por la norma, lo que indica que el agua de consumo aparentemente estaría libre de contaminantes como iones metálicos naturales (hierro y manganeso), materia orgánica, plancton, humus, bacterias de hierro y azufre, ácido húmico y fúlmico del humo y de desechos industriales que perjudican este parámetro de calidad. (Rodier Jean, 2011)

Cabe destacar que los valores más elevados correspondientes a la vertiente y tanque de almacenamiento podrían deberse a la presencia de algún factor antes mencionado. Sin embargo, en base al estudio efectuado en el páramo de Sachaguayco, cantón Mocha, por el Ing. Olguer León se puede adjudicar que el “elevado” valor obtenido en la vertiente en el parámetro color podría deberse a los niveles elevados de hierro que posee dicha vertiente (12mg/L); aunque para verificar aquello se deberá realizar una determinación de hierro en el agua.

Se relacionó este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay, los cuales no concuerdan ya que los límites máximos permitidos son superados en las muestras del Río Minas y el caudal de entrada a la planta, siendo su promedio de 92.37 y 7.44 Pt-Co respectivamente relacionándose directamente con el parámetro turbidez, a mayor color mayor turbidez.

3.1.3 *Análisis del parámetro conductividad según muestras analizadas.*

Tabla 3-3: Datos estadísticos a partir de valores de conductividad.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	2583	2657	5240
Promedio	184,50	166,06	174,67
Varianza	2120,58	863	1435,02
Desviación estándar	44,37	28,44	37,88
Máximo	287	216	287
Mínimo	146	110	110

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

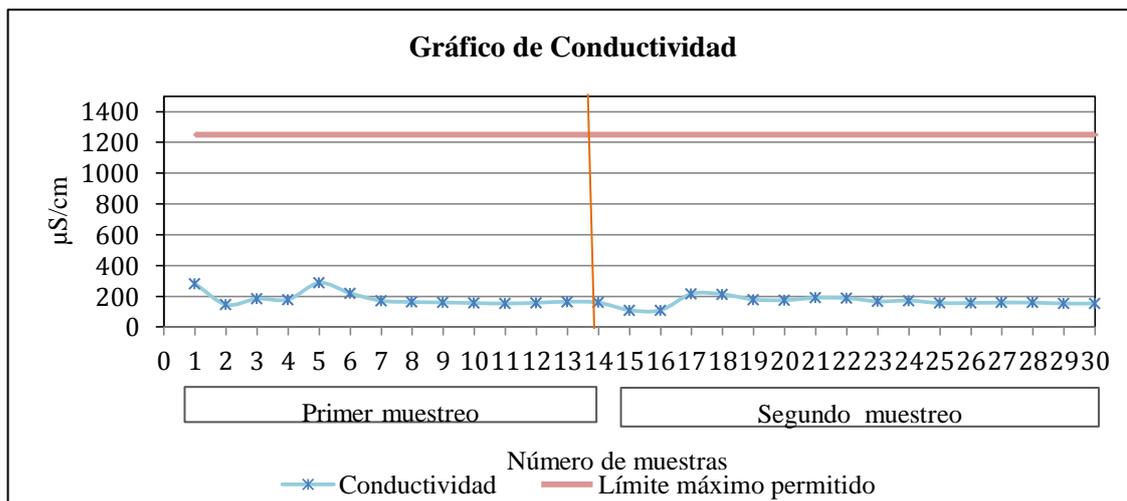


Gráfico 3-3: Dispersión lineal del parámetro Conductividad.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 16-3 (Ver Anexo C) presenta todos los resultados obtenidos del parámetro Conductividad expresada en $\mu\text{S/cm}$ durante el período Junio-Julio del 2015 a partir de dos muestreos efectuados en ocho puntos de muestreo y recolectados por duplicado. Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro del límite permitido por el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, ESPOCH ($<1250 \mu\text{S/cm}$), corroborando con ello, que el agua de consumo proporcionada por la planta potabilizadora de JAAPARY goza de calidad en base a este parámetro.

Según Dorronsoro (2001), indica que con valores de $250 \mu\text{S/cm}$ se trata de una clase de agua excelente, mientras que valores entre 250 y $750 \mu\text{S/cm}$ corresponden a un agua buena. En el caso de la presente investigación, los valores obtenidos de conductividad se encuentran dentro de los valores antes mencionados; siendo la época estacional y/o cambio climático de gran incidencia en la calidad y magnitud de contaminación del agua, pues un agua excelente según Dorronsoro es aquella que se obtiene durante la época lluviosa y un agua buena aquella en época seca.

No obstante, al comparar los resultados obtenidos con un estudio realizado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua por el Ingeniera Bioquímica Tirado Andrea, existe congruencia entre lo manifestado por Dorronsoro y los resultados obtenidos tanto en el estudio efectuado en la ciudad de Ambato como en la presente investigación, pues los resultados corroboran que el cambio climático incide en el aumento o disminución de las concentraciones de conductividad presentando concentraciones más elevadas en la época seca que en la época lluviosa, así $298 \mu\text{S/cm}$ y $247 \mu\text{S/cm}$ del agua de ingreso a la Planta de Tratamiento Casigana de la ciudad de Ambato, respectivamente.

3.1.4 Análisis del parámetro sólidos totales disueltos según muestras analizadas

Tabla 4-3: Datos estadísticos a partir de valores de sólidos totales disueltos.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	1622	1324	2946
Promedio	115,86	82,75	98,20
Varianza	2187,82	313	1377,49
Desviación estándar	45,07	17,14	37,11
Máximo	207	108	207
Mínimo	83	50	50

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

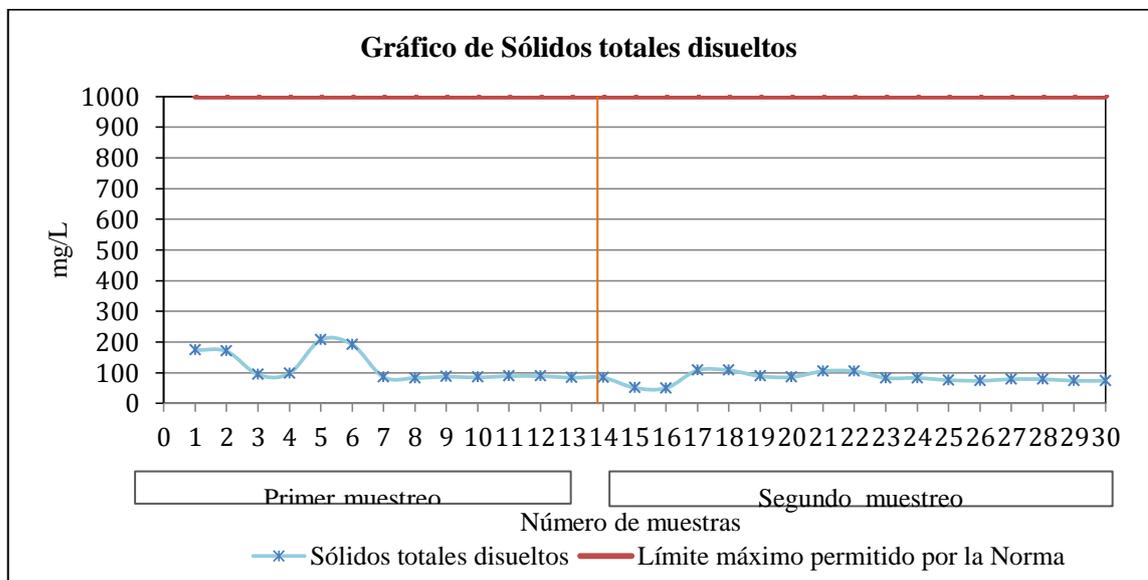


Gráfico 4-3: Dispersión lineal del parámetro Sólidos totales disueltos.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 17-3 (Ver Anexo D) presenta los resultados obtenidos en el análisis de sólidos totales disueltos durante la investigación, mismos que están dentro del límite permitido por la norma NTE INEN 1108:2006, siendo el valor más alto de 207 mg/L y el más bajo de 50 mg/L.

Estos resultados son alentadores, ya que al cumplir con la normativa y correlacionar dichos resultados con los obtenidos en conductividad se ratifica lo expresado por Herrera, 2010, en donde indica que el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración

de sólidos disueltos. La vertiente se muestreó una sola vez por el difícil ascenso que ocasionó el temporal lluvioso de Junio.

Al relacionar este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay, los datos concuerdan ya que no superan los límites máximos, siendo los promedios de 14,5 mg/L, 13,6 mg/L, 16,4 mg/L, y 17,37 mg/L para la captación del Río Minas, caudal del ingreso a la planta, agua tratada y redes domiciliarias, respectivamente, en donde Velasco expresa que el aumento de los valores se debe al aumento de la conductividad y que las sales con STD (Sólidos Totales Disueltos), pueden ser menos agradables para los consumidores y dependiendo de las sales específicas presentes (como sales de magnesio), pueden ocasionar efecto laxante en el consumidor transitorio. Además indica que en el momento en que exista un elevado color en el Agua Cruda, el tratamiento que se debe aplicar es la adición mayor de Sulfato de Aluminio (floculador), lo cual dará como resultado una disminución del color pero un incremento en el valor de los STD (Sólidos Totales Disueltos).

3.1.5 *Análisis del parámetro temperatura según muestras analizadas*

Tabla 5-3: Datos estadísticos a partir de valores de temperatura.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	167	193	361
Promedio	11,94	12,09	12,02
Varianza	9	14	4
Desviación estándar	3	4	0,30
Máximo	17,3	16,8	17,3
Mínimo	7,9	6,6	6,6

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

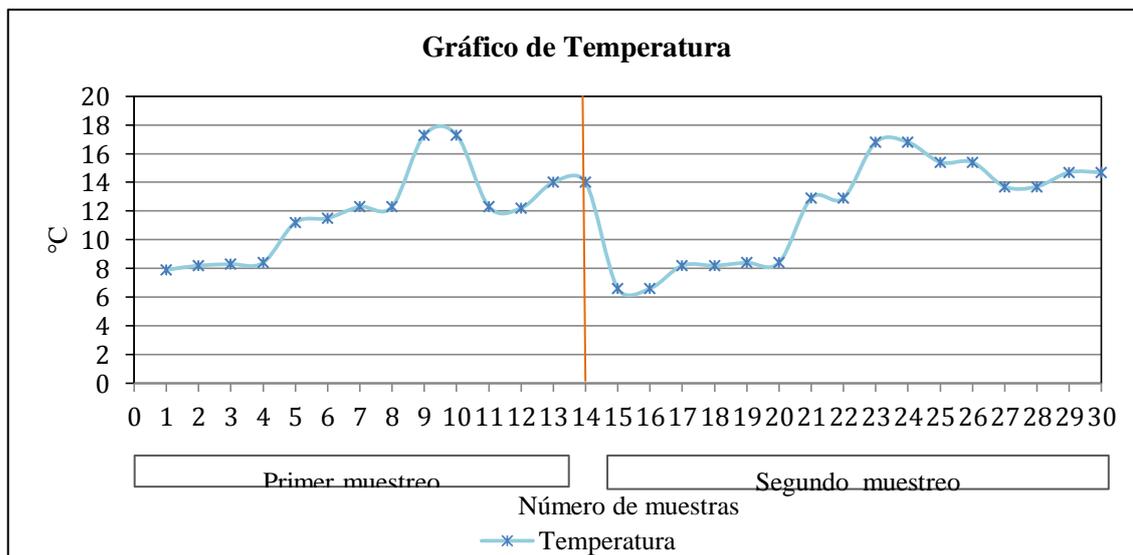


Gráfico 5-3: Dispersión lineal del parámetro Temperatura.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 18-3 (Ver Anexo E) presenta los resultados obtenidos en el análisis de temperatura durante la investigación, los 30 datos obtenidos se encuentra en un rango de 6 a 18°C.

El valor mínimo de 6.6°C corresponde al de la vertiente de Sachaguayco y el valor máximo de 17,3°C pertenece al domicilio de la zona baja de la red de distribución de agua potable de JAAPARY. Dichos valores coordinan tanto con las temperaturas ambientes de dichos lugares, el lugar mismo de la investigación y la hora del muestreo, así, el muestreo efectuado en la vertiente fue a las 9 am y en el domicilio de la zona baja fue alrededor de las 12pm por lo cual la diferencia de temperatura es muy notoria.

Considerando que no existen investigaciones similares a la efectuada en JAAPARY en las cuales denoten valores de temperatura, se pueden comparar los datos obtenidos con el valor más próximo de temperatura ambiente, es decir con el de la ciudad de Ambato cuya temperatura ambiente máxima declarada por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) en el 2008, es de 23,9°C, y en base a ello concuerdan con los resultados de la presente investigación puesto que los mismos no exceden dicho valor.

3.2 Análisis químico del agua.

Los análisis químicos del agua se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con la ayuda técnica de la Dra. Gina Álvarez, a excepción del parámetro pH y cloro libre residual que fueron medidos “*in situ*” con la ayuda de los equipos HANNA HI 98129.HI 981301 y HACH DR 900 respectivamente.

