



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

**“EVALUACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL
AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE
DE LA COMUNIDAD ZAZAPUD HOSPITAL, PARROQUIA
COLUMBE, CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar al grado académico de:
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: GUAMÁN ANILEMA DIEGO ARNALDO
TUTORA: DRA. ANA ALBUJA

RIOBAMBA-ECUADOR

2018

@2018, Diego Arnaldo Guamán Anilema

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

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

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de titulación: “EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA JAAP DE LA COMUNIDAD ZAZAPUD HOSPITAL, PARROQUIA COLUMBE, CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad del señor Diego Arnaldo Guamán Anilema, ha sido profundamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Ana Karina Albuja Landi

2018-06-05

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Dra. Sandra Noemí Escobar Arrieta

2018-06-05

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo Diego Arnaldo Guamán Anilema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría, y me responsabilizo de los criterios, ideas, opiniones expuestas en la misma. Los textos que se han extraído de otros documentos están debidamente citadas.

DIEGO ARNALDO GUAMÁN ANILEMA

C.I. 060430368-5

DEDICATORIA

Dedico a Dios por haberme llenado con su amor, sabiduría, inteligencia y perseverancia que me ayudo a cumplir con la meta de ser un profesional. Después a mis padres por el apoyo incondicional y ser ejemplos a seguir cada día y a mi hermano por la compañía y palabras de aliento. También a mis abuelitos, en especial a mi abuelito Domingo por sus oraciones, enseñanzas y consejos que me ayudo a seguir por el sendero correcto. Por último a todos mis familiares y personas allegadas que con sus palabras de ánimo me impulsaron a no desmayar y seguir hasta la culminar la meta.

Diego

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinito amor y haberme guiado por el camino correcto de ser un profesional en la carrera de Bioquímica y Farmacia.

A mis padres por su total apoyo, guiarme con sus consejos y brindar su total confianza

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y a los docentes por guiarme y compartir sus conocimientos, para hoy ser un profesional competente que sirva a la sociedad.

A la Dra. Ana Albuja por dedicar su tiempo, asesorarme y guiarme en el cumplimiento de este trabajo de titulación

A la Dra. Sandra Escobar por brindar su tiempo, colaborar y direccionarme también en el cumplimiento de este trabajo de titulación

Agradecimiento especial a la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, por facilitar la ejecución de este proyecto, y en particular al secretario de la Junta Sr. Pingos Pilamunga por su ayuda incondicional.

También al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de cantón Colta por facilitar el uso del Laboratorio de Agua, y en especial al Dr. Ángel Yuquilema por brindar sus conocimientos y guiarme en el manejo de los equipos.

Por último al Laboratorio de Análisis Clínico y Bacteriológico de la Facultad de Ciencias, y en especial a la técnica encargada Bqf. Yolanda Buenaño, por guiar en la ejecución de los análisis.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

mg	Miligramos
L	Litro
mL	Mililitro
cm	Centímetro
μS	Micro siemens
pH	Potencial de Hidrógeno
S.T.D.	Sólidos totales disueltos
U.N.T.	Unidades nefelométricas de turbiedad
U.F. C.	Unidades formadoras de colonias
V	Vertiente
TA	Tanque de almacenamiento
RD	Red de distribución
N.T.E.	Norma Técnica Ecuatoriana
I.N.E.N.	Instituto Ecuatoriano de Normalización
O.M.S.	Organización mundial de la salud
G.A.D.	Gobierno Autónomo Descentralizado
N.C.C.L.S	Estándar de Comité Nacional de Normas de Laboratorios Clínicos
J.A.A.P.	Junta Administradora de Agua Potable

ÍNDICE

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	5
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 Agua	6
1.2 Tipos de Agua	6
1.2.1 Agua Tratada	6
1.2.2 Agua de consumo humano	7
1.2.3 Agua potable	7
1.3 Fuentes de agua en la naturaleza	7
1.3.1 Agua subterránea	8
1.3.2 Agua superficial	8
1.3.3 Agua pluvial	8
1.4 Calidad de agua	8
1.4.1 Factores contaminantes de agua	9
1.4.1.1 <i>Desechos orgánicos</i>	9
1.4.1.2 <i>Microorganismos patógenos</i>	10
1.4.1.3 <i>Sustancias químicas inorgánicas</i>	10
1.4.1.4 <i>Nutrientes vegetales inorgánicos</i>	10
1.4.1.5 <i>Compuestos orgánicos</i>	10
1.4.1.6 <i>Sedimentos y materiales suspendidos</i>	11
1.4.1.7 <i>Contaminación térmica</i>	11
1.5 Sistema de abastecimiento de agua	11
1.5.1 Sistemas convencionales de abastecimiento de agua	11
1.5.2 Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento	12
1.5.3 Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento	12
1.5.4 Tratamientos de agua en los sistemas convencionales	13
1.5.5 Filtro lento de arena	13
1.5.6 Filtro rápido	13
1.5.7 Tratamiento químico	14
1.6 Aspectos generales del muestreo	14
1.6.1 Representatividad de la muestra	14
1.6.2 Técnicas de muestreo	14
1.6.3 Preservación de la muestras	15
1.6.4 Frecuencia del muestreo	15
1.6.5 Tipo de muestras	15
1.6.5.1 Muestras simples	15
1.6.5.2 Muestras compuestas	15
1.6.5.3 Muestras continuas	16
1.7 Parámetros físicos del agua	16
1.7.1 Color	16

1.7.2	Turbiedad	17
1.7.3	Conductividad	17
1.7.4	Sólidos totales disueltos	17
1.8	Parámetros químicos del agua	18
1.8.1	pH	18
1.8.2	Nitratos	18
1.8.3	Nitritos	19
1.8.4	Fluoruros	19
1.9	Parámetros microbiológicos del agua	20
1.9.1	Coliformes totales	20
1.9.2	Coliformes fecales	20
1.9.2.1	<i>Escherichia coli</i>	21
1.9.3	Parásitos	21
1.9.3.1	<i>Cryptosporidium parvum</i>	22
1.9.3.2	<i>Giardia lamblia</i>	23
1.9.3.3	<i>Entamoeba histolytica</i>	23
1.9.3.4	<i>Entamoeba coli</i>	24
1.9.3.5	<i>Áscaris lumbricoides</i>	24
1.10	Enfermedades relacionadas con el uso de agua contaminada	25
1.10.1	Parasitosis intestinales	25
1.10.2	Cólera	26
1.10.3	Disentería	27
1.10.4	Paratifoidea	27
1.10.5	Hepatitis A	28
1.11	Resistencia Microbiana	28
1.11.1	Resistencia biológica o clínica	29
1.11.2	Resistencia mediada por factores ambientales	29
1.11.3	Resistencia mediada por microorganismo	29
1.11.3.1	Resistencia intrínseca	29
1.11.3.2	Resistencia adquirida	30

CAPITULO II

2	METODOLOGÍA	31
2.1	Tipo de investigación	31
2.2	Población de estudio	31
2.3	Flujograma de trabajo	33
2.4	Técnicas de recolección	35
2.5	Técnicas de muestreo	36
2.6	Análisis de muestra	37
2.6.1	Parámetros Físicos	37
2.6.1.1	Color	38
2.6.1.2	Turbiedad	38
2.6.1.3	Conductividad	39
2.6.1.4	Sólidos totales disueltos	40
2.6.2	Parámetros Químicos	40
2.6.2.1	Determinación de pH	41
2.6.2.2	Nitritos	41
2.6.2.3	Nitratos	42
2.6.2.4	Fluoruros	42
2.6.3	Parámetros Microbiológicos	43

2.6.3.1	<i>Determinación de coliformes fecales por método de filtración por membrana</i>	43
2.6.3.2	Aislamiento bacteriana	46
2.6.3.3	Pruebas Bioquímicas para la identificación de la bacteria	46
2.6.4	Determinación de resistencia bacteriana	58
2.6.5	Análisis parasitológico	50
CAPÍTULO III		
3	RESULTADOS Y DISCUSION	52
3.1	Diagnóstico	52
3.2	Caracterización del agua	52
3.3	Caracterización Física	53
3.3.1	Color	54
3.3.2	Turbiedad	55
3.3.3	Sólidos Totales Disuelto (STD)	56
3.3.4	Conductividad	57
3.4	Caracterización Química	59
3.4.1	Determinación del pH	60
3.4.2	Nitratos	61
3.4.3	Nitritos	62
3.4.4	Fluoruro	63
3.5	Caracterización Microbiológica	64
3.5.1	Coliformes fecales	64
3.5.2	Parásitos	67
3.6	Resistencia Bacteriana	68
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES		72
BIBLIOGRAFÍA		
ANÉXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ubicación satelital de la Comunidad Zazapud Hospital	32
Figura 2-2:	Ubicación de los puntos de muestreo	33
Figura 3-2:	Diagrama de flujo del procedimiento de análisis	34
Figura 4-2:	Técnicas de recolección	35
Figura 5-2:	Técnicas de muestreo	36
Figura 6-2:	Domicilio punto de muestreo	37
Figura 7-2:	Procedimiento para determinar color	38
Figura 8-2:	Sistema óptico de coeficientes	39
Figura 9-2:	Procedimiento para determinar turbidez	39
Figura 10-2:	Procedimiento para determinar Conductividad y STD	40
Figura 11-2:	Procedimiento para determinar pH	41
Figura 12-2:	Procedimiento para la determinación de Nitrito, Nitrato, Fluoruros	43
Figura 13-2:	Procedimiento para la determinación de coliformes fecales a través de filtración por membrana	45
Figura 14-2:	Procedimiento para aislar la bacteria	46
Figura 15-2:	Procedimiento para la tinción Gram	47
Figura 16-2:	Procedimiento para detección de fermentación de azúcares	47
Figura 17-2:	Procedimiento para detección de movilidad, indol y producción de ácido sulfhídrico	48
Figura 18-2:	Procedimiento para determinar la resistencia bacteriana	50
Figura 19-2:	Procedimiento para la identificación de parásitos	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Método de Muestreo	32
Tabla 1-3:	Resultado de los parámetros Físicos del agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital	53
Tabla 2-3:	Porcentaje en el cumplimiento del parámetro color frente a la norma NTE INEN 1108	54
Tabla 3-3:	Porcentaje en el cumplimiento del parámetro Turbiedad frente a las normas NTE INEN 1108	55
Tabla 4-3:	Porcentaje en el cumplimiento del parámetro de STD frente a la norma NTE INEN 1108	56
Tabla 5-3:	Porcentaje en el cumplimiento del parámetro de Conductividad frente al límite permisible por OMS 1995	67
Tabla 6-3:	Resultado de los parámetros Químicos del agua de JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital	59
Tabla 7-3:	Porcentaje del cumplimiento del parámetro de pH frente a la norma TULAS	60
Tabla 8-3:	Porcentaje del cumplimiento del parámetro de Nitratos frente a la norma NTE INEN 1108	61
Tabla 9-3:	Porcentaje del cumplimiento del parámetro de Nitritos frente a la norma NTE INEN 1108	62
Tabla 10-3:	Porcentaje del cumplimiento del parámetro de Fluoruro frente a la norma NTE INEN 1108	63
Tabla 11-3:	Resultados del recuento de coliformes fecales en el agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital	64
Tabla 12-3:	Porcentaje del cumplimiento para el parámetro de Coliformes fecales frente a la norma NTE INEN 1108	65
Tabla 13-3:	Porcentaje de presencia o ausencia de parásitos en las muestras analizadas en la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital	67
Tabla 14-3:	Resultados de las pruebas bioquímicas de la bacteriana aislada del agua de la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital	68
Tabla 15-3:	Resultados de la resistencia bacteriana, evaluado sobre la bacteria <i>E. coli</i> aislado en el agua de la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Comparación de la carga bacteriana (UFC/100mL de Coliformes fecales) por sector	65
Gráfico 2-3:	Porcentaje de resistencia bacteriana (<i>E. coli</i>) frente a los antibióticos evaluados	69