3.2.1 Análisis del parámetro pH según muestras analizadas.

Tabla 6-3: Datos estadísticos a partir de valores de pH.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	98,60	112,36	210,96
Promedio	7,04	7,02	7,03
Varianza	0,03	0,04	0,03
Desviación estándar	0,17	0,18	0,18
Máximo	7,33	7,26	7,33
Mínimo	6,62	6,60	6,60

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

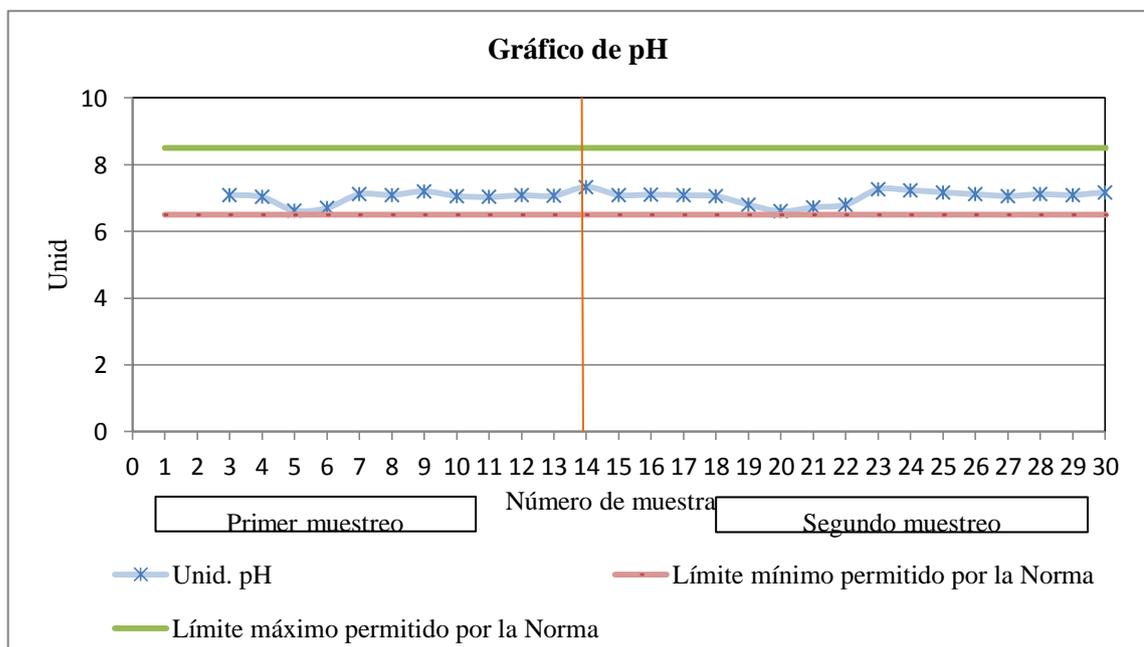


Gráfico 6-3: Dispersión lineal del parámetro pH.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 19-3 (Ver Anexo F) muestra los valores encontrados en los análisis realizados durante el período Junio-Julio del 2015 con respecto al parámetro de pH. De las muestras analizadas todas cumplen con lo permitido por la NTE INEN 1108:2006, de donde el valor más alto fue de 7,33 Unid. pH correspondiente al domicilio G2 y el más bajo de 6,60 Unid. pH perteneciente al tanque de almacenamiento.

Los resultados conseguidos indican que el agua previamente tratada no corroería las tuberías del sistema de distribución de agua de consumo de JAAPARY, ya que a bajos pH aumenta la tasa de corrosión de las tuberías y la tensión de los agentes oxidantes.

Sin embargo, la diferencia en los valores de pH entre las distintas viviendas es bastante llamativa ya que al ir descendiendo en el área geográfica de la red de distribución de agua potable de JAAPARY, éstos van disminuyendo, los domicilios de la Red oeste son los que presentan valores de pH más bajos (7,07 y 7,05) en comparación a las otras redes; éste descenso de pH definitivamente evidencia que en las tuberías existen biopelículas de microorganismos patógenos mismos que son destruidos por el cloro gas utilizado para la desinfección del agua.

Se relacionó este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay, los cuales concuerdan ya que los límites máximos y mínimos permitidos no son superados, reportando promedios de pH de 7,28 en la captación del Río Minas, 7,18 para el caudal que ingresa a la planta, 6,51 para el agua y en las redes domiciliarias de 6,61. El incremento en el valor del pH en las redes domiciliarias, explica Velasco, que se debe a que el cloro comienza a desvanecerse, sin embargo mantiene un valor que no permite el posible crecimiento microbiano para el cual es destinado su uso.

3.2.2 *Análisis del parámetro nitratos según muestras analizadas.*

Tabla 7-3: Datos estadísticos a partir de valores de nitratos.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	0	0	0
Promedio	0,01	0,01	0,01
Varianza	0	0	0
Desviación estándar	0	0	0
Máximo	0,01	0,01	0,01
Mínimo	0,01	0,01	0,01

Realizado por: Laura Ortiz 2015.



Gráfico 7-3: Dispersión lineal del parámetro Nitratos.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 20-3 (Ver Anexo G) recopila todos los resultados obtenidos a partir de las muestras analizadas. Las concentraciones encontradas en las muestras están por debajo del límite máximo permitido, 3,0 mg/ L de nitritos, por la norma NTE INEN 1108:2014.

Los valores obtenidos indican que el agua de consumo goza de calidad en cuanto a su parámetro nitratos, no obstante, es menester mencionar que la vertiente pudo ser muestreada una sola vez durante el mes de Julio.

La vertiente, al estar ubicada en el sector del páramo de Sachaguayco y nutrirse de los deshielos del volcán Carihuairazo no está próxima a tierras destinadas para la agricultura, por esta razón la contaminación por nitratos es poco probable lo cual se constata con los valores obtenidos en todas las muestras.

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 Ing. Yar Brenda.

Sin embargo, al ser Mocha 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.

Una investigación realizada en el municipio de Machiques por Br. Borjas L: en Maracaibo-Venezuela sobre evaluación de aguas subterráneas, superficialmente su suelo era ampliamente utilizado en la agricultura, se encontraron niveles de nitratos entre 0,09 y 4,13 mg/ L, encontrándose dentro de los límites permitidos, sin embargo el análisis se llevó a cabo en época seca, y sería recomendable seguir con el estudio en época lluviosa.

3.2.3 Análisis del parámetro nitritos según muestras analizadas.

Los resultados que se obtuvieron en las 30 muestras analizadas se presentan a continuación.

Tabla 8-3: Datos estadísticos a partir de valores de nitritos.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	0	0	0
Promedio	0,05	0,05	0,05
Varianza	0,00008	0,0004	0,0002
Desviación estándar	0,01	0,02	0,02
Máximo	0,06	0,07	0,07
Mínimo	0,04	0,01	0,01

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

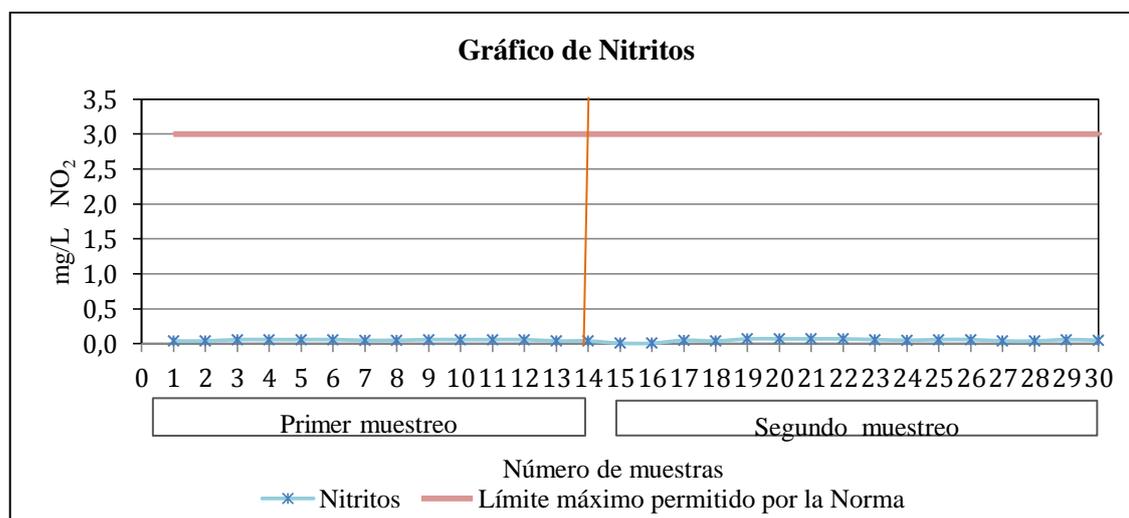


Gráfico 8-3: Dispersión lineal del parámetro Nitritos.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 21-3 (Ver Anexo H) indica los resultados obtenidos en el parámetro nitritos a partir de las muestras analizadas durante el periodo de investigación Junio-Julio 2015, en donde las concentraciones obtenidas están por debajo del límite máximo permitido por la norma NTE INEN 1108:2014, evidenciando así la óptima calidad que posee el agua de consumo de JAAPARY en este parámetro la misma que no posee contaminación por nitrógeno, específicamente por nitritos.

Al comparar nuestros resultados con la investigación realizada en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay concuerdan con los obtenidos en la presente investigación ya que ningún valor excede el límite permitido, siendo sus promedios de 0,0062 mg/L en la captación, 0,0144mg/L en el caudal, 0,0024 mg/L en el agua depurada y 0,0018 mg/L en los domicilios, ante lo cual Velasco indica que su presencia es sinónimo de contaminación fecal de animales de sangre caliente como ganado, aves, etc., incluye también contaminación fecal humana. Se puede observar en el examen microbiológico una mínima presencia de Coliformes Fecales cuando el resultado de los Nitritos es muy bajo; en cambio en presencia de valores elevados de Nitritos y Nitratos se observa un abundante crecimiento de Coliformes Fecales.

3.2.4 Análisis del parámetro fluoruros según muestras analizadas.

Tabla 9-3: Datos estadísticos a partir de valores de fluoruros.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	0	3	3
Promedio	0,21	0,22	0,22
Varianza	0,001	0,004	0,002
Desviación estándar	0,02	0,06	0,06
Máximo	0,25	0,29	0,29
Mínimo	0,18	0,07	0,07

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

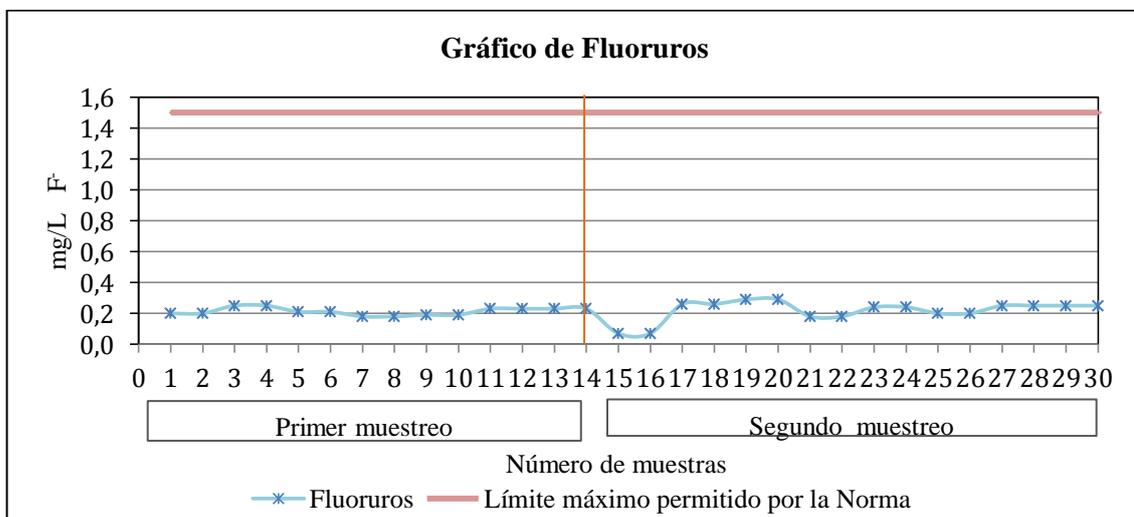


Gráfico 9-3: Dispersión lineal del parámetro Fluoruros.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 22-3 (Ver Anexo I) muestra que todos los resultados obtenidos en las muestras analizadas por duplicado durante los meses de Junio-Julio 2015 con respecto a fluoruros cumplen con las exigencias establecidas en la norma NTE INEN 1108:2014 al no exceder su límite máximo permitido, presentando el agua potable de JAAPARY calidad en cuanto al parámetro fluoruros según las muestras analizadas.

Un estudio realizado en la comunidad de San Jerónimo por el Ing. Mario Mejía en Honduras revela que existe 0.49 mg/L de fluoruro en el agua subterránea destinada a consumo humano, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que están por debajo del límite máximo permitido por la normativa. La presencia de fluoruros es normal en el agua ya que se encuentra distribuido de forma natural por toda la corteza terrestre.

Y, según Romero J. A. 2002 concentraciones bajas de flúor conlleva beneficios para la población, ya que a bajas concentraciones (≤ 1 mg/L) posee la capacidad para prevenir caries dentales, un ejemplo cercano de un agua de consumo que presente esta característica es el agua de la parroquia de San Luis, provincia de Chimborazo.

3.2.5 *Análisis del parámetro cloro libre residual según muestras analizadas.*

Tabla 10-3: Datos estadísticos a partir de valores de cloro libre residual.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	12	12	24
Sumatoria	11	0	11
Promedio	0,96	0,92	0,94
Varianza	0,04	0,03	0,04
Desviación estándar	0,2	0,2	0,2
Máximo	1,26	1,20	1,26
Mínimo	0,66	0,71	0,66

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

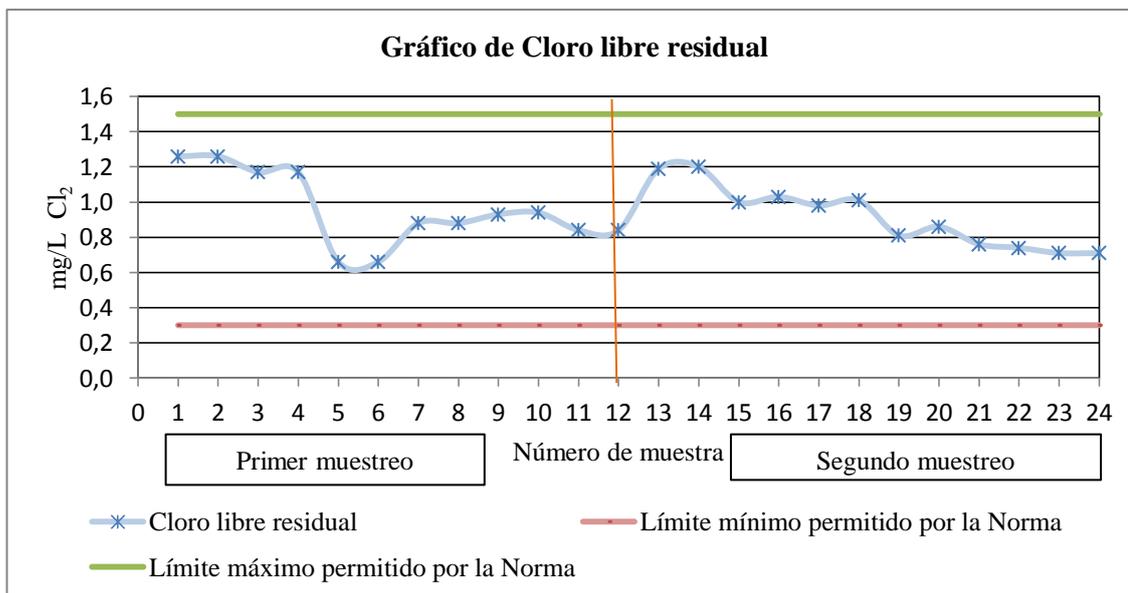


Gráfico 10-3: Dispersión lineal del parámetro Cloro libre residual.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 23-3 (Ver Anexo J) muestra los valores obtenidos de cloro libre residual en las 24 muestras analizadas en doce puntos de muestreo correspondientes a los domicilios de usuarios de JAAPARY durante el período Junio-Julio del 2015.

El 100% de las muestras analizadas cumplen con el rango permitido por la norma NTE INEN 1108:20014, verificando con ello la calidad del agua potable en cuanto a dicho parámetro.

Conforme se realiza la distribución del agua tratada por las redes domiciliarias de JAAPARY, la proporción de cloro libre residual fue disminuyendo pero no desapareció sino que, se mantuvo en el rango permitido por la norma, coadyuvando a evitar la eliminación y proliferación de microorganismos patógenos para la salud de los usuarios.

Los resultados de nuestra investigación se pudieron comparar con el estudio efectuado en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia de Azuay 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 ppm y el valor en las Redes Domiciliarias es de 0.87 ppm, es decir, hubo un incremento en los valores de cloro libre residual en los domicilios de los usuarios caso contrario a lo obtenido en mi investigación. Velasco indica que este incremento se debe en las redes domiciliarias se debe a una falla técnica por parte del lector, 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.

3.2.6 Análisis del parámetro manganeso según muestras analizadas.

Tabla 11-3: Datos estadísticos a partir de valores de manganeso.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	14	16	30
Sumatoria	0	0	0
Promedio	0,03	0,03	0,03
Varianza	0,00002	0,00001	0,00001
Desviación estándar	0,005	0,003	0,003
Máximo	0,03	0,03	0,03
Mínimo	0,02	0,02	0,02

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

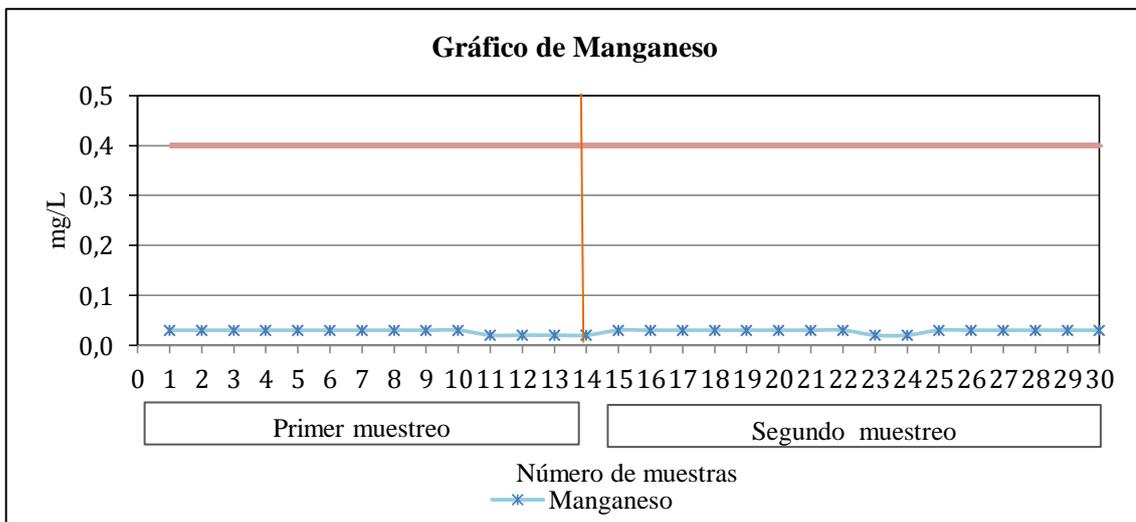


Gráfico 11-3: Dispersión lineal del parámetro Manganeseo.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

La Tabla 24-3 (Ver Anexo K) indica que de todas las muestras analizadas en cuanto al parámetro manganeso, ninguna está por encima del límite máximo permitido, por tanto el 100% de las muestras analizadas cumplen con lo permitido por la norma, confirmando con ello la calidad del agua de consumo humano de JAAPARY en base al parámetro manganeso analizado. Así en un estudio realizado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua por la Ingeniera Bioquímica Tirado Andrea revela que en el agua que llega a la Planta de Tratamiento Casigana

los niveles de manganeso siempre fueron cero durante todo el tiempo de estudio, valores que al corroborar con los obtenidos en la presente investigación concuerdan al cumplir con el límite máximo permitido por la norma NTE INEN 1108:2011.

Por tanto, al obtener niveles tan bajos de manganeso se puede adjudicar que el agua tanto de la vertiente de Sachaguayco como de los domicilios de los usuarios de JAAPARY no presentaría sabores ni olores desagradables originados por elevadas concentraciones de manganeso en el líquido vital.

Además el agua tratada aparentemente evidencia ser no dañina para las tuberías de las redes de distribución del agua ya que no presenta cantidades significativas en cuanto a sustancias inorgánicas e iones presente en la misma que puedan corroer la tubería o servir de nutriente para la proliferación de posibles microorganismos existentes en el sistema de distribución.

3.3 Análisis microbiológico del agua.

El análisis microbiológico del agua se realizó en el Laboratorio de Análisis Clínicos y Bacteriológicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias y se contó con la ayuda técnica de la Dra. Sandra Escobar.

Tabla 12-3: Datos estadísticos a partir del conteo de Coliformes fecales.

TABLA ESTADÍSTICA			
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREOS EN CONJUNTO
Número de muestras	34	32	66
Sumatoria	38	34	72
Promedio	1,1	1,1	1,1
Varianza	4,3	3,7	3,9
Desviación estándar	2,1	1,9	2,0
Máximo	6	6	6
Mínimo	0	0	0

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

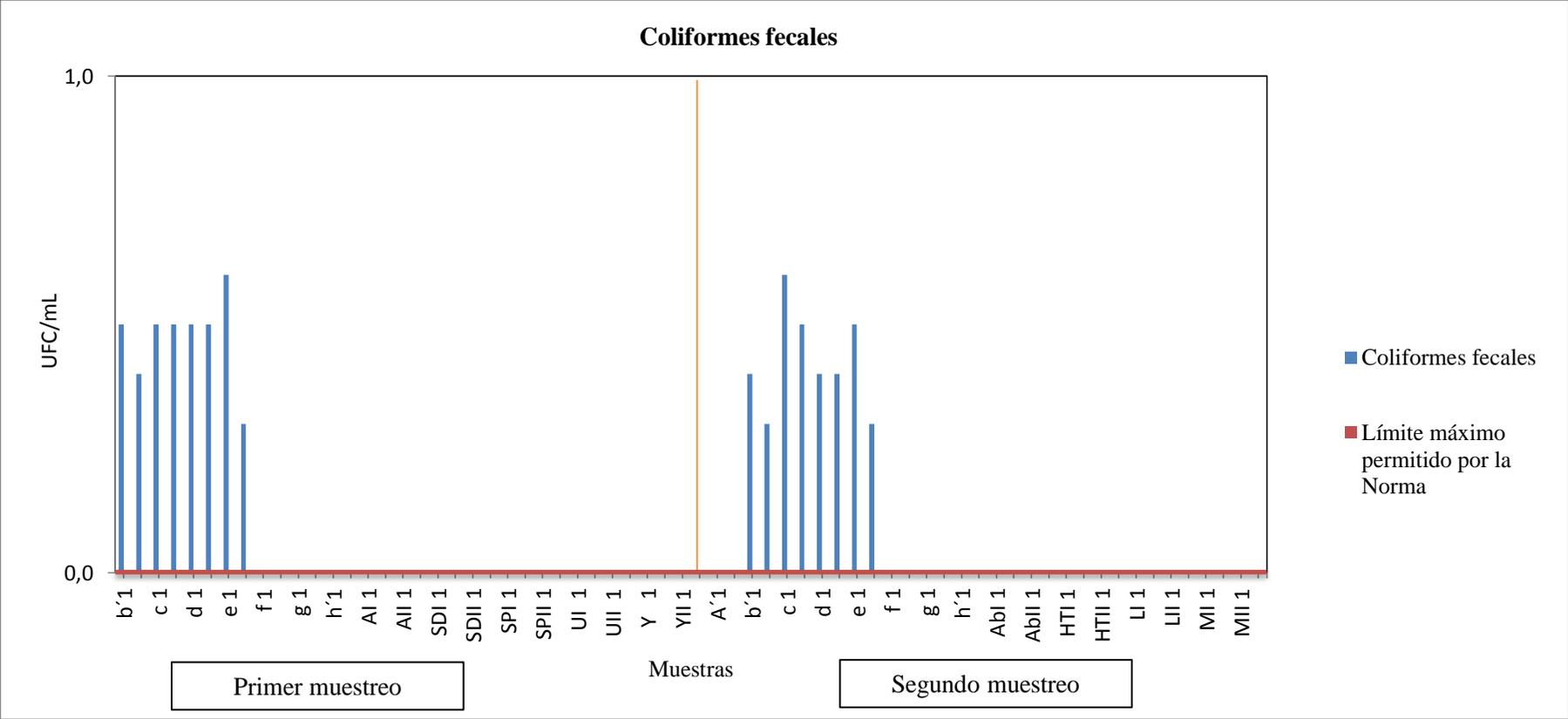


Gráfico 12-3: Dispersión lineal del parámetro Coliformes fecales.

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Tabla 13-3: Porcentajes de aceptación y rechazo de muestras a partir de Coliformes fecales según la norma NTE INEN 1108:2014. Quinta revisión. Agua potable. Requisitos.

COLIFORMES FECALES [UFC/ mL]				
	Sitios de muestreo	Referencia	Número de muestras	%
Antes del tratamiento convencional	T. almacenamiento. T. distribuidor. Prefiltros #1 y # 2.	<1 UFC/mL dentro del límite máximo permitido	0	0
	Sedimentador. Filtro.	>1 UFC/mL fuera del límite máximo permitido	16	24,24
Después del tratamiento convencional	Agua Depurada. Redes	<1 UFC/mL dentro del límite máximo permitido	50	75,76
	Domiciliarias.	>1 UFC/mL fuera del límite máximo permitido	0	0
Total			66	100

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

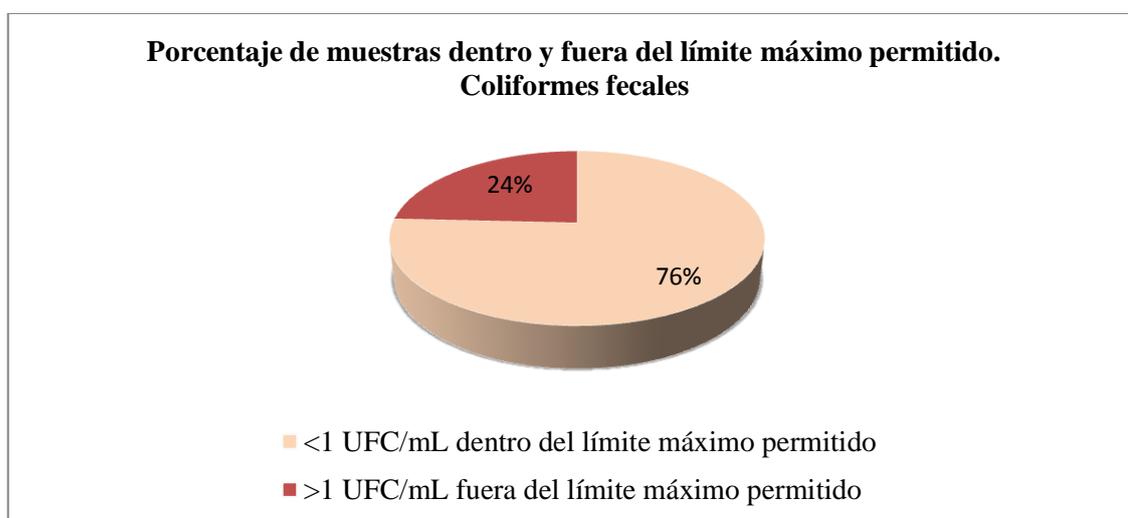


Gráfico 13-3: Porcentaje según el límite máximo permitido para Coliformes fecales.

Realizado por: Laura Ortiz 2015

La Tabla 25-3 (Ver Anexo L) indica el conteo microbiológico en cuanto a Coliformes fecales efectuado a las 66 muestras analizadas en puntos de muestreo específicos, de las cuales las

muestras provenientes de la vertiente, agua depurada y domicilios de los usuarios de JAAPARY no evidenciaron crecimiento bacteriano, cumpliendo con lo exigido por la NTE INEN 1108:2014 que demanda ausencia absoluta de colonias (*E. coli*) en las muestras estudiadas.