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital, Parroquia Columbe, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo, con el fin determinar si es apta para el consumo humano. Se realizó el análisis de 48 muestras de agua durante el periodo Enero – Febrero 2018 procedentes de 4 vertientes, 6 tanques de almacenamiento y 14 redes de distribución, se tomó las distintas muestras por duplicado, el proceso de recolección y transporte de las mismas se llevó a cabo siguiendo las normas NTE INEN 2176:1998, NTE INEN 1105:1983 y NTE INEN 2169:1998. En cada punto de muestreo se realizó el análisis de los parámetros físicos (color, turbiedad, conductividad y STD) y químicos (pH, nitritos, nitratos y fluoruros), siguiendo la metodología descrita en Standard Methods for examination of water and wastewater y el Método Hach, los parámetros microbiológicos (coliformes fecales) por el Método de filtración por membrana y el estudio parasitológico por el Método de centrifugación; según lo que exige la norma NTE INEN 1108 “Agua Potable. Requisitos”. Además se estudió la resistencia microbiana de la bacteria aislada *Escherichia coli* por medio el método Kirby y Bauer. Se determinó que el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, cumple con los límites máximos permitidos por la norma en cuanto a los parámetros físicos y químicos; en los parámetros microbiológicos el 100% de las muestras están por encima del límite permitido por la norma (< 1 UFC). El análisis parasitológico reveló la presencia en un 16,66% de *Entamoeba histolítica*, 4,16% de *Entamoeba coli*, 4,16% de *Giardia lamblia* y 12,50% de hongos. En la evaluación de la resistencia microbiana (*Escherichia coli*), se determinó resistencia frente a Cefotaxima, resistencia intermedia a Ampicilina y Neomicina y sensibilidad frente a Ácido Nalidíxico, Amikacina, Kanamicina, Ciprofloxacino y Norfloxacino. Debido que el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital no cumple con los requisitos microbiológicos, se recomienda buscar ayuda técnica en las autoridades pertinentes para que se implemente un sistema de tratamiento convencional como la cloración, sin obviar la futura implementación de un sistema de potabilización.

Palabras claves: <BIOQUÍMICA>, <CALIDAD DEL AGUA>, <MICROBIOLOGÍA DEL AGUA>, <RESISTENCIA BACTERIANA>. <MÉTODO DE CENTRIFUGACIÓN>, <FILTRACIÓN POR MEMBRANA>, <COLUMBE (PARROQUIA)>.

SUMMARY

The objective of the present degree work was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of the water of the Drinking Water Administration Board of the Zazapud Hospital Community, Columbe Parish, Colta Canton, Chimborazo Province, in order to determine if it is suitable for the human consumption. The analysis was made of: 48 water samples during the period January - February 2018 coming from 4 slopes, 6 storage tanks and 14 distribution networks, the different samples were taken in duplicate, the 'process of collecting and transporting them it was carried out following the norms NTE INEN 2176: 1998, NTE INEN 1105: 1983 and NTE INEN 2169: 1998. At each sampling point the analysis of the physical parameters (color, turbidity, conductivity and STD) and chemicals (pH, nitrites, nitrates and fluorides) was carried out, following the methodology described in Standard Methods for water and wastewater examination and the Method Hach, the microbiological parameters (fecal coliforms) by the membrane filtration method and the parasitological study by the centrifugation method; according to the requirements of the NTE INEN 1108 standard "Drinking Water Requirements". In addition, the microbial resistance of the bacterium *Escherichia coli* was studied using the Kirby and Bauer method. It was determined that the water of the JAAP of the Zazapud Hospital community complies with the maximum limits allowed by the standard in terms of physical and chemical parameters; in the microbiological parameters, 100% of the samples are above the limit allowed by the standard (<1 CFU). The parasitological analysis revealed the prevalence in 16,66% of *Entamoeba histolítica*, 4,16% of *Entamoeba coli*, 4,16% of *Giardia lamblia* and 12,50% of *mushrooms*. In the evaluation of microbial resistance (*Escherichia coli*), it was determined: resistance against Ceftazidime, intermediate resistance to Ampicillin and Neomycin and sensitivity to Nalidixic Acid, Amikacin, Kanamycin, Ciprofloxacin and Norfloxacin. Because the water of the JAAP of the Zazapud Hospital community does not meet the microbiological requirements, it is recommended to seek technical assistance from the relevant authorities so that a conventional treatment system such as chlorination is implemented, without forgetting the future implementation of a potabilization system.

Keywords: <BIOCHEMISTRY>, <WATER QUALITY>, <WATER MICROBIOLOGY>, <BACTERIAL RESISTANCE>, <CENTRIFUGATION METHOD>, <FILTRATION BY MEMBRANE>, <COLUMBE (PARISH)>.

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital y propio de la naturaleza que se encuentra en mayor porcentaje en el planeta tierra. La contaminación y falta de saneamiento de la misma, se relaciona con la transmisión de enfermedades como diarreas, cólera, hepatitis A, disentería, poliomielitis y la fiebre tifoidea (OMS, 2017a).

A nivel mundial, las condiciones deficientes del abastecimiento del agua, saneamiento e higiene es el segundo problema que afecta a la salud de la población después de la mala nutrición. A más de generar enfermedades en millones de personas también conlleva a pérdidas económicas; esto se debe a que la producción de los países se ve disminuida por el elevado número de días laborables que dejan de trabajar los empleados al verse incapacitados por infecciones contraídas por los problemas relacionados con el agua potable (Osorio and Espinosa, 2017).

De acuerdo al informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 6 de cada 10, o 4500 millones de personas, carecen de un saneamiento seguro de agua, como resultado de esto 361 000 niños menores de 5 años mueren cada año a causa de la diarrea (OMS, 2017b).

La tasa media de morbilidad general en el Ecuador por “Diarrea y gastroenteritis por origen infeccioso” se ubica en tercer lugar con valor de 18,89 de acuerdo el INEC 2014, debido a que en el agua se transporta los microorganismos infecciosos de origen hídrico, se considera como el principal foco de contaminación.

La contaminación de agua ya sea superficial o subterránea puede surgir por distintos factores, convirtiéndose al final en un problema significativo en países en desarrollo. La contaminación por arrastre de material fecal de animales de sangre caliente en la que se considera también al hombre, es el principal problema de contaminación del agua; esto debido a las condiciones climáticas ya sea por viento o lluvia y otros problemas también son las malas conexiones de captación, falta de higiene en los tanques de recolección y almacenamiento y la avería en las tuberías de distribución.

A nivel mundial la población tiene el derecho de acceder a agua que cumpla con todos los requisitos de calidad, así en nuestro país se maneja la norma NTE INEN 1108: 2014 Quinta Revisión “Agua Potable Requisitos” que garantiza el mismo. Además existen leyes como: Ley Orgánica de Salud, Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua y otras leyes que amparan y protegen a la población.

La Junta Administradora de Agua Potable (JAAP) de la Comunidad Zazapud Hospital, de la parroquia Columbe, cantón Colta, provincia de Chimborazo dispone de agua con que abastece a setecientos habitantes mediante el sistema de entubación, los cuales provienen de cuatro puntos de captación ubicados en los sectores Tzana Puggio, Huagra Huañuna, Hierba Buena, Alma Huañuna. Esta agua se recolecta en los distintos tanques de almacenamiento y se distribuye a la población sin tratamiento alguno; esto reduce la confianza de que el agua cumpla con los requisitos de calidad y en especial en los parámetros microbiológicos, pudiendo ser así el principal portador de enfermedades.

Al ejecutar el análisis de la calidad de agua en la comunidad de Zazapud Hospital, se evaluó los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos, con lo que se logró informar a los administradores de la Junta que se debe trabajar conjuntamente con las autoridades encargadas, para garantizar la calidad de agua que consume la población.

Para el muestreo de agua se utilizó las siguientes normas, NTE INEN 2176:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo”, NTE INEN 1105:1983 “Aguas. Muestreo para examen microbiológico”, y la NTE INEN 2169:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras”, aplicados en los 24 puntos de muestreo que conforma por 4 tanques de captación, 6 tanques de almacenamiento y 14 redes de distribución.

La norma NTE INEN 1108: 2014 “Agua Potable Requisitos” fue la base para comparar resultados y plantear conclusiones sobre la calidad de agua de la comunidad Zazapud Hospital. Además se pudo aislar e identificar la bacteria *Escherichia coli* causante de enfermedades infecciosas para determinar la sensibilidad bacteriana, el cual fue resistente a Cefotaxima y resistencia intermedia a Ampicilina y Neomicina.

Todos los resultados obtenidos en esta investigación se socializó con las autoridades de la Junta y los comunitarios, logrando que se comprometa en buscar ayuda en las autoridades pertinentes al GAD de Cantón Colta, para la implementación de un sistema de cloración que ayudará a mejorar la calidad de agua y por tanto la calidad de vida de la población

ANTECEDENTES

De acuerdo al informe emitido por la OMS y UNICEF:

3 de cada 10 personas, o 2.100 millones de personas, carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10, o 4.400 millones, carecen de un saneamiento seguro; como resultado, 361.000 niños menores de 5 años mueren cada año a causa de la diarrea. El saneamiento deficiente y el agua contaminada también están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea (UNICEF, 2017).

El agua debe ser accesible, suficiente e inocuo para todos, ningún ser humano “debe morir o enfermarse como resultado de beber agua contaminada, ni tampoco debe estar expuesto a los excrementos de otras personas o no disponer de un lugar para lavarse las manos” (OMS and UNICEF, 2017).

El abastecimiento del agua, que proviene de manantiales, ojos de agua, ríos y arroyos, a nivel rural es nada más del 62%, y en su mayoría son contaminadas debidas a la exposición y arrastre de partículas orgánicas e inorgánicas, y esta por la falta de potabilización generan enfermedades gastrointestinales, causando morbilidad y mortalidad (Chino et al., 2016; p. 366).

Debido a que el agua es el líquido vital e irremplazable, a nivel mundial se ha realizado incalculables análisis sobre la calidad física, química y microbiológica del agua que ayudará a garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, como lo indica el apartado seis de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CEPAL, 2018).

Así en Honduras (Mejía, 2007) se realizó análisis socio ambiental de la calidad del agua para consumo humano en la micro cuenca El Limón, donde se determinó que la calidad del agua se ve afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física, y por contaminación biológica con coliformes fecales, haciendo de esta no apta para el consumo humano. Además en los análisis de agua envasada realizado en municipio de Montería departamento de Córdoba durante cinco meses, se comprobó que existen variaciones en cuanto a los parámetros físicos y químico mientras la calidad microbiológica permaneció constante durante la investigación (Simanca et al., 2010, p. 73).

También este tipo de análisis se ha realizado a nivel sudamericano, (Nienblas and Martinez, 2014) indican que el agua del municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe Colombiano, no cumple

en su totalidad con los estándares establecido por la Resolución 2115 del 2007, debido a que existen parámetros microbianos como coliformes; químicos como cloruros, calcio y magnesio y físicos como dureza que están fuera del rango permitido.

En el 2017, en San Valentín, perteneciente al municipio venezolano de Maracaibo, también se realizó la evaluación de la potabilidad del agua para consumo humano, donde concluyó que el agua de la tubería de aducción requiere tratamiento convencional completo para su purificación, mientras que el agua de los pozos requiere tratamiento de desalinización (Bracho and Fernández, 2017; p. 343).

En Ecuador, también se ha realizado varias investigaciones en referente a la calidad de agua.