Las muestras que presentaron ausencia absoluta de Coliformes fecales representan el 75,76% del total de las muestras analizadas corroborando la seguridad, inocuidad y calidad microbiológica del agua de consumo de JAAPARY, cantón Mocha.

Las placas 3M Petrifilm™ EC utilizadas para desarrollar la presente investigación fueron selectivas tanto para Coliformes fecales como para Coliformes totales de donde se puede deducir que, en la vertiente, agua tratada y agua de los domicilios hubo ausencia absoluta de estos microorganismos a diferencia de los tanques de almacenamiento, distribución y los prefiltros uno y dos donde hubo crecimiento de estos microorganismos, tanto en el primer como segundo muestreo.

El agua conducida desde la vertiente hacia la planta de tratamiento a través de tuberías obsoletas que poseen perforaciones, provocan contaminación fecal del agua por la presencia de animales de sangre caliente en el páramo de Sachaguayco y por las deposiciones de los animales de pastoreo del caserío Atillo, por donde pasan las tuberías que trasladan el agua, siendo inevitable la contaminación fecal más aún en época lluviosa donde las precipitaciones elevan el riesgo de contaminación.

Así, durante el primer muestreo efectuado el 11 de Junio del 2015 durante el temporal lluvioso, la presencia de Coliformes fecales en las muestras analizadas fue mayor al segundo muestreo realizado el 9 de Julio de 2015.

El muestreo a la vertiente sólo se efectuó en el mes de Julio, debido a las rigurosas condiciones climáticas que se trasponían en el mes de Junio y a los constantes derrumbes en el sector de Atillo, que impidieron ascender hasta la vertiente.

Cabe mencionar que, los tanques de almacenamiento y distribuidor, no son herméticamente sellados, no poseen cubierta ni tapa alguna que los proteja, lo que facilita el ingreso de insectos y desechos sólidos al agua. Los tanques mencionados y prefiltros están contruidos de bloque y cemento en cuyo interior carecen de algún tipo de material que facilite su limpieza y la visualización de posibles macro-contaminaciones.

No obstante, y pese a ello las impurezas adheridas a las paredes de dichos tanques (tierra, insectos, algas) fueron fácilmente observadas.

Un estudio realizado en San Diego, estado Carabobo, Venezuela, por el profesor de Microbiología Alfieri y colaboradores, revela que mediante el método de siembra en placas 3M Petrifilm™, tres muestras (13%) presentaron recuentos menores de 10 UFC/mL para coliformes totales para la marca de agua potable A, y siete (47%) para la marca B y que ninguna muestra presentó coliformes fecales. Con respecto al recuento de los grupos coliformes totales, el 87% de las muestras de la marca A presentaron recuentos mayores a 10 UFC/mL por el

método rápido de siembra en placas Petrifilm™ y 53% de la marca B presentaron recuentos fuera de especificaciones. Además catorce (14) muestras de agua potable (93%) de la marca B, presentaron recuentos microbiológicos mayores de 10 UFC/mL para aerobios mesófilos por el método Petrifilm™, mientras que para la marca A todas las muestras (100%) presentaron recuentos mayores de 10 UFC/mL, por el mismo método de siembra. Es decir, en lo relativo a Coliformes totales y fecales nuestra investigación concuerda con la efectuada en Carabobo, ya que no existe presencia de Coliformes fecales y la presencia de Coliformes totales en mínima, sin embargo cabe destacar que al efectuar la depuración del agua en la planta de tratamiento de JAAPARY se eliminan estos microorganismos patógenos, evidenciándose esto con los análisis microbiológicos negativos que dieron en los domicilios de los usuarios.

CONCLUSIONES

1. Con los datos obtenidos en la investigación se evidencia contaminación en el agua proveniente de la vertiente de Sachaguayco en cuatro puntos de muestreo antes del tratamiento convencional (tanque de almacenamiento, tanque distribuidor, prefiltros uno y dos), existiendo en las muestras correspondientes a dichos puntos de muestreo crecimiento bacteriano (Coliformes fecales), lo cual se debe a la ausencia de cubiertas que protejan el ojo de agua y a la tubería obsoleta que contiene filtraciones y mediante la cual se conduce el agua desde la vertiente hasta la planta potabilizadora de JAAPARY.
2. Con el presente trabajo de investigación, se concluye que todos los valores obtenidos en los parámetros físico-químicos de turbiedad, color, conductividad, sólidos totales disueltos, pH, nitratos, nitritos, manganeso, fluoruros, cloro libre residual y parámetros microbiológicos están dentro de los límites permitidos por la norma NTE INEN 1108, informando de que en estos parámetros el agua de consumo humano proporcionada por la Junta de Administración de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco goza de una adecuada calidad física, química y microbiológica, siendo por tanto apta para su consumo.
3. El desinfectante utilizado durante la depuración del agua en la planta potabilizadora de JAAPARY es 100% efectivo, ya que durante el periodo de análisis eliminó e impidió el desarrollo y reproducción de Coliformes, por lo cual se asume que el cloro gas utilizado debe poseer una concentración de cloro activo del 99,99%.
4. El agua que ingieren los 25 mil usuarios de JAAPARY es inocua, de manera que la población está ingiriendo un agua segura y de calidad que da cumplimiento a la norma NTE INEN 1108 y al objetivo número 3 del Plan Nacional para el Buen Vivir <<Mejorar la Calidad de Vida de la Población>>, y, al disminuir con el tratamiento convencional de JAAPARY valores de parámetros que pueden representar puntos críticos de seguridad e inocuidad y, ser *entes* transmisores o generadores de enfermedades, cumple con su función de manera eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer una estructura que proteja el ojo del agua de contaminaciones fecales por parte de animales de sangre caliente presentes en el campo abierto.
2. Se recomienda mejorar el mantenimiento e infraestructura del tanque de almacenamiento, ubicado en el sector de Atillo, estableciendo períodos de limpieza y desinfección del mismo y de sus alrededores, así como también la desinfección de los prefiltros.
3. Se recomienda ejecutar análisis físicos, químicos y microbiológicos de todo el sistema de red de agua potable un mínimo de tres veces a la semana.
4. Se recomienda efectuar un análisis parasitológico de protozoarios y metazoarios, en el agua de consumo de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco, por la presencia de heces de animales que contaminan el agua proveniente de la vertiente.
5. Se recomienda hacer los análisis de cloro libre residual en las redes domiciliarias de JAAPARY todos los días para determinar las concentraciones del mismo y verificar con ello que sus valores se encuentren dentro de los límites permitidos para evitar posibles contaminaciones si existe un cloro libre residual menor a 0,3 mg/L, o posibles casos clínicos de toxicidad relacionados con el cloro debido a un exceso de cloro residual (superior a 1,5 mg/L), con lo cual se pretende garantizar la seguridad en la salud de los usuarios de JAAPARY.
6. Capacitar a los operadores en el manejo de equipos para la determinación de cloro libre residual y análisis físico-químicos y bacteriológicos.
7. Realizar un control de mantenimiento permanente de tuberías, floculadores, sedimentadores, tanque de almacenamiento y redes de distribución, con el fin de garantizar las condiciones de potabilización realizadas en la planta de JAAPARY, hasta la llegada a los inmuebles de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

AFFUM, Adomako., et.al. Total coliforms, arsenic and cadmium exposure through drinking water in the Western Region of Ghana: application of multivariate statistical technique to groundwater quality. PubMed. Vol. 187(3). 2015. Ghana. pp. 1017-1048.

APHA, AWWA, WPCF., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., 14th ed., Washington-USA., p 1193.

AQUAQUÍMICA., 1995.

ARCOS, Mireya. Indicadores microbiológicos de la contaminación de fuentes de agua. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Vol. 3(4). 2005. Colombia. pp. 69-78.

ARBOLEDA., J., Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3a.ed., Bogotá-Colombia., Editorial Mc. Graw Hill., 2000., pp. 205-234.

ARIZABALO, R. & DÍAZ, G. La contaminación del agua subterránea y su transporte en medios porosos. 1ªed. México DF- México. UNAM. pp. 10-14.

AZNAR, A. et al., Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales. “Álvaro Alonso Barba”. Revista Gestión Ambiental. Vol. 2(23), 2000., pp. 12-19

BENÍTEZ, B. & ÁVILA, A., Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela. Redalyc. Vol 13(1). 2013. Caracas-Venezuela. pp. 16-22.

BIAGI, F., Enfermedades parasitarias., 1ª ed., Editorial Prensa Médica Mexicana (ME), 2000., p 392.

BIAGI, F., Enfermedades parasitarias., 3ª ed., Editorial Manual Moderno, EL (ME), 2004., p 416.

BORJAS, L. & DE LUQUE, M., Estudio Hidrológico de la Cuanca del Río Apon hasta la estación Hacienda El Capitán., (TESIS)., Ingeniero Civil., Universidad Rafael Urdaneta., Facultad de Ingeniería., Escuela de Ingeniería Civil., Maracaibo-Venezuela., 2004., pp 80-88.

HEYMANN, DL., Typhoid fever. Paratyphoid fever., Editor., Control of Communicable Diseases Manual., 19ª ed., Washington-EE.UU., American Public Health Association, 2008. p.664-671.

CABALLERO, J., Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desechos. Incluyendo sedimento bentales. 11ª ed., Editorial Interamericana., 1988., p 96.

CEPIS, Manual para Desinfección del Agua a Nivel de Vivienda Rural., 2003
<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/repind55/mades/manu.html>

CYTED., Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Capítulo 13., (2004., pp 155-167.

COHN, P. D., M. COX, AND P. S. BERGER., Health and a esthetic aspects of water quality., In: Letterman, R. D. (ed.). Water quality and treatment. A Handbook of community water supplies. American Water Works Association., New York-USA., McGraw-Hill., 1999., pp. 1-86.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR., Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua., Segundo suplemento., Registro Oficial N° 305., Art. 318.

CORCHO., F., Acueductos: Teoría y Diseño., 3a.ed., Medellín-Colombia., Editorial Universidad de Medellín., 2005., pp 181-210.

COTO & SANCHEZ., Abastecimiento de Agua en Costa Rica” Monografía., Agua limpia con Energía Limpia., Programa CYTED., Red Iberoamericana de electrificación rural (RIER)., 1998.

COTO, J. , Efecto de los sólidos sedimentables en la desinfección de aguas por exposición a la radiación solar. I Jornadas Iberoamericanas de Energías Renovables. Producción de agua potable para pequeños grupos humanos., CYTED. Subprograma VI Nuevas Fuentes y Uso Racional de la Energía., 1999.

CLOROSUR ., Manual del Cloro., Adaptación de “The Chlorine Manual., 6a ed., January 1997”, Chlorine Institute, Inc., 2004., pp 1-47.

CHÁVEZ A. et al., Hidroquímica de las aguas superficiales de la ciénega de Chapala e índice de calidad de agua Terra Latinoamericana., Vol. 29, núm. 1, enero-marzo, 2011., Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo., A.C. Chapingo-México., pp. 83-94.

CRITES R., & TCHOBANOGLIOUS G., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones., Santafé-Bogotá., Editorial Mc Graw-Hill., 2000., pp 79,84.

DECRETO EJECUTIVO NÚMERO 1088., Registro oficial 15 de mayo del 2008., Creación de la Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.

DORRONSORO, C., Contaminación de suelos por sales solubles. 2001.
http://www.fcca.es/static_media/file_uploads/Salinidad_del_agua_de_riego1.pdf

GUANANGA, A., Optimización de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Cevallos., (TESIS)., Ingeniero Químico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ingeniería Química., Riobamba-Ecuador., 2013., pp 3-14.

GUÍA DE INTERPRETACIÓN PLACAS 3M PETRIFILM™ PARA RECuento DE *E. coli/Coliformes*

http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Petrifilm_guias.pdf

2015-07-15

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos. Quito-Ecuador. 2014. pp. 1-6.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2006. Agua Potable. Requisitos. Quito-Ecuador. 2014. pp. 1-5.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011. Agua Potable. Requisitos. Quito-Ecuador. 2014. pp. 1-5.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para examen microbiológico. Quito-Ecuador. 2012. pp. 1-4.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Quito-Ecuador. 2013. pp. 1-8.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Quito-Ecuador. 2013. pp. 1-10.

FIALLOS, Liliana. INNOVACIÓN BIOLÓGICA PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS EN LA ESTACIÓN “EL PERAL”, EMAPA-AMBATO. Tesis de Ingeniera Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. 2000. pp 24-30.

HERRERA, N. 2010. Determinación de sólidos en todas las formas. Manejo y Calidad de Aguas. Practica 1.Unidad Guasave. pp 67

GIL, J. Recursos hidrogeológicos [en línea]. 2011. [Consulta: 4 junio 2015].
Disponible en: <http://gea.ciens.ucv.ve/geoquimi/hidro/wp-content/uploads/2011/07/recursos.pdf>

GONZÁLEZ, A., et. al. 1999. “Evaluación de tecnologías alternativas tanto para el tratamiento y desinfección del agua de consumo como para el tratamiento de excretas y aguas residuales en pequeñas localidades de la frontera norte”, Informe fina para Fundación México Estados Unidos para la Ciencia, A. C., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, p 115-119.

INGRAHAM, J. et. al., Introduction to Microbiology, wads worth Publishing, Belmont, C A., Washington- EE.UU, 1945., pp 198-233.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICAS Y CENSO. Morbilidad general [en línea]. 2013. [Consulta: 13 de Julio de 2015].

Disponibile en: <http://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/VDatos-war/paginas/visualizador.xhtml>

KEMMER., F., Manual del Agua: su naturaleza tratamiento y aplicaciones., Tomo 3., México-México., Editorial Mc Graw-Hill., 1990., pp 84.

LAMBERT, H. et al., Vibrio cholerae Gram Negative, Bacterium, Cholera, Flagellum, Vibrio., Editorial betascript publishing., Vol. 64., Whashington-EE.UU., 2010., pp 88.

LEÓN, O., Valoración del almacenamiento de agua y carbono entre las zonas intervenidas y no intervenidas de los humedales del páramo de Sachahuayco del cantón Mocha., Universidad Técnica de Ambato., Facultad de Ciencias Agropecuarias., Dirección de Posgrado., Magister en Agroecología y Ambiente., Ambato-Ecuador., 2014., pp 10, 11, 68-70.

LEY DE AGUAS., Registro Oficial 339 de 20-may-2004.

LEYTÁN, K., Creación de una planta de tratamiento de agua para el Consumo humano en el departamento de Chiquimula., (TESIS)., Ingeniera Industrial., Universidad de San Carlos Guatemala., Facultad de Ingeniería., Escuela de Ingeniería Industrial., Chiquimula-Guatemala., 2012., pp. 1-14.

LIDE, D., & WEAST, R., Handbook of Chemistry and Physics., 66th., Whashington-EE.UU., Editorial Amazonas.,1985., pp 56-286.

LÓPEZ, J., & MORENO, N., Calidad Química y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España., Madrid-España., Editorial ITG., **1996.**, pp. 8-10.

LIZARAZU, J., Microbiología. Colegio La Anunciata Ikastetxea., 4ª ed., 2009.

MARTÍNEZ, A., Las amibas enemigos invisibles., 1a ed., México, D.F.-México. Editorial Fondo de Cultura Económica., 2003., p 103.

MARCHAND, J., Tratamiento del agua [en línea]. 2010. [Consulta: 2 mayo 2015].
Disponibile en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/809/1/marchand_pe.pdf

MEJÍA, M., Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras., (TESIS)., Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas., Escuela de Postgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agrícola., Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza., Turrialba-Costa Rica, 2005., pp 63-67.

MINISTERIO DEL AMBIENTE., Programa Socio Bosque., 2010-2015.

MONDACA M & CAMPOS V., Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. 2015. p.157, 159, 160.

MONJE, Julián; & RIVAS, Marta. Biología general. 1ªed. San José-Costa Rica. Universidad Estatal San José. 2002. pp. 55-56.

MUÑOZ, J., Aguas minerales del Ecuador y nociones de hidrología general: estudio histórico-crítico y químico de las fuentes hidrominerales ecuatorianas, con sus aplicaciones medicinales y su relación con el turismo., Quito-Ecuador. Editorial Tall. Gráf. Nacionales., 1949., pp.116-256.

MURRAY P. et al., Microbiología Medica., 6ta ed., Madrid-España., Editorial Elsevier., 2009.

ORELLANA, J. Características del agua potable [en línea]. 2005. [Consulta: 10 junio 2015].
Disponible en:
www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., Guías para la calidad del agua potable. 3ª ed., 2008. pp. 232-235.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., Estrategias para la gestión sin riesgos del agua potable para el consumo., 2011.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., Guías para la calidad del agua potable, Volumen VI. Recomendaciones, 1995, págs. 8 – 25.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD/ AGENCIA DE NACIONES UNIDAS., Informe final de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) sobre agua y saneamiento., 2015.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., Agua Saneamiento y salud (ASS), Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud., 2015.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD/ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., La desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales. (Serie Ambiental No.3) Washington DC-EE.UU., 1993, págs.12-30.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD/ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD., Guías para la selección y aplicación de tecnologías desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América latina y el Caribe. Washington DC. 1995, págs. 21 – 90.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE., Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano., Lima-Perú., 2002., pp 1-64, 149-164, 277-334.

OROZCO C, et al., Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Tercera Edición. Editorial Thompson., Madrid –España., 2005.,pp 281-287.

PACHECO, J., & PÉREZ, R. Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. Ingeniería. Vol. 8(2). 2004. México. pp. 165-179.

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

RAMIREZ, F. Tratamiento del agua [en línea]. 2015. [Consulta: 22 mayo 2015]
Disponible en: http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm

RAMOS, P.; & MÁRQUEZ, C. (2002). Avances en calidad ambiental. Salamanca. Barcelona-España. pp. 585-587.

RAMOS, R. & VILLALOBOS, F., El agua en el medio ambiente muestreo y análisis. 1ªed. D.F. México-México. Plaza y Valdez. 2003. pp. 25-24.

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.

REINA, A., Evaluación de la Calidad de Agua en la Microcuenca del Río Bejuco mediante la aplicación de indicadores Físico-químicos y Microbiológicos., (TESIS)., Ingeniera en Medio Ambiente., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “MANUEL FÉLIX LÓPEZ”., Carrera de Medio Ambiente., Manabí-Ecuador., 2013., pp 6-16.

RED NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA., CIBERESP., ISCIII., Informe sobre la situación de la Fiebre tifoidea en España., Madrid-España., 2014.

RED IBEROAMERICANA DE POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN DEL AGUA., Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas., Capítulo 8 POTABILIZACIÓN DE AGUA: LA SITUACIÓN Y EXPERIENCIA EN COSTA RICA ., 2015., pp 85-107.

REGISTRO OFICIAL 15 DE MAYO DEL 2008., Creación de la Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.

RODIER J. et al., Análisis del agua. 9ª ed., Barcelona-España., Editorial Omega ISBN., 2010, pp 108-256, 1539.

ROMERO., J., Calidad del agua., 3a.ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., pp. 74-98, 273-302

ROMERO, J., Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño. 2a ed., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá-Colombia, 2004., pp. 50-58, 62-65

ROMERO., J., Purificación del agua., 3a.ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002., pp. 29-50, 119, 122, 291, 292,

ROSENTHAL, K. & TAN, M., Rapid Review Microbiology and Immunology., 3a ed., Editorial Mosby-Elsevier., 2011., p326.

RUSSELL, Davis. 1943. Tratamiento de aguas residuales: Un enfoque práctico; versión española traducida por Jord Bonet y José López. Barcelona-España., Editorial Reverté., 2012., pp 2-4, 15-26, 135-146, 717.

SADZAWKA, A., Método de Análisis de Aguas para Riego., Instituto de Investigaciones Agropecuarias., Centro Regional de Investigación La Platina., Santiago de Chile-Chile., Serie actas INIA N° 37., 2006., pp 3-294.

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.

SÁNCHEZ, N., Alternativas de desinfección del agua. Reporte Técnico de Vigilancia. 2(5) 1997 <http://www.infomed.sld.cu/instituciones/uats/uats/RTV/rtv0597.htm>

SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO., Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017., Objetivos para el Buen Vivir., Tomo 1., 2015.

SÚAREZ, Esther. Acuíferos semiconfinados y su modelación: aplicaciones al acuífero de la zona metropolitana de la ciudad de México. (Tesis). (Magister en Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias de la tierra. México-México. 2010. pp. 11-15.

SUÁREZ, Maritza. Consideraciones sobre el control sanitario de los fangos medicinales o peloides. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 44(3). 2006. Cuba. p.53

TACURI, J & VINTIMILLA, O., Control Microbiológico y Físico-químico del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel., (TESIS)., Bioquímico Farmacéutico., Universidad de Cuenca., Facultad de Ciencias Químicas., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Cuenca-Ecuador., 2012., pp 16-32, 39-72.

TIRADO, A., Caracterización Físicoquímica y Microbiológica de la calidad de agua que accede a la Planta de Tratamiento Casigana EP EMAPA-A y Estrategias para evitar su contaminación., (Tesis) Ing. Bioquímica., Universidad Técnica de Ambato., Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos., Carrera de Ingeniería Bioquímica., Ambato-Ecuador., 2013., pp 24-37, 60-62.

TRUJILLO, S., Química general e inorgánica. Riobamba-Ecuador., Editorial FanJa Digital., 2008., p 14.

TRUJILLO, A., Principios básicos de calidad y tratamiento de agua potable. 1ª ed., Editorial Universidad de Caldas., 2007., pp 26-33.

TCHOBANOGLIOUS, G. & SCHOROEDER E. Water Quality: Characteristics, Modeling, Modification, Addison-Wesley., Reading., MA., 1985., pp2-5.

VALIENTE, Carmen. & MORA, Darner. El papel del agua para consumo humano en los brotes de diarrea reportados en el período 1999 - 2001 en Costa Rica. Revista Costarricense de Salud Pública. Vol 11(20). 2002. Costa Rica. pp. 1409-1429.

VELASCO, M. & AUCAPIÑA, L., ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BAÑOS., (TESIS)., Bioquímicas Farmacéuticas., Universidad de Cuenca., Facultad de Ciencias Químicas., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Cuenca-Ecuador., 2011., pp 117-133.

VENDRELL, M; & TORRES, P. Estudio de microorganismos patógenos en la fuente termal de O Tinteiro en Ourense. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol. 2(2). México. pp. 92-95.

VINCENT, Paul. El cuerpo humano. 1ªed. Barcelona-España. Reverté. 1981. pp. 3-5.

VOET, Donald; & PRATT, Charlotte. Fundamentos de bioquímica. 2ªed. Madrid-España. Medica panamericana. 2007. pp. 23-24.

YAR, B. & REASCOS, B., 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 Renovables., Universidad Técnica del Norte., Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales., Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales R., Ibarra-Ecuador., 2010., pp 22, 84-112.

ANEXOS

Anexo A. Tabla 14-3: Resultados de turbiedad de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	TURBIEDAD NTU	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, NTU
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	5
	Vertiente A 2	-	5
	T. almacenamiento b 1	1,05	5
	T. almacenamiento b 2	0,17	5
	Agua Depurada h 1	1,93	5
	Agua Depurada h 2	0,33	5
	Domicilio D 1	0,50	5
	Domicilio D 2	0,68	5
	Domicilio E 1	1,03	5
	Domicilio E 2	1,06	5
	Domicilio F 1	0,89	5
	Domicilio F 2	0,83	5
	Domicilio G 1	0,65	5
	Domicilio G 2	0,71	5
	Domicilio H 1	0,81	5
Domicilio H 2	0,43	5	
Segundo muestreo	Vertiente A 1	1,13	5
	Vertiente A 2	0,75	5
	T. almacenamiento b 1	1,25	5
	T. almacenamiento b 2	1,14	5
	Agua Depurada h 1	0,48	5
	Agua Depurada h 2	0,63	5
	Domicilio D 1	0,68	5
	Domicilio D 2	0,81	5
	Domicilio E 1	1,06	5
	Domicilio E 2	1,24	5
	Domicilio F 1	0,92	5
	Domicilio F 2	1,14	5
	Domicilio G 1	1,81	5
	Domicilio G 2	0,78	5
	Domicilio H 1	0,45	5

	Domicilio H 2	0,19	5
--	---------------	------	---

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo B. Tabla 15-3: Resultados de color de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	COLOR Pt-Co	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, Pt-Co
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	15
	Vertiente A 2	-	15
	T. almacenamiento b 1	10	15
	T. almacenamiento b 2	10	15
	Agua Depurada h 1	8	15
	Agua Depurada h 2	8	15
	Domicilio D 1	6	15
	Domicilio D 2	6	15
	Domicilio E 1	6	15
	Domicilio E 2	6	15
	Domicilio F 1	7	15
	Domicilio F 2	7	15
	Domicilio G 1	8	15
	Domicilio G 2	8	15
	Domicilio H 1	4	15
Domicilio H 2	4	15	
Segundo muestreo	Vertiente A 1	12	15
	Vertiente A 2	12	15
	T. almacenamiento b 1	11	15
	T. almacenamiento b 2	11	15
	Agua Depurada h 1	9	15
	Agua Depurada h 2	9	15
	Domicilio D 1	5	15
	Domicilio D 2	5	15
	Domicilio E 1	8	15
	Domicilio E 2	8	15
	Domicilio F 1	8	15
	Domicilio F 2	8	15
	Domicilio G 1	9	15

	Domicilio G 2	9	15
	Domicilio H 1	5	15
	Domicilio H 2	5	15

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo C. Tabla 16-3: Resultados de conductividad de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$	LÍMITE PERMITIDO $\mu\text{S}/\text{cm}$
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	<1250
	Vertiente A 2	-	<1250
	T. almacenamiento b 1	282	<1250
	T. almacenamiento b 2	146	<1250
	Agua Depurada h 1	184	<1250
	Agua Depurada h 2	179	<1250
	Domicilio D 1	287	<1250
	Domicilio D 2	220	<1250
	Domicilio E 1	171	<1250
	Domicilio E 2	163	<1250
	Domicilio F 1	160	<1250
	Domicilio F 2	156	<1250
	Domicilio G 1	153	<1250
	Domicilio G 2	158	<1250
	Domicilio H 1	165	<1250
	Domicilio H 2	159	<1250
Segundo muestreo	Vertiente A 1	110	<1250
	Vertiente A 2	110	<1250
	T. almacenamiento b 1	216	<1250
	T. almacenamiento b 2	213	<1250
	Agua Depurada h 1	179	<1250
	Agua Depurada h 2	175	<1250
	Domicilio D 1	190	<1250
	Domicilio D 2	188	<1250
	Domicilio E 1	167	<1250

	Domicilio E 2	172	<1250
	Domicilio F 1	156	<1250
	Domicilio F 2	157	<1250
	Domicilio G 1	159	<1250
	Domicilio G 2	159	<1250
	Domicilio H 1	153	<1250
	Domicilio H 2	153	<1250