En la provincia de Chimborazo, parroquia Punín, (Yubaille, 2017) al realizar evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua, determina que no cumple con los parámetros físicos (color, turbidez, STD), microbiológicos (presencia de *Escherichia coli*) la misma que es resistente a la Ampicilina y Penicilina y halla parásitos que contaminan el agua, concluyendo que no es apta para el consumo humano; así en la provincia de Tungurahua, cantón Quisapincha (Jessica Ortiz, 2016), concluyó que al ser analizado el agua de consumo humano frente a las normas NTE INEN1108 cumple con los parámetros microbiológicos, físicos y químicos haciendo una excepción en el contenido de hierro y fosforo.

JUSTIFICACIÓN

La JAAP de la comunidad de Zazapud Hospital, dispone de cuatro vertientes de agua que abastece suficientemente a toda la población, pero se desconoce la calidad de la misma, el agua es distribuida por sistema de entubación simple que se ha renovado aproximadamente hace 5 años, a pesar de esto no presentan un buen sistema de captación del agua en los lugares denominados; Tzana Pugio, Huagra Huañuna, Hierva Buena y Alma Huañuna.

Debido a que la comunidad de Zazapud Hospital pertenece a una parroquia rural, no cuenta con recursos económicos suficientes que permitan potabilizar el agua, aún si tuviera las posibilidades la cuestión es que los mismo pobladores no lo permitirían, porque tienen la idea de que van a adueñarse del agua o ven un gasto adicional a la hora de pagar de la misma obviando el riesgo para la salud. Esta es la razón por la que se ejecutó el presente proyecto con el fin de analizar y

socializar los resultados que se arrojen sobre la calidad del agua que se consume y así concientizar para mejorar la calidad de vida de los pobladores.

A pesar de que hace pocos años han realizado cercos para proteger las vertientes y tanques de almacenamiento, se pudo observar que hay crecimiento de algas en el tanques de captación Tzana Pugio, y en la mayoría de los tanques de almacenamiento alrededor de los cercos, se encuentra rodeado abundantemente de los pastizales que usan como lugares preferidos para alimentar a los vacunos, lo que aumenta el riesgo de contaminar con la materia orgánica; así mismo se identificó que las redes de distribución estaban ubicadas fuera de los domicilios, en algunos casos llaves de agua averiado y tubos remendados. Todo esto ha sido una razón más para evaluar la calidad de agua mediante el análisis físico, químico, microbiológico y además se ha visto de vital importancia analizar la resistencia de bacteria.

Para cumplir con la investigación sobre la calidad de agua de la Junta Administradora del Agua Potable de la comunidad Zazapud Hospital se planteó los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar física-química y microbiológicamente el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, parroquia Columbe, cantón Colta, provincia de Chimborazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físico-químicas (color, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos; pH, nitritos, nitratos y flúor) del agua de consumo humano de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, según lo estipulado en la NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01.
- Realizar la evaluación microbiológica, bacterias (Coliformes fecales) a través del método de filtración por membrana y parasitológicas (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*) a través del método de centrifugación del agua de consumo humano de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, según lo estipulado en la NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01.
- Estimar el perfil de resistencia microbiana en cepas de bacterias identificadas y aisladas del agua de consumo humano de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.
- Identificar los factores que contribuyen en la contaminación del agua en la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Agua

La norma (NTE INEN 1108, 2014a) define al agua potable como, aquellas que es tratada con la finalidad de garantizar sus características físicas, químicas y microbiológicas para el consumo humano.

El agua es muy valioso, y necesario para todos los seres vivos. El agua constituye el 55% del peso corporal de una persona, sufre una deshidratación cuando existe una pérdida de dicho líquido en la células, esto pueden generar fallas cardiacos e incluso hasta pueden provocarle la muerte. También el agua juega un papel muy importante en muchas otras actividades como la agricultura, la ganadería, los procesos industriales y la obtención de energía. El agua se utiliza diariamente en el aseo personal, en la alimentación para calmar la sed etc., debido a que abunda en el planeta tierra. Si echamos un vistazo al mapamundi también vemos que la mayor parte se encuentra pintada de azul que corresponde al agua, sin embargo no todo es apta para el consumo ni tampoco todas las personas tienen posibilidades de acceso a este apreciado elemento, este ha sido la razón por la que ciertos países no han podido tener un buen desarrollo (Crespo José, 2013; citado en Ortíz Jéssica, 2016a; p.5).

Debido a que el agua es esencial para la vida y por ende todos los seres vivos especialmente las personas deben tener acceso al agua suficiente e inocuo. El tener acceso al agua potable evidentemente proporciona beneficios para la salud, por esta razón se debe realizar el mejor esfuerzo para tener agua con máxima inocuidad (Organización Mundial de Salud, 2006).

1.2 Tipos de Agua

1.2.1 Agua tratada

Se define como agua tratada aquella agua contaminada a la que se ha mejorado la calidad física, química y bacteriológica proveniente de distintas fuentes a fin de entregarla al uso y consumo, apta, inocua y aprovechable para el hombre, animales, agricultura e industrias y cuyo tratamiento debe incidir en los aspectos higiénicos, estéticos y económicos. El tratamiento del agua puede realizarle de acuerdo a los defectos que deban tratarse o corregirse. Para esto será necesario varios

procedimientos y deberá tomar en cuenta la eliminación de dichos efectos y las condiciones locales de la instalación (Orellana Jorge, 2005; p.1).

El agua tratada para el uso y consumo humano debe cumplir con las regulaciones de cada país, es así que en Ecuador para la calidad de agua de consumo humano están reguladas por la NTE INEN 1108-2014.

1.2.2 Agua de consumo humano

Se conoce así todas aquellas aguas que resultan de un proceso de tratamiento o que provengan de fuentes naturales, como pueden ser los ríos, lagos, nevados. El requisito primordial de este tipo de agua es que no debe dañar la salud de las personas. La cantidad adecuada de agua para consumo humano es de 50 l/hab-día, la cual es utilizada para beber, en la higiene personal diario, preparación de alimentos y otros usos domésticos(Mantilla G. 2016a:p.34).

1.2.3 Agua potable

De acuerdo a la norma (NTE INEN 1108, 2014b) define al agua potable como aquellas que es tratada con la finalidad de garantizar sus características físicas, químicas y microbiológicas para el consumo humano.

Se puede definir también al agua potable como aquella que al utilizar, consumir o beber no afecten o causen alguna alteración en nuestra salud. Además el agua potable no debe contener microorganismo o cualquiera otra sustancia que pueda perjudicar o provocar alguna enfermedad en nuestra salud (Mantilla G. 2016b:p.34).

Para cumplir con todo esto es necesario que el agua de consumo humano, antes de llegar al hogar debe ser tratada en una planta potabilizadora. Es aquí donde cumplirá con todos los procesos hasta que esté en condiciones adecuadas para el consumo humano (Mantilla G. 2016c:p.35).

1.3 Fuentes de agua en la naturaleza

En la naturaleza se puede encontrar tres fuentes de agua; la subterránea, la superficial y las pluviales.

1.3.1 Agua subterránea

Este tipo de agua se encuentra en forma de bolsas debajo de la superficie de la tierra, específicamente ubicadas entre capas de rocas y partículas sedimentarias. La temperatura de estas mantiene al igual que la de zona, alterando dependiendo de las estaciones del año. Esta agua representa el 20% del agua dulce y el 3% del total a nivel global y está conformado por manantiales, pozos y nacientes (BVC, 2017a).

Este tipo de agua es generalmente libre de microorganismos patógenos por lo que es apto para el consumo humano, pero a pesar de eso es esencial conocer las características físicas, químicas y microbiológicas antes de consumo para cerciorar su inocuidad (BVC, 2017b).

1.3.2 Agua superficial

Es cualquiera agua que se encuentra sobre el suelo. Está constituido por arroyos, ríos, lagunas y lagos. Debido a que está al ambiente está muy propensa a ser contaminado por descargas domésticas, residuos de industrias y actividades mineras, pesticidas e insecticidas usados en la agricultura residuos sólidos y otros (BVC, 2017c).

En caso de que se utilice esta agua para el consumo humano, es necesario someter a un proceso de tratamiento después de las pruebas físicas, químicas y microbiológicas.

1.3.3 Agua pluvial

Se conoce así al agua proveniente de la lluvia, esta se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo (Laso, 2012).

1.4 Calidad de agua

Para todo ser vivo del planeta es esencia y muy importante el agua. Por esto, su calidad es significativo en todos los países ya que se relaciona directamente con la salud de la población, calidad ambiental de los ecosistemas y el desarrollo económico nacional (Picazo, 2016a).

Los factores que determinan la calidad del agua son los parámetros químicos, físicos, biológicos y radiológicos, estas determinan si es apto para el uso y consumo humano o no. Es necesario

recaltar que los requisitos para el agua de consumo humano y de riego son diferentes (Picazo, 2016b).

Las causas naturales (geología del terreno) y artificiales (contaminaciones) son los factores de la mala calidad de agua. Además la mínima o nula gestión de las autoridades competentes y ausencia de tratamientos adecuados sobre los residuos humanos, industriales y agrícolas resultan como las principales fuentes de contaminación. Por esto es necesario establecer los tratamientos y límites necesarios del agua para los distintos usos y actividades (Picazo, 2016c).

1.4.1 Factores contaminantes de agua

Entre varios contaminantes del agua los más definidos son (compuestos orgánicos, inorgánicos y microbios), de los cuales la Organización Mundial de la Salud considera los microbios como la principal amenaza, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (Lösch et al., 2015a; P.89).

Debido a que el agua tiene la capacidad de purificar por su ciclo natural, se convierte en un vertedero común de los residuos generados por las actividades diarias como, desechos químicos, pesticidas, metales pesados, residuos reactivos, etc (Lösch et al., 2015b; p.90).

1.4.1.1 Desechos orgánicos

Los desechos orgánicos es un conjunto de residuos producidas por el propio hombre o también por los animales como el ganado etc. Generalmente estos desechos son descompuestos por las bacterias aeróbicas, es decir en este proceso se consume oxígeno. La materia orgánica que más se considera en los análisis de agua es las heces (Echarri, 2007a;p.2)..

La abundancia de este material orgánico permite la proliferación de las bacterias agotando el oxígeno, y por lo tanto para los animales que viven en el agua no es apto este medio, mucho menos para el uso y consumo humano ya que en humanos incluso puede causar enfermedades crónicas. Los índices para medir la contaminación del agua por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto (OD), y la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Echarri, 2007b;p.2).

1.4.1.2 Microorganismos patógenos

Los microorganismos que contaminan el agua como virus, protozoos bacterias y otros organismos causan enfermedades graves como el cólera, tifus, hepatitis, gastroenteritis etc. Los virus entéricos como Poliovirus, virus Coxsackie A y B, Echovirus, Rotavirus, Adenovirus y el virus de la hepatitis A y microorganismos patógenos como *Cryptosporidium*, *Legionella* y *Giardia* son frecuentemente transmitidos por el agua y han causado brotes epidémicos en distintos países, especialmente las que están en vías de desarrollo causando muerte precoz en la población más vulnerable como son los niños, ancianos. Comúnmente estos patógenos llegan a contaminar el agua por las heces y restos orgánicos que provienen de las personas infectadas (Reasoner, 1991; p.5).

1.4.1.3 Sustancias químicas inorgánicas

Estas sustancias que pueden contaminar el agua pueden ser sales, ácidos, compuestos de metales pesados como el mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. Si estas sustancias están en cantidades elevadas pueden causar daños muy graves en cualquier ser vivo, además puede disminuir el rendimiento en la producción agrícola y corroer los equipos que se usan para trabajar. Estas sustancias surgen de pesticidas y herbicidas por lo que es necesario reducir su uso (Mantilla, G.2016d;p.56).