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo D. Tabla 17-3: Resultados de sólidos totales disueltos de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/L	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO mg/L
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	1000
	Vertiente A 2	-	1000
	T. almacenamiento b 1	174	1000
	T. almacenamiento b 2	170	1000
	Agua Depurada h 1	94	1000
	Agua Depurada h 2	98	1000
	Domicilio D 1	207	1000
	Domicilio D 2	192	1000
	Domicilio E 1	86	1000
	Domicilio E 2	83	1000
	Domicilio F 1	87	1000
	Domicilio F 2	85	1000
	Domicilio G 1	89	1000
	Domicilio G 2	89	1000
	Domicilio H 1	84	1000
	Domicilio H 2	84	1000
Segundo muestreo	Vertiente A 1	51	1000
	Vertiente A 2	50	1000
	T. almacenamiento b 1	108	1000
	T. almacenamiento b 2	108	1000

	Agua Depurada h 1	89	1000
	Agua Depurada h 2	86	1000
	Domicilio D 1	105	1000
	Domicilio D 2	105	1000
	Domicilio E 1	83	1000
	Domicilio E 2	83	1000
	Domicilio F 1	76	1000
	Domicilio F 2	74	1000
	Domicilio G 1	79	1000
	Domicilio G 2	79	1000
	Domicilio H 1	74	1000
	Domicilio H 2	74	1000

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo E. Tabla 18-3: Resultados de temperatura de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	TEMPERATURA °C
Primer muestreo	Vertiente A 1	-
	Vertiente A 2	-
	T. almacenamiento b 1	7,9
	T. almacenamiento b 2	8,2
	Agua Depurada h 1	8,3
	Agua Depurada h 2	8,4
	Domicilio D 1	11,2
	Domicilio D 2	11,5
	Domicilio E 1	12,3
	Domicilio E 2	12,3
	Domicilio F 1	17,3
	Domicilio F 2	17,3
	Domicilio G 1	12,3
	Domicilio G 2	12,2
	Domicilio H 1	14,0
	Domicilio H 2	14,0

Segundo muestreo	Vertiente A 1	6,6
	Vertiente A 2	6,6
	T. almacenamiento b 1	8,2
	T. almacenamiento b 2	8,2
	Agua Depurada h 1	8,4
	Agua Depurada h 2	8,4
	Domicilio D 1	12,9
	Domicilio D 2	12,9
	Domicilio E 1	16,8
	Domicilio E 2	16,8
	Domicilio F 1	15,4
	Domicilio F 2	15,4
	Domicilio G 1	13,7
	Domicilio G 2	13,7
	Domicilio H 1	14,7
	Domicilio H 2	14,7

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo F. Tabla 19-3: Resultados de pH de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	pH Unid. 6.5 - 8.5	LÍMITE PERMITIDO Unid 6.5- 8.5
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	6,5 - 8,5
	Vertiente A 2	-	6,5 - 8,5
	T. almacenamiento b 1	7,09	6,5 - 8,5
	T. almacenamiento b 2	7,03	6,5 - 8,5
	Agua Depurada h 1	6,62	6,5 - 8,5
	Agua Depurada h 2	6,70	6,5 - 8,5
	Domicilio D 1	7,11	6,5 - 8,5
	Domicilio D 2	7,09	6,5 - 8,5
	Domicilio E 1	7,20	6,5 - 8,5
	Domicilio E 2	7,06	6,5 - 8,5
	Domicilio F 1	7,03	6,5 - 8,5

	Domicilio F 2	7,08	6,5 - 8,5
	Domicilio G 1	7,07	6,5 - 8,5
	Domicilio G 2	7,33	6,5 - 8,5
	Domicilio H 1	7,09	6,5 - 8,5
	Domicilio H 2	7,10	6,5 - 8,5
Segundo muestreo	Vertiente A 1	7,08	6,5 - 8,5
	Vertiente A 2	7,05	6,5 - 8,5
	T. almacenamiento b 1	6,80	6,5 - 8,5
	T. almacenamiento b 2	6,60	6,5 - 8,5
	Agua Depurada h 1	6,72	6,5 - 8,5
	Agua Depurada h 2	6,80	6,5 - 8,5
	Domicilio D 1	7,26	6,5 - 8,5
	Domicilio D 2	7,23	6,5 - 8,5
	Domicilio E 1	7,17	6,5 - 8,5
	Domicilio E 2	7,11	6,5 - 8,5
	Domicilio F 1	7,06	6,5 - 8,5
	Domicilio F 2	7,11	6,5 - 8,5
	Domicilio G 1	7,09	6,5 - 8,5
	Domicilio G 2	7,16	6,5 - 8,5
	Domicilio H 1	7,07	6,5 - 8,5
Domicilio H 2	7,05	6,5 - 8,5	

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo G. Tabla 20-3: Resultados de nitratos de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	NITRATOS mg/L N - NO₃⁻	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, mg/L N - NO₃⁻
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	50
	Vertiente A 2	-	50
	T. almacenamiento b 1	0,01	50
	T. almacenamiento b 2	0,01	50
	Agua Depurada h 1	0,01	50

	Agua Depurada h 2	0,01	50
	Domicilio D 1	0,01	50
	Domicilio D 2	0,01	50
	Domicilio E 1	0,01	50
	Domicilio E 2	0,01	50
	Domicilio F 1	0,01	50
	Domicilio F 2	0,01	50
	Domicilio G 1	0,01	50
	Domicilio G 2	0,01	50
	Domicilio H 1	0,01	50
	Domicilio H 2	0,01	50
Segundo muestreo	Vertiente A 1	0,01	50
	Vertiente A 2	0,01	50
	T. almacenamiento b 1	0,01	50
	T. almacenamiento b 2	0,01	50
	Agua Depurada h 1	0,01	50
	Agua Depurada h 2	0,01	50
	Domicilio D 1	0,01	50
	Domicilio D 2	0,01	50
	Domicilio E 1	0,01	50
	Domicilio E 2	0,01	50
	Domicilio F 1	0,01	50
	Domicilio F 2	0,01	50
	Domicilio G 1	0,01	50
	Domicilio G 2	0,01	50
	Domicilio H 1	0,01	50
Domicilio H 2	0,01	50	

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Anexo H. Tabla 21-3: Resultados de nitritos de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	NITRITOS mg/L N - NO₂⁻	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, mg/L N - NO₂⁻
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	3
	Vertiente A 2	-	3
	T. almacenamiento b 1	0,04	3
	T. almacenamiento b 2	0,04	3
	Agua Depurada h 1	0,06	3
	Agua Depurada h 2	0,06	3
	Domicilio D 1	0,06	3
	Domicilio D 2	0,06	3
	Domicilio E 1	0,05	3
	Domicilio E 2	0,05	3
	Domicilio F 1	0,06	3
	Domicilio F 2	0,06	3
	Domicilio G 1	0,06	3
	Domicilio G 2	0,06	3
	Domicilio H 1	0,04	3
	Domicilio H 2	0,04	3
Segundo muestreo	Vertiente A 1	0,01	3
	Vertiente A 2	0,01	3
	T. almacenamiento b 1	0,05	3
	T. almacenamiento b 2	0,04	3
	Agua Depurada h 1	0,07	3
	Agua Depurada h 2	0,07	3
	Domicilio D 1	0,07	3
	Domicilio D 2	0,07	3
	Domicilio E 1	0,06	3
	Domicilio E 2	0,05	3
	Domicilio F 1	0,06	3
	Domicilio F 2	0,06	3
	Domicilio G 1	0,04	3
	Domicilio G 2	0,04	3

	Domicilio H 1	0,06	3
	Domicilio H 2	0,05	3

Realizado por: Laura Ortiz 2015.

Anexo I. Tabla 22-3: Resultados de fluoruros de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	FLUORUROS mg/L, F⁻	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO , mg/L, F⁻
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	1,5
	Vertiente A 2	-	1,5
	T. almacenamiento b 1	0,20	1,5
	T. almacenamiento b 2	0,20	1,5
	Agua Depurada h 1	0,25	1,5
	Agua Depurada h 2	0,25	1,5
	Domicilio D 1	0,21	1,5
	Domicilio D 2	0,21	1,5
	Domicilio E 1	0,18	1,5
	Domicilio E 2	0,18	1,5
	Domicilio F 1	0,19	1,5
	Domicilio F 2	0,19	1,5
	Domicilio G 1	0,23	1,5
	Domicilio G 2	0,23	1,5
	Domicilio H 1	0,23	1,5
	Domicilio H 2	0,23	1,5
Segundo muestreo	Vertiente A 1	0,07	1,5
	Vertiente A 2	0,07	1,5
	T. almacenamiento b 1	0,26	1,5
	T. almacenamiento b 2	0,26	1,5
	Agua Depurada h 1	0,29	1,5
	Agua Depurada h 2	0,29	1,5
	Domicilio D 1	0,18	1,5
	Domicilio D 2	0,18	1,5
	Domicilio E 1	0,24	1,5

	Domicilio E 2	0,24	1,5
	Domicilio F 1	0,20	1,5
	Domicilio F 2	0,20	1,5
	Domicilio G 1	0,25	1,5
	Domicilio G 2	0,25	1,5
	Domicilio H 1	0,25	1,5
	Domicilio H 2	0,25	1,5

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo J. Tabla 23-3: Resultados de cloro libre residual de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	COLORO LIBRE RESIDUAL Cl₂ mg/L	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO , Cl₂ mg/L
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	0,3 a 1,5
	Vertiente A 2	-	0,3 a 1,5
	T. almacenamiento b 1	-	0,3 a 1,5
	T. almacenamiento b 2	-	0,3 a 1,5
	Agua Depurada h 1	1,26	0,3 a 1,5
	Agua Depurada h 2	1,26	0,3 a 1,5
	Domicilio D 1	1,17	0,3 a 1,5
	Domicilio D 2	1,17	0,3 a 1,5
	Domicilio E 1	0,66	0,3 a 1,5
	Domicilio E 2	0,66	0,3 a 1,5
	Domicilio F 1	0,88	0,3 a 1,5
	Domicilio F 2	0,88	0,3 a 1,5
	Domicilio G 1	0,93	0,3 a 1,5
	Domicilio G 2	0,94	0,3 a 1,5
	Domicilio H 1	0,84	0,3 a 1,5
	Domicilio H 2	0,84	0,3 a 1,5
Segundo muestreo	Vertiente A 1	-	0,3 a 1,5
	Vertiente A 2	-	0,3 a 1,5
	T. almacenamiento b 1	-	0,3 a 1,5

	T. almacenamiento b 2	-	0,3 a 1,5
	Agua Depurada h 1	1,19	0,3 a 1,5
	Agua Depurada h 2	1,20	0,3 a 1,5
	Domicilio D 1	1,00	0,3 a 1,5
	Domicilio D 2	1,03	0,3 a 1,5
	Domicilio E 1	0,98	0,3 a 1,5
	Domicilio E 2	1,01	0,3 a 1,5
	Domicilio F 1	0,81	0,3 a 1,5
	Domicilio F 2	0,86	0,3 a 1,5
	Domicilio G 1	0,76	0,3 a 1,5
	Domicilio G 2	0,74	0,3 a 1,5
	Domicilio H 1	0,71	0,3 a 1,5
	Domicilio H 2	0,71	0,3 a 1,5

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo K. Tabla 24-3: Resultados de manganeso de las muestras analizadas.

MUESTREO	MUESTRAS	MANGANESO mg/L	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, mg/L
Primer muestreo	Vertiente A 1	-	0,4
	Vertiente A 2	-	0,4
	T. almacenamiento b 1	0,03	0,4
	T. almacenamiento b 2	0,03	0,4
	Agua Depurada h 1	0,03	0,4
	Agua Depurada h 2	0,03	0,4
	Domicilio D 1	0,03	0,4
	Domicilio D 2	0,03	0,4
	Domicilio E 1	0,03	0,4
	Domicilio E 2	0,03	0,4
	Domicilio F 1	0,03	0,4
	Domicilio F 2	0,03	0,4
	Domicilio G 1	0,02	0,4
	Domicilio G 2	0,02	0,4

	Domicilio H 1	0,02	0,4
	Domicilio H 2	0,02	0,4
Segundo muestreo	Vertiente A 1	0,03	0,4
	Vertiente A 2	0,03	0,4
	T. almacenamiento b 1	0,03	0,4
	T. almacenamiento b 2	0,03	0,4
	Agua Depurada h 1	0,03	0,4
	Agua Depurada h 2	0,03	0,4
	Domicilio D 1	0,03	0,4
	Domicilio D 2	0,03	0,4
	Domicilio E 1	0,02	0,4
	Domicilio E 2	0,02	0,4
	Domicilio F 1	0,03	0,4
	Domicilio F 2	0,03	0,4
	Domicilio G 1	0,03	0,4
	Domicilio G 2	0,03	0,4
	Domicilio H 1	0,03	0,4
	Domicilio H 2	0,03	0,4

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo L. Tabla 25-3: Resultados del examen microbiológico, Coliformes fecales.