1.4.1.4 Nutrientes vegetales inorgánicos

Pertenecen a este grupo de sustancias químicas como el nitrato y fosfatos necesario para el desarrollo de las plantas y que son solubles en el agua, si se encuentra en cantidades elevadas provoca el crecimiento excedido de organismos y algas llevando a la acumulación de residuos orgánicos en el agua. Una vez muerto, los microorganismos que descomponen estas algas y otros vegetales, agotan el oxígeno y hace imposible la vida de otros seres vivos. Como resultado de esto el agua es maloliente e inutilizable (Calderón Valdiviezo, 2015; p. 34).

1.4.1.5 Compuestos orgánicos

Entre los compuestos orgánicos podemos encontrar hidrocarburos poliaromáticos, éter de metilo, butilo terciario, combustible oxigenado, resinas, bisfenoles, ftalatos, adipatos y los plastificantes que son derivados de productos industriales; estos al contaminar el agua pueden generar problemas de salud en el consumidor. Estos contaminantes se consideran como prioritarios y contienen algunos productos de degradación como 1,4-dioxano un compuesto muy soluble en el

agua, que resiste al proceso de biodegradación natural y se lixivia con facilidad a aguas subterráneas (“Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos,” n.d.).

1.4.1.6 Sedimentos y materiales suspendidos

Resultan del incremento de la deforestación, plantación y uso agrícola del suelo, el cual incrementa la movilización de sedimentos, nutrientes y material particulado. Estas una vez suspendida en el agua eleva la turbidez de la misma y hace imposible la vida de algunos seres vivos. Es importante indicar que en la época de lluvia los sedimentos y materiales suspendidas aumentan (Escóbar Llanos, 2002a; p.37).

1.4.1.7 Contaminación térmica

Surge cuando las industrias y plantas de energía utilizan el agua para condensarlo las turbinas o para generar energía. Al liberar agua caliente hacia los efluentes disminuye la capacidad de retención de oxígeno, y esto conlleva a efectos negativos en especial para seres vivos de sangre fría como los peces (Escóbar Llanos, 2002b; p.37).

1.5 Sistema de abastecimiento de agua

Es un sistema que permite captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde las fuentes naturales hasta los consumidores que son beneficiados con el dicho sistema. Tiene como objetivo primordial la disposición a los habitantes, agua en cantidad y de calidad física, química y microbiológica idónea; ósea apta para el consumo humano por lo que es vital para la supervivencia (“MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO,” n.d.).

1.5.1 Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

La infraestructura que se diseña para este sistema es compartida con los usuarios, permite abastecer el agua hacia los domicilios mediante conexiones o a nivel comunitario con piletas públicas. Para las medidas de construcción, servicio, operación y mantenimiento se puede adoptar medidas comunitarias y es indispensable que supervise y asesore el personal técnico (“MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO,” n.d.).

1.5.2 Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

En este sistema el agua que se va a proveer a la población se encuentra en elevaciones superiores y cae por gravedad, esta fuente de agua es de buena calidad por lo que no requiere un previo tratamiento a su distribución, cabe recalcar también que no requiere un tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los consumidores. “La fuente de abastecimiento es un manantial o una galería filtrante (“Manual de Procedimientos Técnicos en Saneamiento,” n.d.).

En este tipo de sistema la exigencia de la desinfección nos es severo, debido a que esta agua ha sido filtrada en el poroso del subsuelo presenta buena calidad microbiológica. A pesar de esto es necesario realizar desinfección antes de su repartición y uso humano (“Manual de Procedimientos Técnicos en Saneamiento,” n.d.).

Este tipo de sistema presenta los siguientes componentes:

- Captación.
- Línea de conducción.
- Tanque de almacenamiento.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.

1.5.3 Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

Este sistema consta de estructuras que permiten llevar el agua a los consumidores a través de conexiones domiciliarias. Cuando no se requiere bombear el agua se conoce como sistemas por gravedad con tratamiento. Lo particular de este sistema es que cuenta con plantas de tratamiento para garantizar la calidad física, química y microbiológica del agua, proceso en la que se vuelve apto para el consumo humano. Debido a que estos sistemas son más complejos que los sistemas sin tratamiento es necesario realizar mantenimientos periódicos (Carnqui, 2016a: p.21).

Este tipo de sistema presenta los siguientes componentes:

- Captación.
- Línea de conducción.
- Planta de tratamiento.

- Reservorio.
- Redes de distribución.
- Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

1.5.4 Tratamientos de agua en los sistemas convencionales

El tratamiento depende de la fuente del agua, si esta es subterránea el mismo suelo actúa como un filtro natural reteniendo todos los sedimentos que este arrastrando; pero si el agua es superficial será necesario realizar una filtración convencional que es el primer paso del tratamiento (“Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones,” n.d.). Los requerimientos de este proceso dependerán del agua cruda que se va utilizar para abastecer a la población, por tanto es necesario realizar los análisis físicos químicos y microbiológicos (“Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones,” n.d.).

Como sistemas de filtración en la localidad puede ser:

- Filtro lento de arena
- Filtro rápido
- Tratamiento químico

1.5.5 Filtro lento de arena

Es un sistema de tratamiento convencional que se trata de paso del agua a través de una capa de arena en donde previamente se ha creado condiciones idóneas para una acción biológica. Este proceso dura de tres a doce horas. De acuerdo al manual emitido por DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA indica que los “*microorganismos benéficos como placton, algas, etc., atrapan y se alimenta de la mayoría de las bacterias e impurezas que contienen el agua; además ayuda en la reducción de bacterias hasta un 95%, reducción de color hasta un 30%, reducción de la turbidez y reducción satisfactoria de olor y sabor*” (“Manual de Procedimientos Técnicos en Saneamiento,” n.d.).

1.5.6 Filtro rápido

Es un método de tratamiento convencional que requiere de una previa filtración donde pasa a través de grava gruesa y fina, cuyo fin es disminuir la densidad del material suspendido en el

agua antes del ingreso a filtros rápidos. Este último consta de cuatro fondos empezando por la parte interna un falso fondo, capa de piedra, capa de grava y capa de arena (Carnqui, 2016b: pp.23). Este proceso permite el paso de agua a velocidades de 4 a 50 m/h. La limpieza debe ser cada 24 a 48 horas debido a que el sedimento se acumula en cantidades elevadas.

1.5.7 Tratamiento químico

Es un proceso químico que permite la desinfección del agua en donde los microorganismos son destruidos o inactivados. La eficacia de este proceso se mide determinando la presencia de *Coliformes totales y fecales* que actúan como indicadores. En este tratamiento la cloración es el método más utilizado, la fuente de la misma puede ser hipoclorito hiperconcentrado, cal clorada, o el hipoclorito sódico. También el yodo no se puede descartar debido a que es un desinfectante adecuado (Carnqui, 2016c: p.23).

1.6 Aspectos generales del muestreo

1.6.1 Representatividad de la muestra

El punto de recolección de las muestras se ubica de manera que, sea lo más representativo posible de las características generales del cuerpo de agua. Esto significa, que es necesario que el cuerpo de agua se encuentre totalmente mezclado en el punto donde se tomará la muestra; evaluando la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo para asegurar la homogeneidad de la muestra. Cabe señalar, que una excesiva turbulencia puede afectar los valores de algunos parámetros como oxígeno disuelto y pH (Villada, 2014a:pp.16).

Cabe recalcar que la toma de la muestra representativa del agua a analizar dependerá también de la habilidad del investigador.

1.6.2 Técnicas de muestreo

De acuerdo a las normas (NTE INEN 2176, 1998a) define que el muestro “es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas”. Para un muestreo adecuado no es necesario equipos de punto ya que en la mayoría de casos no aumenta el porcentaje de precisión en los resultados. Más bien es necesario conocer el situ apropiado donde se va tomar la muestra, la forma como se va tomar la muestra y el manejo adecuado del equipo disponible para tomar la muestra.

1.6.3 Preservación de la muestras

Sobre la conservación de la muestra indica que *“independientemente del tipo de muestra de que se trate, nunca puede conseguirse la estabilidad completa de todos los componentes. En el mejor de los casos, las técnicas de conservación sólo retrasarían los cambios químicos y biológicos que inevitablemente se producen después de la toma”* (Pérez et al., 2013). La técnica más utilizada para reducir estos cambios es la refrigeración a 4 °C pero evitando la congelación; dicho proceso se puede llevar a cabo en neveras portátiles o recipientes con hielo. El análisis del agua debe ser cuanto antes posible una vez que llegue al laboratorio y el uso de los conservantes químicos se recomienda solamente si no va a alterar el análisis.

1.6.4 Frecuencia del muestreo

De acuerdo a (Villada, 2014b:p.16) menciona que *“la frecuencia de muestreo depende del propósito establecido en el programa de muestreo”*. Es así que, si se requiere realizar control en una planta de tratamiento será necesario ejecutar el muestreo diariamente, hay otros objetivos que requieren que el agua sea muestreada cuando el caudal sea alto o bajo. Además la frecuencia de muestreo y el análisis del agua están definidos en las normas establecidas de cada país.

1.6.5 Tipo de muestras

1.6.5.1 Muestras simples

Es la muestra obtenida en un lugar y tiempo determinado que revela la composición de la fuente en ese momento y lugar. La norma *“recomienda tomar muestras puntuales o simples 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”*(Técnica et al., 2013) (NTE INEN 2176, 1998b).

Este tipo de muestreo es recomendado también cuando el fin del programa de muestreo es determinar si la calidad de agua cumple o no con el promedio establecido.

1.6.5.2 Muestras compuestas

Se denota así a la mezcla de muestras que se ha obtenido en un mismo punto pero a diferente intervalo de tiempo.

Las normas (NTE INEN 2176, 1998c), indica que “estas muestras se toman cuando las variaciones en el criterio de calidad del agua y la variación del flujo del efluente no están relacionados”.

Este tipo de muestreo conlleva a ahorros en costo y esfuerzo en comparación con el análisis de muestras por separado, y su postrer cálculo de promedio (Carnqui, 2016d: pp.26).

1.6.5.3 Muestras continuas

La norma (NTE INEN 2176, 1998d), indica que 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”. Este es un método recomendado para agua corriente.

1.7 Parámetros físicos del agua

Las propiedades físicas son factores esenciales que brindan información sobre el tipo, estado, característica organoléptica del agua (Rodríguez-Alvarez et al., 2017a: p. 367).

1.7.1 Color

Se conoce que el agua es transparente e incolora, pero puede haber sustancias disueltas, material inorgánico suspendido, y microorganismos de las que depende el color. Cuando hay la presencia de material suspendido como arcilla, sedimentos glaciares puede tornar a color marrón o gris; aún más se puede presenciar colores espectaculares como verde, rojo, azul por la presencia de microorganismo y algas (Demera and Pacheco, 2015a:p. 32).

En cuanto al color existen dos tipos, el verdadero y el aparente; su intensidad dependerá de la cantidad de sólidos suspendidos o disueltos en el agua. El color verdadero se debe a los sólidos en solución en el agua natural, es decir, es el color del agua una vez que se ha removido los sólidos en suspensión. El aparente en cambio es el color del agua cruda debido a la presencia de sólidos en suspensión. El color que se llega a determinar en una muestra de agua es el verdadero y no el aparente (Demera and Pacheco, 2015b:p. 32).

1.7.2 Turbiedad

La turbiedad se refiere a la dispersión de los rayos luminosos al traspasar una muestra de agua, o en otras palabras es la carencia de la claridad del agua. Esto puede ser debido a la presencia de sedimentos, restos vegetales, microorganismos etc (Olivero Verbel et al., 2013a: p. 21).

Las bacterias, virus y parásitos son partículas coloidales que pueden adherirse a otro tipo de materia en suspensión, generando el aumento de la turbidez y el riesgo de enfermedades gastrointestinales. Debido a lo anterior, la remoción de la turbidez es indispensable antes de llevar a cabo la fase de desinfección del proceso de potabilización del agua (Olivero Verbel et al., 2013b: p. 21).