MUESTREO	MUESTRAS	Coliformes fecales UFC/mL	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO, UFC/mL
Primer muestreo	T. almacenamiento b'1	5	<1
	T. almacenamiento b'2	4	<1
	T. distribuidor c 1	5	<1
	T. distribuidor c 2	5	<1
	Prefiltro #1 d 1	5	<1
	Prefiltro #1 d 2	5	<1
	Prefiltro #2 e 1	6	<1
	Prefiltro #2 e 2	3	<1

	Sedimentador f 1	0	<1
	Sedimentador f 2	0	<1
	Filtro g 1	0	<1
	Filtro g 2	0	<1
	Agua Depurada h´1	0	<1
	Agua Depurada h´2	0	<1
	Domicilio A I 1	0	<1
	Domicilio A I 2	0	<1
	Domicilio A II 1	0	<1
	Domicilio A II 2	0	<1
	Domicilio SD I 1	0	<1
	Domicilio SD I 2	0	<1
	Domicilio SD II 1	0	<1
	Domicilio SD II 2	0	<1
	Domicilio SP I 1	0	<1
	Domicilio SP I 2	0	<1
	Domicilio SP II 1	0	<1
	Domicilio SP II 2	0	<1
	Domicilio U I 1	0	<1
	Domicilio U I 2	0	<1
	Domicilio U II 1	0	<1
	Domicilio U II 2	0	<1
	Domicilio Y I 1	0	<1
	Domicilio Y I 2	0	<1
	Domicilio Y II 1	0	<1
	Domicilio Y II 2	0	<1
Segundo muestreo	Vertiente A´1	0	<1
	Vertiente A´2	0	<1
	T. almacenamiento b´1	4	<1
	T. almacenamiento b´2	3	<1
	T. distribuidor c 1	6	<1
	T. distribuidor c 2	5	<1
	Prefiltro #1 d 1	4	<1
	Prefiltro #1 d 2	4	<1
	Prefiltro #2 e 1	5	<1

	Prefiltro #2 e 2	3	<1
	Sedimentador f 1	0	<1
	Sedimentador f 2	0	<1
	Filtro g 1	0	<1
	Filtro g 2	0	<1
	Agua Depurada h´1	0	<1
	Agua Depurada h´2	0	<1
	Domicilio Ab I 1	0	<1
	Domicilio Ab I 2	0	<1
	Domicilio Ab II 1	0	<1
	Domicilio Ab II 2	0	<1
	Domicilio HT I 1	0	<1
	Domicilio HT I 2	0	<1
	Domicilio HT II 1	0	<1
	Domicilio HT II 2	0	<1
	Domicilio L I 1	0	<1
	Domicilio L I 2	0	<1
	Domicilio L II 1	0	<1
	Domicilio L II 2	0	<1
	Domicilio M I 1	0	<1
	Domicilio M I 2	0	<1
	Domicilio M II 1	0	<1
	Domicilio M II 2	0	<1

Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo M. Zona de estudio abastecida por JAAPARY.



Realizado por: Laura Ortiz 2015

Anexo N. Páramo de Sachaguayco.

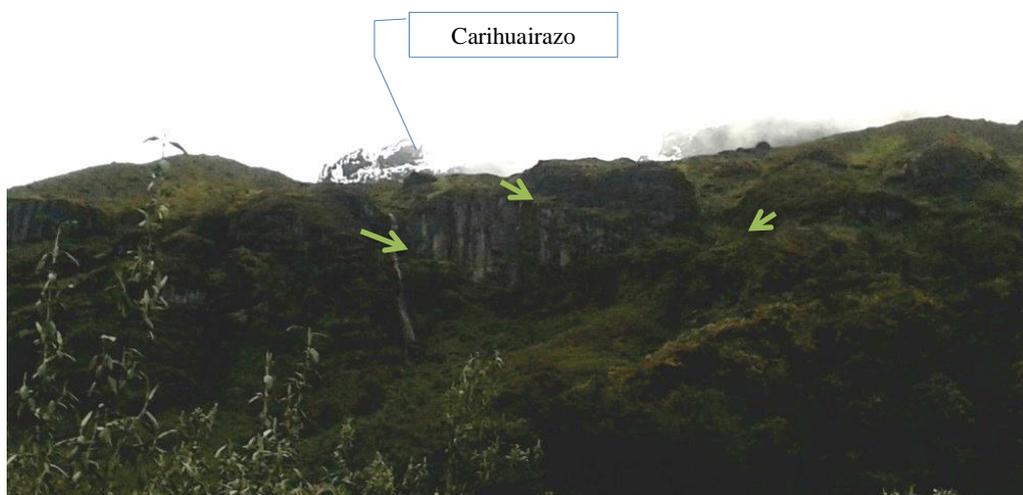
Fotografía 1. Ingreso a la Zona Protegida de JAAPARY en el páramo de Sachaguayco.



Fotografía 2. Cascada proveniente del volcán Carihuaairazo.



Fotografía 3. Deshielos del Carihuaairazo. Origen de la vertiente de Sachaguayco.



Anexo O. Calibración de Equipo HANNA HI 98129. HI 98130.

Fotografía 4. Soluciones buffer de pH 7.01; 4.01 y Conductividad de 1413 μ S/cm.



Fotografía 5. Calibración de pH.



Fotografía 6. Calibración de Conductividad.

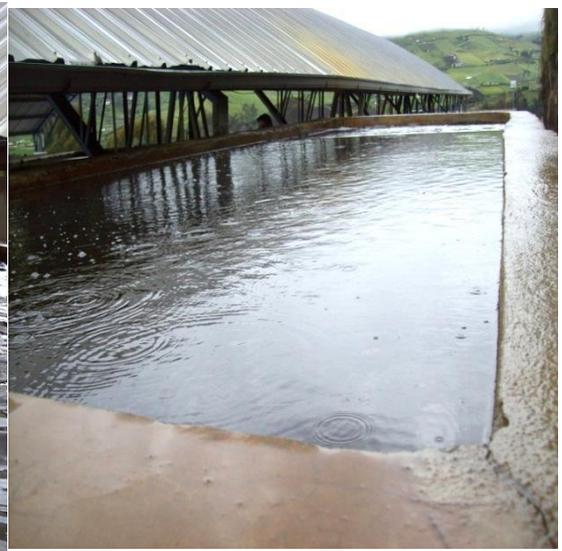


Anexo P. Sitios de Muestreo.

Fotografía 7 y 8. Vertiente de Sachaguayco.



Fotografía 9 y 10. Tanque de almacenamiento.



Fotografía 11. Tanque distribuidor hacia los prefiltros.



Fotografía 12. Prefiltro 1.



Fotografía 13. Prefiltros 2.



Fotografía14. Tanque de distribución del agua depurada a la red de abastecimiento de agua potable de JAAPARY.



Fotografía 15 y 16. Domicilios



Anexo Q. Muestreo.

Fotografía 17 y 18. Vertiente de Sachaguayco.



Fotografía 19. Tanque distribuidor del agua cruda hacia los prefiltros.



Fotografía 20. Prefiltros.



Fotografía 21 y 22. Agua depurada.



Fotografía 23 y 24. Prefiltros.Domicilios.



ANEXO R. Análisis Físicos y Químicos.

Fotografía 25. Determinación de turbidez.



Fotografía 26. Determinación de pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos.



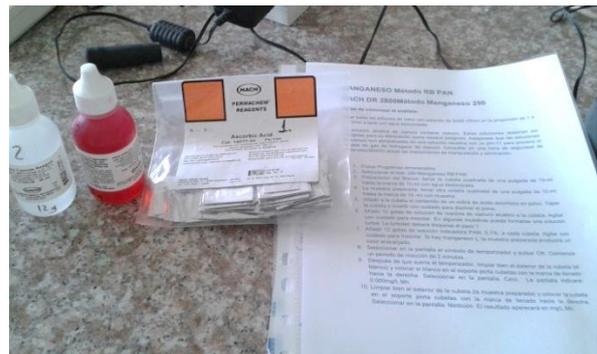
Fotografía 27. Determinaciones de manganeso en el equipo HACH DR2800.



Fotografía 28. Determinación de cloro libre residual.



Fotografía 29 y 30. Reactivos e insertos utilizados para las determinaciones de nitritos, nitratos, fluoruros, y manganeso en el equipo HACH DR2800.



ANEXO S. Análisis Microbiológico.

Fotografía 31. Codificación de las placas 3M Petrifilm™.

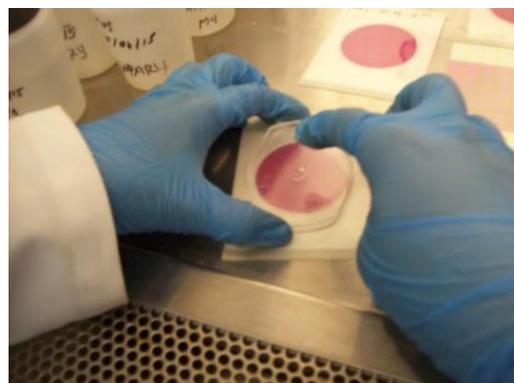


Fotografía 32 y 33. Siembra de las muestras mediante el método de placas Petrifilm™.



Fotografía 34 y 35. Aplicación del esparcidor sobre la película superior de la placa PetrifilmTM

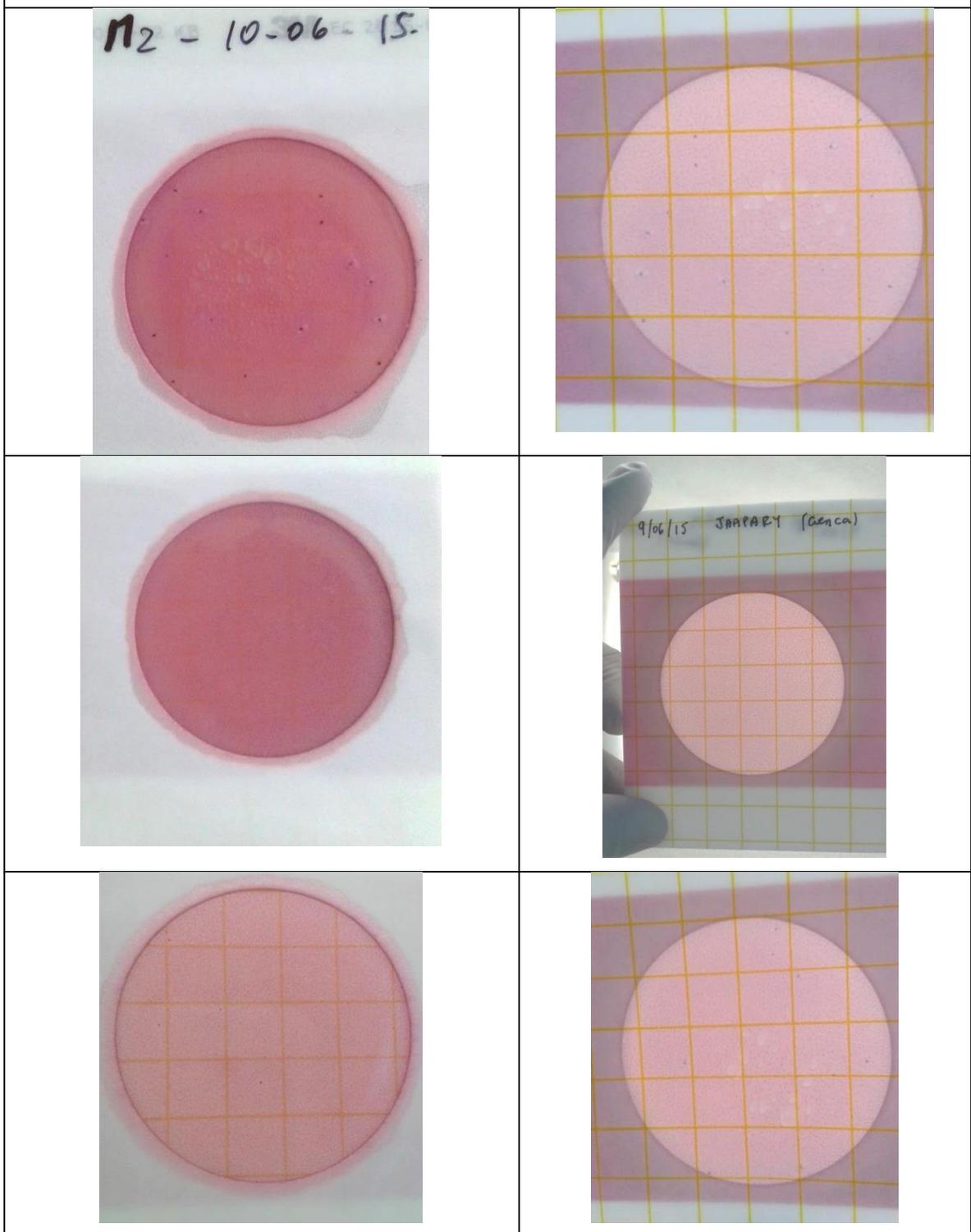
TM



Fotografía 36,37,38. Incubación de las placas PetrifilmTM previamente inoculadas a $48 \text{ h} \pm 2$ h a $35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$.



Fotografía 39, 40,41,42. Interpretación de resultados (UFC/100 mL; *E. coli*).



Realizado por: Laura Ortiz 2015



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

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

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

10
Páginas

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

1. OBJETO

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

2. CAMPO DE APLICACIÓN

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

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water 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, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

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

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

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

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

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

5. REQUISITOS

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

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

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
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

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, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

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

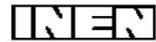
Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

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

Anexo U: NTE INEN 2176:1998. Agua calidad del agua. Muestreo. Manejo y Técnicas de muestreo.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

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

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.06-203
CDU: 614.777:620.113
CIIU: 42.420.4200
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, poluidas 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 polución y en estudios para determinar su extensión o en el caso de recolección automática de muestra individual para determinar el momento del día cuando los poluentes están presentes. También se puede tomar muestras puntuales para establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad.

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

4.3 Muestras periódicas.

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

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

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

4.4 Muestras continuas

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

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

(Continúa)

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

4.5 Muestras en serie

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

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

4.6 Muestras compuestas

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

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

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

4.7 Muestras de grandes volúmenes

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

5. TIPOS DE MUESTREO

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

(Continúa)

6. EQUIPO DE MUESTREO

6.1 Características del muestreador y del equipo de muestreo.

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

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

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

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

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

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

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

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

6.2.3 *Recipientes para el análisis de contaminantes orgánicos, en trazas*

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

6.2.4 *Recipientes para el análisis microbiológico*

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

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

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

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 substrato, etc.

6.4.3 Peces

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

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

6.5 Equipo de muestreo para análisis microbiológico

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

(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 tapar la botella o de iniciar el análisis.