Las partículas coloidales están cargadas negativamente por la presencia de grupos RCOO⁻ y OH, esto hace que la velocidad de sedimentación sea baja. “La carga negativa en la superficie causa repulsión entre las partículas, evitando la aglomeración y la formación de partículas más grandes que sedimentarían fácilmente” (Guzmán et al., 2013).

1.7.3 Conductividad

Es la medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala (Sanabria Doris, 2006a; p.2).

Los iones positivos que generalmente se puede encontrar en el agua es, sodio, potasio, calcio y magnesio; y los iones negativos puede ser carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruro. Y este parámetro se mide en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Sanabria Doris, 2006b; p.2).

1.7.4 Sólidos totales disueltos

Conforma el material que se encuentra suspendida, material coloidal, material sedimentable y material disuelta en el agua. Estos materiales afectan la calidad del agua, en caso de que es ingerido por el hombre provoca una sensación no grato al paladar e incluso puede desencadenar reacciones adversas en el organismo (Jessica Ortíz, 2016a, p. 40).

La presencia de los sólidos totales en el agua es “desagradable a la vista, e incluso los elementos biológicamente activos pueden ser agentes tóxicos causantes de enfermedades” (Demera and Pacheco, 2015b: pp.35).

1.8 Parámetros químicos del agua

El agua misma es una sustancia química, compuesta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. La calidad química del agua depende de otras sustancias químicas que pueden estar disueltas en ella; para evaluar esto se basan en normas establecidas en cada país que definen un rango que hace factible para el uso y consumo humano (Jessica Ortíz, 2016b; p.40).

1.8.1 pH

Es la determinación de iones hidronio en el agua (H_3O^+). Para evaluar este parámetro la muestra no debe ser conservada mayor a 24H después y debe mantener a temperatura menor a 7°C. El instrumento con la que se mide es el pH metro o potenciómetro que establece un rango de 1 a 14, acidez y alcalinidad respectivamente. Normalmente las aguas presentan pH entre 4 y 9. Las aguas pueden ser alcalinas ($pH > 7$) debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos, y pueden provocar precipitación de sales insolubles; mientras las aguas ácidas ($pH < 7$) inducen a la corrosión de objetos metálicos (Jessica Ortíz, 2016c; p.41).

Sobre ese parámetro (Zabala et al., 2014: p. 563) indica que “la desinfección con cloro reduce la alcalinidad, por las propiedades ácido-base del cloro que al hidrolizarse, forma el ácido hipocloroso, que se disocia en iones de hidrógeno”.

1.8.2 Nitratos

El nitrógeno en la naturaleza se encuentra en su forma orgánica, al ser descompuesto por los microorganismos pasa a su forma inorgánica (nitrato). Es un compuesto esencial y muy utilizado por las plantas, pero si estas no la utilizan son arrastrados por el agua de lluvia hasta las aguas superficiales. Otra fuente de los nitratos que contaminan el agua, es por el uso de los fertilizantes en los cultivos, que al ser suministrado en exceso sigue el mismo proceso para contaminar el agua. Por tanto la principal fuente contaminante de agua es el uso de los nitratos artificiales (Rodríguez Ramo, 2014a; p. 5)

El nitrato en si no causa daño en el organismo, incluso está presente en las verduras que se utiliza en la dieta diaria. El problema surge cuando es transformado en nitrito, y frecuentemente afecta a neonatos menores a tres meses, mujeres embarazadas, y personas que presenten acidez gástrica como los adultos mayores (Jessica Ortiz, 2016d; p.42).

1.8.3 Nitritos

Cuando existe la presencia de carácter fecal los valores de este compuesto se elevan, por lo que se utiliza como indicativo. Las concentraciones normales de este compuesto es menor a 0.1 mg/L, si su concentración supera es tóxica y muy cancerígena. En el organismo pueden reaccionar con amidas y aminos secundarias y terciarias dando como resultado nitrosamidas también un producto muy cancerígeno (Jessica Ortiz, 2016e; p.41).

Todos los problemas de salud relativos a los nitratos están relacionados con su conversión a nitritos, que son una molécula reactiva asociada a numerosos problemas: la conversión más común a compuestos N-nitrosos, la formación de metahemoglobina y el cáncer (Rodríguez Ramo, 2014b; p. 5)

1.8.4 Fluoruros

Es un elemento de la familia de los halógenos de bajo peso atómico y de gran electronegatividad que forma compuestos inorgánicos y orgánicos llamados fluoruros. Los seres vivos están expuestos a los fluoruros inorgánicos principalmente a través de la comida y el agua. Los fluoruros inorgánicos más relevantes son el fluoruro de hidrógeno (HF), de calcio (CaF₂), de sodio (NaF), hexafluoruro de azufre (SF₆) y fluorosilicatos. Los fluoruros se liberan en el ambiente a través de una combinación de procesos naturales y antropogénicos. Los procesos naturales incluyen la erosión de minerales que contienen flúor y las emisiones de los volcanes. Los procesos industriales en los que interviene el flúor incluyen la combustión de carbón, la producción de acero y otros procesos de fabricación (producción de aluminio, cobre y níquel, procesamiento de mineral de fosfato, producción de fertilizantes de fosfato, fabricación de cristal, ladrillos y cerámica). Estos procesos causan la dispersión, acumulación y presencia de flúor en las aguas superficiales y subterráneas, principalmente en forma iónica o combinado con aluminio en el aire como gases o partículas, en el suelo principalmente combinado con calcio o aluminio y en los seres vivos. En el ser humano el fluoruro está principalmente asociado a tejidos calcificados (huesos y dientes) debido a su alta afinidad por el calcio. Los niveles de flúor en aguas superficiales varían ampliamente según la localización geográfica y la proximidad a

fuentes de emisión pero son generalmente bajos, entre 0,01 y 1,5 mg/L (1,2-1,5 mg/L en el mar y 0,01-0,3 mg/L en el agua dulce). La presencia de rocas naturales ricas en flúor (como granito, gneis y sedimentos de origen marino) y la actividad geotermal o volcánica aumentan los niveles de flúor en el agua. Además, los niveles bajos de calcio en el agua pueden aumentar la solubilidad del flúor” (Gobierno Vasco, 2014: pp.17-22).

Las altas concentraciones de flúor se acumulan en los huesos y dientes.

1.9 Parámetros microbiológicos del agua

Es conocido que la calidad microbiológica del agua para consumo y uso humano puede variar rápidamente, y si una población se expone simultáneamente puede desencadenar brotes de enfermedades antes que la contaminación pueda ser detectada. Es por esto que el control de los microorganismos en el agua indicado por la norma NTE INEN 1108, tiene importancia primordial debido a su efecto inmediato en la salud de la población. Además, cada uno de estos microorganismos es tomado como indicador del funcionamiento del proceso de potabilización (Rodríguez-Alvarez et al., 2017b:p.367).

1.9.1 Coliformes totales

Son microorganismos que abarcan varios géneros de la familia *Enterobacteriaceae*. Habitualmente estos microorganismos se encuentran en tracto intestinal del ser humano, animales de sangre caliente, suelo y agua. El grupo que comprende parte de estas bacterias son los *bacilos Gram negativos aerobios, no esporulados, oxidasa negativa*; presentan la característica de fermentar lactosa con producción de gas y desarrollan máximo en 48H a 35°C ± 1°C. Además se encuentra establecido por cuatro géneros que comprenden *Enterobacter, Escherichia, Citrobacter, Klebsiella* y también se debe tomar en cuenta a *Serratia* (García and Iannacone, 2014; p.135).

1.9.2 Coliformes fecales

Son microorganismos conocidos también como coliformes termotolerantes, debido a que presentan su desarrollo óptimo entre 44-45 °C. Estas bacterias *Gram negativas* fermentan la lactosa produciendo un gas y puede ser aerobios o anaerobios facultativos (Moposita, 2015a: p. 34).

Estos microorganismos se representan generalmente con la *E. coli*, pero también se pueden encontrar otras menos habituales como las *Citrobacter freundii* y *Klebsiella* (Moposita, 2015b: pp. 34).

Debido a que este microorganismo yace en la flora intestinal, de las cuales mayor a 90% es *E.coli* se utiliza como indicativo de higiene en el agua y alimentos; así descartando o afirmando la contaminación fecal de origen humano o animal (Moposita, 2015c: pp. 34).

1.9.2.1 Escherichia. coli

Escherichia coli (E. coli) son bacterias Gram negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos. E. coli son tan pequeños que no se pueden ver sin un microscopio, sin embargo, su crecimiento puede verse como colonias en medios de agar (como gelatina) en condiciones especiales. La mayoría de las bacterias E. coli no causan enfermedad, pero si una persona se enferma de E. coli, el sitio primario de infección es el tracto gastrointestinal y los síntomas pueden incluir náusea, vómito, diarrea y fiebre. Esta bacteria vive y crece de forma natural en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y los animales, pero si entra en el lugar equivocado en el cuerpo, por ejemplo, los riñones o la sangre, puede causar enfermedad. La infección puede diseminarse en el cuerpo (a la sangre, el hígado y el sistema nervioso). Estos microorganismos se eliminan en el material fecal, o las heces, y la ruta de transmisión es “fecal-oral”. Los alimentos y agua contaminada son las formas más comunes de ser expuestos a E. coli. Hay tipos específicos (también llamadas “cepas”) de E. coli que pueden causar enfermedades y también hay tipos que no causan ninguna enfermedad. Algunos de los tipos dañinos de E. coli se clasifican en los siguientes grupos: Enterotoxigénico, Enteropatógenos, Enterohemorrágico y Enteroinvasivo y son transmitidos generalmente a través de alimentos y agua contaminada (Rock and Rivera, 2014. p.2).

1.9.3 Parásitos

Es aquel sistema biológico que vive a expensa de otro a la que se conoce como huésped, durante toda o una etapa de su vida.

En cuanto a la salud y la enfermedad, juega un papel importante entre el parásito, huésped y el medio ambiente. Además, existen algunos coadyuvantes que influyen sobre estos tres factores

que ayuda a la prevalencia de las parasitosis. Así por ejemplo en lo que respecta al último factor, el inadecuado saneamiento de agua contribuye a la parasitosis (Cabello, 2007a: pp.1285).

Muchos parásitos se consideran cosmopolitas debido a que se puede hallar en distintas áreas geográficas, entre las enfermedades más prevalentes a nivel mundial se puede mencionar: “giardiasis, tricomoniasis, amebiasis, enterobiasis, himenolepiasis, cisticercosis, tricocefalosis, ascariasis, teniasis, escabiasis y pediculosis” (Cabello, 2007b: pp.1285).

Un elemento importante que influye en las enfermedades parasitarias es el fecalismo, dándose de distintas formas; defecación al ras de suelo, uso de letrinas inadecuadas, drenajes defectuosos, riego de plantíos con aguas negras y deficiencia en la higiene personal (Cabello, 2007c: pp.1285).

1.9.3.1 Cryptosporidium parvum

Es un protozoo que se encuentra en la naturaleza infectando a muchos animales. La manera como se transmite al humano es de tipo fecal-oral que puede ser; por la ingesta de cualquier tipo de alimentos contaminados o agua, de animal a persona y de persona a persona (Doménech, 2003a; p.114).

El desarrollo del microorganismo se lleva a cabo en las células epiteliales del tracto digestivo de los animales o humano que usa como huésped. Una vez que se cumple todo el ciclo de vida, el ooquistes presente en la pared gruesa se elimina por las heces, mientras que los que están en la pared delgada se enquistan y provocan infección (enteritis) (Doménech, 2003b; p.114).

“Cryptosporidium generalmente provoca diarrea de resolución espontánea acompañada en ocasiones de náuseas, vómitos y fiebre que suele desaparecer en una semana en personas sanas, pero que puede prolongarse durante un mes o más” (Organización Mundial de Salud, 2006).

La transmisión hídrica se ha visto favorecido por varias características como; debido a que no presenta un hospedador específico, también porque que los parásitos son resistentes al ambiente y logran sobrevivir durante largos periodos en el agua, y por último su tamaño es pequeño, esto ayuda a escapar de los procesos de filtración utilizados en el tratamiento de aguas (Galván, 2013: p. 71).

El tratamiento convencional de agua con cloro no garantiza la eliminación de este parásito, por lo que la OMS indica que “no se puede confiar en el análisis de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) como índice de la presencia o ausencia de ooquistes de *Cryptosporidium* en los sistemas de abastecimiento de agua de consumo” (Organización Mundial de Salud, 2006).

1.9.3.2 *Giardia lamblia*

Es un protozoo flagelado que parasita en el aparato digestivo de los animales y humanos que utiliza como huésped. La *Giardia intestinalis* (lamblia o duodenalis) es la única que afecta al hombre causando enfermedad (giardiasis). La especie que es de origen humano es la *G. lamblia*, pero las otras que son de origen animal *G. duodenalis* y *G. intestinales* también pueden infectar al hombre (Alcaráz, 2017a: p.1).

El ciclo de vida es simple, se reproduce en el aparato digestivo el trofozoíto flagelado, mientras que el quiste infeccioso se reproduce en la pared gruesa y se elimina en intervalos regulares, pero en grandes cantidades por las heces. La infección con este protozoo puede ser asintomática, generalmente los niños portadores pueden permanecer si ninguna manifestación clínica (Organización Mundial de la Salud, 2006d: p.218).

Generalmente la transmisión es de forma directa, por contacto con personas o animales infectados (fecal-oral); y de forma indirecta, por el consumo de aguas o alimentos contaminados con quistes, este último suele ser del origen de brotes epidémicos. *Giardia* también se transmite por vía sexual(Alcaráz, 2017b: pp.2).

Aproximadamente el 60% de parasitación por *G. lamblia* generalmente en los niños y adultos es asintomática. Pero cuando es sintomática donde el parásito se incuba entre 3-45 días puede generar los siguientes síntomas; “intestinales (enteritis aguda, diarrea crónica, y malabsorción con esteatorrea y pérdida de peso), extra intestinales (erupción maculopapular, urticaria, aftas, poliartritis, colangitis, asma bronquial, iridociclitis, retinitis, etc.)” (Alcaráz, 2017c: pp.5).

1.9.3.3 *Entamoeba histolítica*

Es un protozoo comensal responsable de la amebiasis, invade generalmente el intestino grueso y ocasionalmente la mucosa intestinal, también puede diseminarse por la vía hemática. Se caracteriza por movimientos a través de las prolongaciones que se proyecta y retrae después de estímulos externos (Ecured, 2018a).

Puede presentar en dos formas en su ciclo de vida:

Quiste: son de forma redonda, miden de 10-16 μm , cubierta gruesa y presenta de 1-4 núcleos.

Trofozoito: gracias al ectoplasma que permite formar pseudópodo el protozoo es móvil, mide de 20-40 μm , y en su núcleo presenta cariosoma central compacto y cromatina (Gomez J. Cortéz J. et-al. 2007. P.37).

1.9.3.4 Entamoeba coli

Es un protozoo que se encuentra en el intestino del hombre y también en el de los animales, generalmente se halla en su estado comensal como en las personas sanas y enfermas. Aunque no causa enfermedad pero si las defensas y aún más si el individuo esta desnutrido puede causar daño.

Durante su desarrollo se puede hallar en varias etapas

Trofozoito: mide de 15-50 μm , presenta endoplasma con vacuolas digestivas y su movimiento es lento dado por pseudópodos.

Prequiste: presenta forma esférica, y expulsa a los alimentos no digeridos.

Quiste: presenta cromidias, mide de 10-35 μm y presenta hasta 8 nucleos (FigueredoElisa, 2012; p.14).

1.9.3.5 Áscaris lumbricoides

Es un parásito del intestino delgado del hombre, responsable de la ascariasis, se da por las malas condiciones higiénicas del agua y de los alimentos.

El contagio se da por la ingesta de los huevos que se elimina en las heces, los huevos son muy resistentes al calor y a la desecación por lo que en lugares húmedos y templados pueden pasar por varios años.

El macho mide de 15-20 cm y la hembra de 20-30 cm. El Huevo de áscaris lumbricoides mide aproximadamente 65 µm y se halla cubierto por una capa gruesa que aparece abultada. Para que el huevo sea infectante para el hombre debe pasar de 3-4 semanas en suelo húmedo y cálido hasta transformarse en larva móvil que es su primer estadio (Caratina, 2018).

La patología depende de la reacción inmunitaria del individuo, generalmente los síntomas de ascaridiasis son urticaria, inflamación, fiebre, hipersensibilidad, eosinofilia pulmonar simple o síndrome de Löffler (cuadro respiratorio agudo con tos, expectoración y estertores bronquiales) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2013).

1.10 Enfermedades relacionadas con el uso de agua contaminada

El derecho al agua y saneamiento es esencial para la salud pública y el desarrollo, aun así a nivel mundial existen millones de personas que no disponen de este líquido vital en particular en los países más pobres y si disponen son de mala calidad que se relaciona con múltiples enfermedades. La mortalidad dada por las enfermedades transmitidas por el agua representa el 1% en los países desarrollados, no así en los países en desarrollo sigue siendo muy alarmante (Ortiz, 2016i: pp.22).

En el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces. Y el agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (Organización Mundial de la Salud, 2017b).

1.10.1 Parasitosis intestinales

La parasitosis provoca un número elevado de niños infestado través del mundo, los causantes son las *giardiasis, ascariosis, amebiasis, criptosporidiasis* etc.

La parasitosis puede darse por la *ingestión de quistes de protozoos, huevos o larvas de gusanos o por la penetración de larvas por vía transcutánea desde el suelo. Cada uno de ellos va a realizar un recorrido específico en el huésped y afectará a uno o varios órganos, con lo que las podemos clasificar según el tipo de parásito y la afectación que provoquen en los distintos órganos y sistemas* (Medina Cl., Peña M. et-al, 2014a, p.78).

Giardiasis: se trata de la parasitosis intestinal más frecuente a nivel mundial, con distribución universal. Tras la ingesta de quistes del protozoo, éstos dan lugar a trofozoítos en el intestino delgado (ID) que permanecen fijados a la mucosa hasta que se produce su bipartición, en la que se forman quistes que caen a la luz intestinal y son eliminados con las heces (Medina Cl., Peña M. et-al, 2014b, p.79).

Amebiasis: se da tras la ingestión de quistes contenidos en alimentos y aguas contaminadas o por déficit de higiene en manos, los trofozoítos eclosionan en la luz intestinal y colónica, y pueden permanecer en ese lugar o invadir la pared intestinal para formar nuevos quistes tras bipartición, que son eliminados al exterior por la materia fecal y volver a contaminar agua, tierra y alimentos (Medina Cl., Peña M. et-al, 2014c, p.80).

Criptosporidiasis: pueden producir infección en animales y humanos. Se produce por ingesta de oocitos procedentes de alimentos y aguas contaminados (piscinas comunitarias, parques acuáticos, aguas de lagos y pantanos...) o por vía fecal-oral (frecuente en guarderías). Tras la ingesta de oocitos en alimentos o aguas contaminados, se liberan esporozoítos con capacidad de unirse a los bordes en cepillo de las células epiteliales intestinales, en donde pueden reproducirse asexual o sexualmente (esta última mediante formación de micro y macro-gametos, su unión y la formación de nuevos oocitos) para ser eliminados posteriormente junto a la materia fecal y perpetuar la posibilidad de infección (Medina Cl., Peña M. et-al, 2014d, p.81).

Ascariosis: se da tras ingestión de material contaminado, las larvas eclosionan en intestino delgado (ID), atraviesan la pared intestinal, se incorporan al sistema portal y llegan nivel pulmonar, donde penetran en los alveolos y ascienden hasta vías respiratorias altas que por la tos y deglución, llegan de nuevo a ID, donde se transforman en adultos, producen nuevos huevos, que se eliminan por material fecal (Medina Cl., Peña M. et-al, 2014e, p.83).

1.10.2 Cólera

En 2016, Silvia Vanessa Fuentes Moreno y Mayra Illeana Gomez Rey indica que la cólera “es una enfermedad infecciosa producida por la bacteria *Vibrio cholerae* que al ingresar al organismo de una persona provoca diarrea muy abundante. Esta bacteria vive en el agua, en mariscos y en el plancton. Es resistente al frío y al calor, pero sensible a la falta de agua y a la luz del sol. Esta bacteria se aloja en el intestino de la persona infectada, por lo que la principal vía de es la ingesta de agua o alimentos contaminados con heces y vómitos que contiene la bacteria. Esto ocurre por consumir agua no potable y que puede estar contaminado con heces

contaminadas o infectadas o por el contrario a la hora de consumir alimentos que estén en contacto con el agua contaminada. Se calcula que 1 de cada 20 personas mueren a causa de esta enfermedad. Los síntomas de cólera en casos graves se llega a perder casi un litro de líquido por hora, pero usualmente la cantidad es mucho menor. Por lo general, la enfermedad comienza con una diarrea repentina, indolora y acuosa, además de vómitos. En tales situaciones graves, la gran disminución de agua y sal produce una marcada deshidratación con intensa sed, calambres musculares, debilidad y una producción mínima de orina (Gómez and Fuentes, 2016a: pp.19-20).

1.10.3 Disentería

*Es el término que se emplea para asignar a las enfermedades infecciosas que presentan diarrea sanguinolenta. Los microorganismos capaces de producir disentería como es la ameba *Entamoeba histolytica*. El parásito se adquiere por el consumo de alimentos y agua contaminada con quistes de amebas. Este parásito se establece en el intestino donde puede vivir como “comensal” sin producir enfermedad alguna, sino que se produce una inflamación al intestino, atravesando la pared del intestino pasa a la sangre y así produce la enfermedad a otros órganos como el hígado, el pulmón o el cerebro (Gómez and Fuentes, 2016b: p.21).*

1.10.4 Paratifoidea

*Es una infección entérica y bacteriana generalizada, agentes infecciosos pueden ser *salmonella*, *schttmulleri*, *paratyphi*, se presenta esporádicamente, el periodo de incubación es de 1 a 3 semanas para la fiebre entérica, de 1 a 10 días para producir la gastroenteritis o en otro caso se presenta un brotes limitados que suele tener principio brusco, con fiebre continua, esplenomegalia, a veces manchas rosadas en el tronco, mientras persiste el agente infeccioso en la excreta o desde que aparecen los síntomas anteriormente mencionados, la enfermedad evoluciona. El síntoma muy común es la fiebre alta y duradera, dolor de cabeza, dolor abdominal, malestar general, anorexia, tos y bradicardia. Otros de los síntomas son dolor de garganta, mareos y dolores musculares, como también trastornos mentales (Gómez and Fuentes, 2016c: p.20).*

1.10.5 Hepatitis A

Es una enfermedad hepática causada por el virus de hepatitis A de que puede causar morbilidad moderada o grave, este se transmite por la ingestión de alimentos o bebidas contaminadas o por contacto directo con una persona portadora. El riesgo de este virus se asocia básicamente a la falta de agua salubre y a las malas condiciones higiénicas de saneamiento. El periodo de incubación suele ser de 14 a 28. Los síntomas de esta enfermedad puede ser fiebre, malestar, pérdida de apetito, diarrea, náuseas, molestias abdominales, coloración oscura de la orina e ictericia, coloración amarillenta de la piel y la esclerótica ocular (Gómez and Fuentes, 2016b: p.38-39).