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

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

7. IDENTIFICACIÓN Y REGISTROS

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

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

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

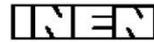
- a) localización (y nombre) del sitio del muestreo, con coordenadas (lagos y ríos) y cualquier información relevante de la localización;
- b) detalles del punto de muestreo;
- c) fecha de la recolección;
- d) método de recolección;

(Continúa)

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

(Continúa)

Anexo V: NTE INEN 2169:1998. 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, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.06-202
CDU: 614.777.620.113
CIU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

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

**NTE INEN
2 169:98
1998-11**

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Prohibida la reproducción

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:

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

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

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

(Continúa)

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

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

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

4.2 Preparación de recipientes

4.2.1 Recipientes de muestras para análisis químicos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.3 Recipientes de muestras para análisis microbiológico.

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

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

(Continúa)

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

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

4.3 Llenado del recipiente

4.3.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se 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 obscuro, 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 retornar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (cloruro de polivinilo). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento. *Las muestras para análisis microbiológico no se deben congelar.*

4.5 Filtración y centrifugación de muestras

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

(Continúa)

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

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

4.6 Adición de preservantes

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

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

4.6.1.1 *Precaución* - Se debe evitar el uso de cloruro de mercurio (II) (HgCl_2) y de acetato-fenil mercurio (II) ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{HgC}_6\text{H}_5$).

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 muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.).

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

4.8 Transporte de las muestras

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

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

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

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

4.9 Recepción de las muestras en el laboratorio

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

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

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

(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 obscuridad	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.	980
Bario	P o VB		Ver	Aluminio	No usar H ₂ SO ₄	
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	P o V (es preferible vidrio para concentraciones bajas de DBO)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la obscuridad	Laboratorio	24 h		
Boro y boratos	P		Laboratorio	1 mes		
Bromuros y sus compuesto	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		982
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 ₂ SO 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.	
Cloruros	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 ₂ SO 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
Fluoruros	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 (seguir 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	
Hidrogen-carbonatos				Ver	Alcalinidad	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Ioduros	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	1 102
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	Cálcio		1 103
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			(Haluros 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 ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2°C y 5°C guardar en oscuridad	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 órganoclorados	V (lavado con solvente)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en oscuridad	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 órganofosforados	V (lavado con solvente)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en oscuridad	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 grasa 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 ₃ PO 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 oscuridad	Laboratorio	24 h	La extracción se debe realizar lo antes posible.	
Fósforo 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 iodizado, cuando las concentraciones son bajas; (una botella puede ser iodizada colocando unos pocos cristales de ioduro dentro del recipiente, sellar y calentar a 60 °C por 8h). Se debe anotar que el ioduro puede 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.	
Fósforo Total	VB o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	Ver arriba	
		Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄	Laboratorio	1 mes	Ver arriba	
Potasio	Ver Litio					
Selenio	V o VB	Acidificar a pH < 1, excepción si 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 ₂ SO 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 VB	Ver	Aluminio	No usar HCl, algunas formas de la plata necesitan la adición de cianuro para estabilizar.		
Sodio		Ver	Litio			
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.	978
Sulfuros (fácilmente liberados)	P o V	Fijar las muestras inmediatamente por alcalinización 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% (m/m) por 100 cm ³ de muestra	Laboratorio	48 h		
Surfactantes catiónicos	V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	48 h	Lave 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 alquiletoxilato 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% (w/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 orgánico estañosos usar ácido acético para la preservación del estaño total, si se especifica 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	loduros	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) Amoníaco/amonio Aminas y amidas Fósforo total Hidrazina Hidroxilamina
Acidificación a pH < 2	Metales alcalinos Aluminio Amonio (pero no si se requiere por separado el amonio libre y el total) Arsénico Metales alcalinotérreos Nitrato Dureza total Fósforo total Metales pesados	Cianuros Sulfuros Carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono Sulfitos, dióxido de azufre Tiosulfatos Nitritos Fosfonatos (si la técnica indica) Surfactantes y ésteres Hexametilentetramina No usar ácido sulfúrico para Calcio, Estroncio, Bario, Radio y Plomo No usar ácido clorhídrico para Plata, Talio, Plomo, Bismuto, Mercurio(II) y Antimonio No usar ácido nítrico para estaño

(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 (kjeldahl) Conductividad Nitrato Nitrito Olor Ortofosfatos Fósforo Sulfatos Surfactantes catiónicos Residuo seco Sólidos totales Bioensayos	
Congelamiento a -20°C	Clorofila DQO 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 poliácidos 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	Técnica de preservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis	Observaciones	Método de ensayo NTE INEN
Recuento de aeróbios mesófilos Coliformes totales Coliformes termotolerantes Estreptococo fecal Salmonella Shigela etc.	Recipiente estéril	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	8 h (agua potable, agua superficial, de pozo y lodos)	Para aguas clorinadas o bromatadas la muestra se debe recoger en un frasco que contenga (antes de esterilizar) tiosulfato de sodio [0,1 cm ³ de una solución al 10% de Na ₂ S ₂ O ₄ 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)	1 205

(Continúa)

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

CDU: 649.61				AL 01.06-201
Norma Técnica Ecuatoriana	AGUAS. MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO		INEN 1 105 1983-12	
0. INTRODUCCION				
<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>				
1. OBJETO				
<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>				
2. EQUIPO				
<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>				
<p>a) <i>estufa de aire caliente</i>, con temperatura regulable entre 160 a 180°C;</p>				
<p>b) <i>autoclave</i> para esterilizar a 121°C;</p>				
<p>c) <i>esterilizador a gas</i>.</p>				
3. REACTIVOS				
<p>3.1 Tiosulfato de sodio. Solución al 10% de Na₂S₂O₃.</p>				
<p>3.2 Sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetra acético. EDTA. Solución al 15%.</p>				
4. CONSIDERACIONES GENERALES				
<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 clorada neutraliza el cloro durante el tiempo que la muestra se encuentra en tránsito al laboratorio.</p>				
<i>(Continúa)</i>				

- 1 -

1983-118

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

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

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

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

5. PROCEDIMIENTO

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

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

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

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

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

(Continúa)

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

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

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

(Continúa)

ANEXO A**LAVADO Y ESTERILIZADO**

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

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

APÉNDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

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

Anexo X: NTE INEN 1108:2006. Segunda revisión. Agua potable. Requisitos.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006
Segunda revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.
AL 01.06-401
CDU: 644.61
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria

AGUA POTABLE.
REQUISITOS.

NTE INEN
1 108:2006
Segunda revisión
2006-03

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

1. OBJETO

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

2. ALCANCE

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. DEFINICIONES

3.1 **Agua Potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.2 **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.

3.3 **Límite máximo permisible.** 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.

3.4 **UFC/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples.

3.6 **µg/l.** (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

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

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

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

3.10 **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.

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

3.12 **Radio nucleido.** Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.

3.13 **MBAS, ABS .** Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.

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

3.15 **Dureza total.** Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

(Continúa)

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

3.16 Sólidos totales disueltos. Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos Específicos

5.1.1 El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
Inorgánicos		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO ₄)	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO ₃	mg/l	10
Nitritos, N-NO ₂	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
Radiactivos		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

*** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁸I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

(Continúa)

Orgánicos		
Tensoactivos ABS (MBAS)	mg/l	0,0
Fenoles	mg/l	0,0

Sustancias Orgánicas

	Límite máximo µg/l
Alcanos Clorinados	
- tetracloruro de carbono	2
- diclorometano	20
- 1,2dicloroetano	30
- 1,1,1-tricloroetano	2000
Etanos Clorinados	
- cloruro de vinilo	5
- 1,1dicloroetano	30
- 1,2dicloroetano	50
- tricloroetano	70
- tetracloroetano	40
Hidrocarburos Aromáticos	
- benceno	10
- tolueno	170
- xileno	500
- etilbenceno	200
- estireno	20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	0,3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	
- benzo [a]pireno	0,01
- benzo [a]fluoranteno	0,03
- benzo [k]fluoranteno	0,03
- benzo [ghi]pirileno	0,03
- indeno [1,2,3-cd]pireno	0,03
Bencenos Clorinados	
- monoclorobenceno	300
- 1,2-diclorobenceno	1000
- 1,4-diclorobenceno	300
- triclorobencenos (total)	20
di(2-etilhexil) adipato	80
di(2-etilhexil) ftalato	8
acrylamida	0,5
epiclorohidrin	0,4
hexaclorobutadieno	0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA	200
ácido nitrotriacético	200
oxido tributiltin	2

(Continúa)

Pesticidas

	Límite máximo µg/l
Isoproturon	9
Lindano	2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	2
Metoxycloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Permetrin	20
Propanil	20
Piridato	100
Simazina	2
Trifluralin	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPA 2,4-DB	90
Dicloroprop	100
Fenoprop	9
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	2
Mecoprop	10
2,4,5-T	9

Residuos de desinfectantes

	Límite máximo µg/l
Monocloramina, di- y tricloramina	3
Cloro	5

Subproductos de desinfección

	Límite máximo µg/l
Bromato	25
Clorito	200
Clorofenoles	
- 2,4,6-triclorofenol	200
Formaldeído	900
Trihalometanos	
- bromoformo	100
- diclorometano	100
- bromodiclorometano	60
- cloroformo	200
Ácidos acéticos clorinados	
- ácido dicloroacético	50
- ácido tricloroacético	100
Hidrato clorado	
- tricloroacetaldeído	10
Acetonitrilos halogenados	
- dicloroacetonitrilo	90
- dibromoacetonitrilo	100
- tricloroacetonitrilo	1
Cianógeno clorado (como CN)	70

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos.

(Continúa)

Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2 *
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2 *
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

* < 2 significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo

- (1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados 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 Normalizados 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 Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.

(Continúa)

**ANEXO 1.
(INFORMATIVO)**

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS EN LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Población servida	Número mínimo Muestras /mes	Población servida	Número mínimo Muestras /mes
25 a 1000	1	83001 a 90000	90
1001 a 2500	2	90001 a 96000	95
2501 a 3300	3	96001 a 111000	100
3301 a 4100	4	111001 a 130000	110
4101 a 4900	5	130001 a 160000	120
4901 a 5800	6	160001 a 190000	130
5801 a 6700	7	190001 a 220000	140
6701 a 7600	8	220001 a 250000	150
7601 a 8500	9	250001 a 290000	160
8501 a 9400	10	290001 a 320000	170
9401 a 10300	11	320001 a 360000	180
10301 a 11100	12	360001 a 410000	190
11101 a 12000	13	410001 a 450000	200
12001 a 12900	14	450001 a 500000	210
12901 a 13700	15	500001 a 530000	220
13701 a 14600	16	530001 a 600000	230
14601 a 15500	17	600001 a 660000	240
15501 a 16300	18	660001 a 720000	250
16301 a 17200	19	720001 a 780000	260
17201 a 18100	20	780001 a 840000	270
18101 a 18900	21	840001 a 910000	280
18901 a 19800	22	910001 a 970000	290
19801 a 20700	23	970001 a 1050000	300
20701 a 21500	24	1050001 a 1140000	310
21501 a 22300	25	1140001 a 1230000	320
22301 a 23200	26	1230001 a 1320000	330
23201 a 24000	27	1320001 a 1420000	340
24001 a 24900	28	1420001 a 1520000	350
24901 a 25000	29	1520001 a 1630000	360
25001 a 28000	30	1630001 a 1730000	370
28001 a 33000	35	1730001 a 1850000	380
33001 a 37000	40	1850001 a 1970000	390
37001 a 41000	45	1970001 a 2060000	400
41001 a 46000	50	2060001 a 2270000	410
46001 a 50000	55	2270001 a 2510000	420
50001 a 54000	60	2510001 a 2750000	430
54001 a 59000	65	2750001 a 3020000	440
59001 a 64000	70	3020001 a 3320000	450
64001 a 70000	75	3320001 a 3620000	460
70001 a 76000	80	3620001 a 3960000	470
76001 a 83000	85	3960001 a 4310000	480
		4310001 a 4690000	490
		Sobre 4690000	500

Fuente: Interim Primary Drinking Water Standards – Environmental Protection Agency (EPA),1975

Bibliografía:

CETESB. Compañía de tecnología de Saneamiento Ambiental. Control de Calidad del Agua Potable para consumo humano. Bases conceptuales y Operacionales. Sao Paulo, 1977

(Continúa)

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

Métodos Normalizados para el Agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation).

Z.2 BASES DE ESTUDIO

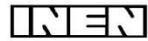
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 *Agua Potable Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, 1983.

Ministerio del Ambiente, *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*, actualizada a diciembre de 2002. Corporación de estudios y Publicaciones, Quito 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality Volume 1 Recommendations*. Second Edition. Geneva, 1993.

CETESB. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental del Brasil. *Control de calidad para el agua de consumo humano*. Bases conceptuales y operacionales. Sao Paulo, 1977.

Anexo Y: NTE INEN 1108:2011. Cuarta revisión. Agua potable. Requisitos.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL 01.06-401
CDU: 628.1.033
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**AGUA POTABLE.
REQUISITOS**

**NTE INEN
1 108:2011**
Cuarta revisión
2011-06

1. OBJETO

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

2. ALCANCE

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. DEFINICIONES

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

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

3.1.2 *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.

3.1.3 *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).

3.1.4 *UFC/ml.* Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

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

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

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

3.1.8 *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.

3.1.9 *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.

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

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

3.1.12 *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.

(Continúa)

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

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

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

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	0,5
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
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

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, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

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
Epíclorohidrina	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

(Continúa)

Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
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

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

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:		
• Bromodiclorometano	mg/l	0,06
• Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

Cianotoxinas

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

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

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	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	

(Continúa)

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 agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 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.

(Continúa)

**APENDICE Y
(Informativo)****Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida****ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (incluido el 1er. Adendum) 2006; Capítulo 4 numeral 4.3.4 cuadro 4.5

(Continúa)

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

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

Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados. Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

Z.2 BASES DE ESTUDIO

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality* First Addendum to Third Edition Volume 1 Recommendations. World Health Organization, 2006.