1.11 Resistencia Microbiana

En su mayoría, frente a cada microorganismo patógeno existe un agente antimicrobiano (fármacos) que pueden ser de origen natural (bacterias, plantas etc) o sintético. Estas pueden actuar en varios sitios de acción de las bacterias, pero generalmente intervienen sobre la síntesis de la pared celular. Cuando el antimicrobiano actúa sobre la bacteria pero no le destruye se conoce como bacteriostáticos, mientras si las destruye se conoce como bactericida (Forbes, 2009a: pp.172-73).

La resistencia a los antimicrobianos (RAM) se produce cuando los microorganismos (bacterias, hongos, virus y parásitos) sufren cambios al verse expuestos a los antimicrobianos o al uso irracional de medicamentos, en todo caso el agente se vuelve ineficaz. Como resultado, las infecciones persisten en el organismo, lo que incrementa el riesgo de propagación a otras personas (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Los microorganismos que tiene mayor resistencia a los procesos de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano son; eptococos fecales y parásitos como *Giardia intestinalis* y *Cryptosporidium spp* (Ríos et al., 2017: p.237).

La resistencia del microorganismo frente a los agentes antimicrobianos se da a través de los siguientes mecanismos:

1.11.1 Resistencia biológica o clínica

Surge cuando existen cambios fisiológicos o estructurales de microorganismo, y por ende, pierde el grado de sensibilidad hasta el punto que el fármaco ya no es eficaz para su uso clínico; entonces se dice que el microorganismo ha alcanzado la resistencia biológica o clínica (Forbes, 2009b: p.178).

1.11.2 Resistencia mediada por factores ambientales

Se da debido a la influencia de factores ambientales como físicos o químicos, que actúa ya sea de forma directa en el fármaco o indirecta, en el microorganismo alterando su actividad fisiológica normal. Estos factores ambientales se pueden mencionar, al “pH, atmósfera anaerobia, iones (Ca, Mg) y el contenido de timidina”. Otro de los factores ambientales que puede afectar la actividad antimicrobiana es la presencia de nutrientes y metabolitos (Forbes, 2009c: p.179).

1.11.3 Resistencia mediada por microorganismo

Es la producida por rasgos de microorganismos codificados genéticamente y es el tipo de resistencia que prueban métodos de sensibilidad in vitro. La resistencia basada en microorganismos puede dividirse en dos subcategorías: la resistencia intrínseca o inherente y la resistencia adquirida (Forbes, 2009d: p.179).

1.11.3.1 Resistencia intrínseca

Es el resultado del estado norma genético, estructural o fisiológico normal de un microorganismo. Se considera que este tipo de resistencia es una característica natural y heredada en forma invariable que se asocia con la inmensa mayoría de las cepas que constituyen un grupo, un género o una especie de bacteria particular. Por consiguiente, ésta es una resistencia predecible de manera que una vez que se conoce la identidad del microorganismo también se conoce ciertos aspectos de su perfil de resistencia a los antimicrobianos. Los perfiles de resistencia intrínseca son útiles para determinar que agentes antimicrobianos deben incluirse en la bacteria de fármacos que se probará contra tipos específicos de microorganismos (Forbes, 2009e: p.180).

1.11.3.2 Resistencia adquirida

Es el resultado de la alteración de la fisiología y la estructura de la célula a causa de cambios en la composición genética habitual de un microorganismo. A diferencia de la resistencia intrínseca, la adquirida puede ser un rasgo asociado con algunas cepas de un grupo o especie de microorganismo pero no con otras. Por consiguiente, la presencia de este tipo de resistencia en cualquier aislamiento clínico es imprevisible y esta falta de previsibilidad es la razón fundamental por la que se necesitan métodos de laboratorio para detectar la resistencia (Forbes, 2009f: p.180).

CAPITULO II

2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de titulación corresponde a una investigación descriptiva, no se manipula las variables, y se detalla con precisión la calidad de agua de consumo y uso humano en la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital, dependiendo de las determinaciones Físico-químicas y microbiológicas (Hernández et al, 2014: p. 92).

2.2 Población de estudio

La unidad sobre la cual se realizó la investigación, es el agua de consumo humano de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, misma que actualmente no es sometida a tratamiento alguno antes de su distribución, pero se conoce que hace aproximadamente 6 meses utilizaban cloro como tratamiento convencional. Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas, (-1.842499,-78.803344) a 20Km al noroeste de cabecera parroquial (Columbe), perteneciente a cantón Colta, provincia de Chimborazo. Se identificó 24 puntos de muestreo: 4 vertientes, 6 tanques de almacenamiento y 14 redes de distribución, se tomó las distintas muestras por duplicado, posterior a esto se realizó los análisis físicos, químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Agua del GAD Municipal de cantón Colta y el análisis parasitológico y resistencia bacteriana en el Laboratorio Microbiológico de la ESPOCH.



Figura 1-2. Ubicación satelital de la Comunidad Zazapud Hospital
 Realizado por: Diego Guamán, 2018.

El muestreo se llevó a cabo durante el periodo Enero – Febrero del 2018 como se indica en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Método de Muestreo

FECHA DE MUESTREO	NÚMERO DE SECTOR	NOMBRE DEL SITIO	PUNTO DE MUESTREO	CODIFICACIÓN
Enero – Febrero 2018	Sector 1	Tzana Puggio	VERTIENTE UNO	V01
		Hubaj Loma	Tanque de almacenamiento uno	TA01
		Casa del señor Alfonso Guaraca	Red de distribución uno	RD01
		Casa del señor Francisco Lema	Red de distribución dos.	RD02
		Anga Loma	Tanque de almacenamiento dos	TA02
		Casa del señor Ángel Heredia	Red de distribución tres.	RD03
		Casa del señor Damacio Lema	Red de distribución cuatro.	RD04
	Sector 2	Huagra Huañuna	VERTIENTE DOS	V02
		Huagra Huañuna II	Tanque de almacenamiento tres	TA03
		Casa del señor Tomas Pilamunga	Red de distribución cinco.	RD05
		Casa del señor Juan Cepeda	Red de distribución seis	RD06
		Habigusho	Tanque de almacenamiento cuatro	TA04
		Casa Comunal	Red de distribución siete.	RD07

		Casa de la señora Florentina Pilamunga	Red de distribución ocho.	RD8
Sector 3		Hierba Buena	VERTIENTE TRES	V03
		Cuco Rumi	Tanque de Almacenamiento	TA05
		Unidad Educativa PIL	Red de distribución nueve.	RD9
		Casa del señor Mariano Cepeda	Red de distribución diez.	RD10
Sector4		Alma Huañuna	VERTIENTE CUATRO	V04
		Alma Purina	Tanque de almacenamiento seis	TC06
		Casa del señor Juan Lema	Red de distribución once	RD11
		Casa del señor Pedro Illapa	Red de distribución doce.	RD12
		Casa del señor José María Illapa	Red de distribución trece.	RD13
		Casa del señor Francisco Pilataxi	Red de distribución catorce.	RD14

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital, 2018.

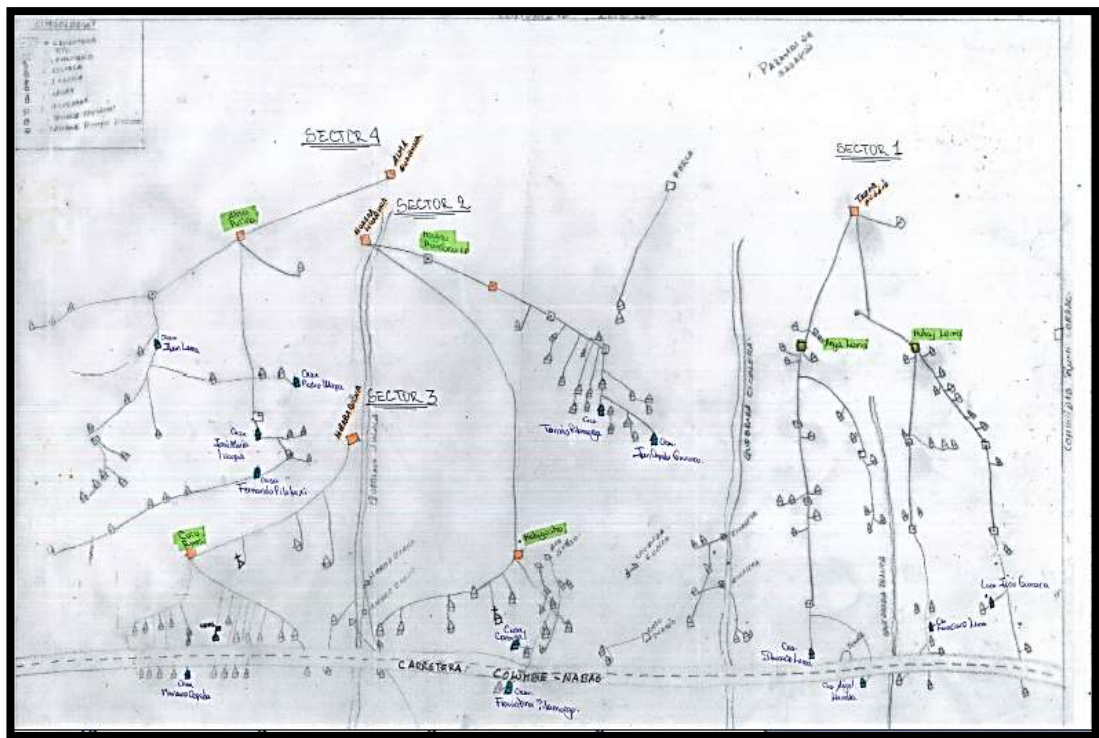


Figura 2-2. Ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital, 2018.

2.3 Flujograma de trabajo

Previo al análisis de la calidad de agua, se realizó entrevistas con el fin de conocer sobre la administración de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital, a las autoridades cantonales,

parroquiales y pobladores de la comunidad; y el reconocimiento de todo el sistema de abastecimiento de agua. Los análisis se realizaron siguiendo el siguiente esquema:

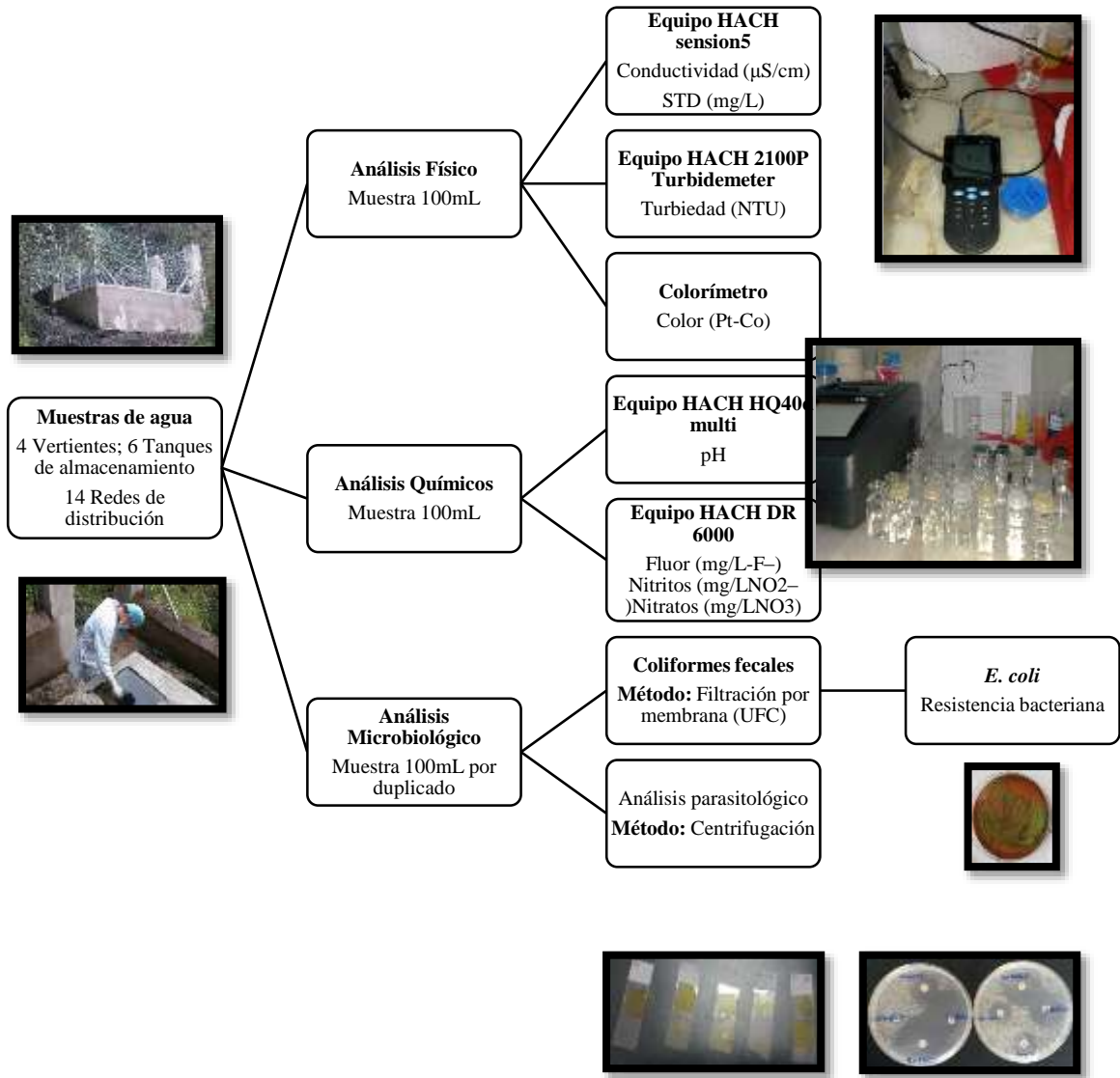


Figura 3-2. Diagrama de flujo de procedimiento de análisis
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.4 Técnicas de recolección

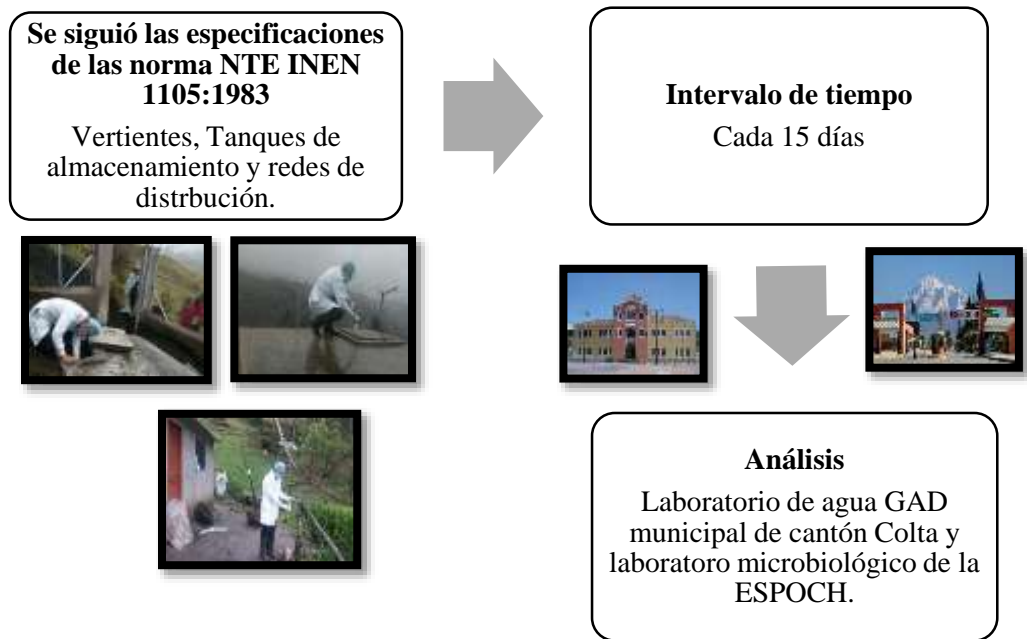


Figura 4-2. Técnicas de recolección
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.5 Técnicas de muestreo

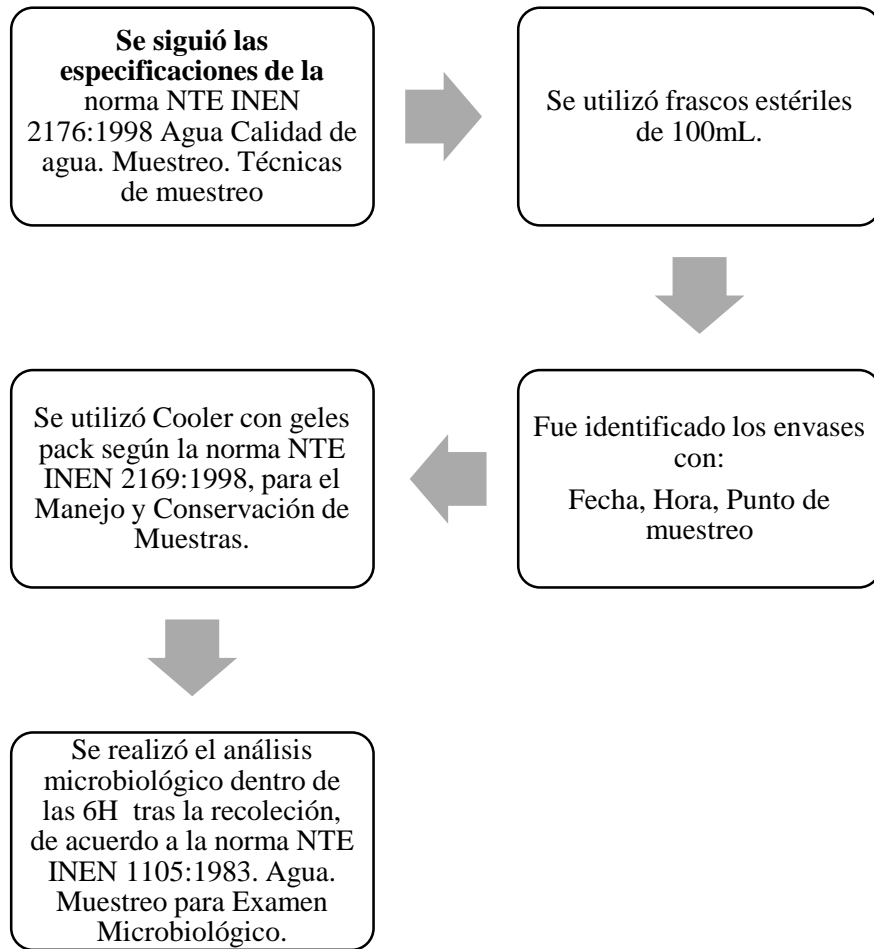


Figura 5-2. Técnicas de muestreo
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Para el muestreo en las vertientes, tanques de almacenamiento y redes de distribución se siguió las especificaciones de la norma NTE INEN 2176:1998. Como un apartado especial, para el muestreo en las redes de distribución se toma en cuenta que exista conexión directa, es decir que no haya tanque de reservorio, excepcionando en la RD09, esto evita la alteración de los resultados por diferentes factores como el tiempo de almacenamiento y la falta de aseo del reservorio etc. La boca del grifo se desinfectó con alcohol al 70% antes de la toma de muestra, y luego se dejó correr el agua por un lapso de tiempo de 2 a 3 minutos (NTE INEN 1105, 1983a: p 2).

En la obtención de la muestra, los frascos estériles deben ser manipulados desde su base con el objetivo de evitar tocar la boca y las paredes al momento de desenroscar la tapa, esto impide las posibles contaminaciones. Para los análisis microbiológicos, el volumen de la muestra no debe ser menor a 100mL, tampoco se debe llenar completamente el frasco, por lo tanto se procuró dejar

un volumen libre de 10-15% del volumen total del frasco. Mientras que para los análisis físicos y químicos se necesitó 100mL de la muestra, el frasco debe ser llenado por completo para evitar la reacción con el oxígeno, por tanto se llenó con la muestra el frasco completo y se cerró (NTE INEN 2169, 1998: p.5).

Para el muestreo microbiológico, se recomienda agregar tiosulfato de sodio al 10%, según lo que indica la norma, se debe agregar 0,1mL por cada 125mL de muestra. Esto con la finalidad de neutralizar el cloro y determinar el verdadero contenido bacteriano, pero debido que JAAP de la comunidad Zazapud Hospital no aplica el sistema de desinfección con cloro se omitió este paso (NTE INEN 1105, 1983b: p1).



Figura 6-2. Domicilio punto de muestreo
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6 Análisis de muestra

2.6.1 Parámetros Físicos

Equipos y materiales para determinar los parámetros físicos

- ✓ Equipo Orbeco-Hellige Model 611-A Aqua Tester
- ✓ Equipo HACH Turbidimeter 2100P
- ✓ Equipo HACH Sension5
- ✓ Muestra de agua
- ✓ Mandil
- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Mascarilla
- ✓ Cofia

2.6.1.1 Color

Fundamento

Para medir este parámetro, se usó el equipo Orbeco-Hellige Model 611-A Aqua Tester, el cual se basa en medir a determinada longitud de onda la absorción de radiación incidente, esta es proporcional a la concentración del soluto en el disolvente (color de agua) (Oberco Catalog, 2004: pp.9).

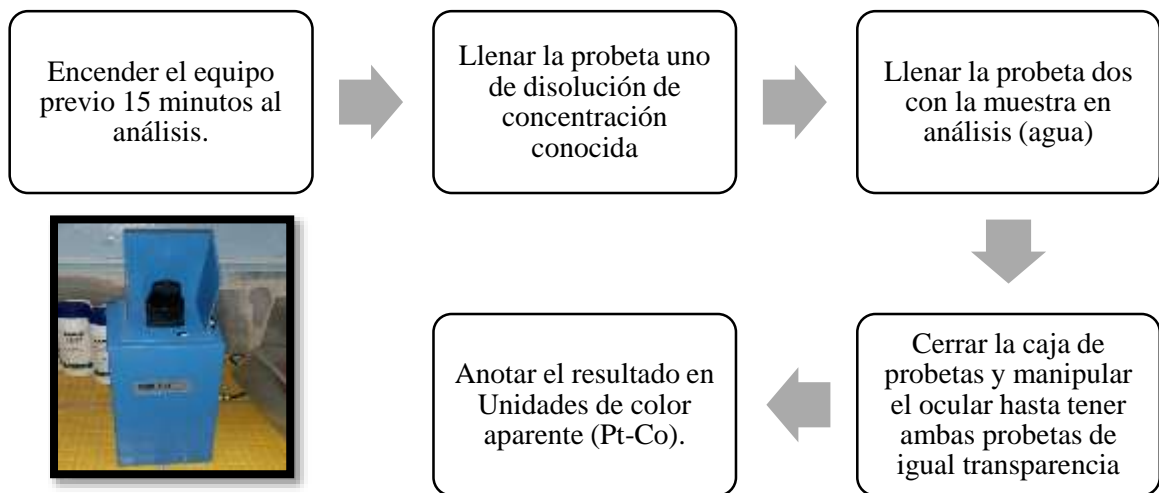


Figura 7-2. Procedimiento para determinar color
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.1.2 Turbiedad

Fundamento

Para este análisis se usó el equipo HACH Turbidimeter 2100P, el cual mide la turbidez en rango de 0,01 a 1,00 NTU (Nephelometric Turbidity Unit), se basa en principios Nefelométricos:

El sistema óptico consta de una lámpara de filamento de tungsteno, un detector en 90° para controlar la luz difusa y un detector de luz transmitida. El microprocesador del instrumento calcula el coeficiente entre las señales desde 90° y los detectores de luz transmitida. Esta técnica de coeficientes corrige la distorsión de los resultados producida por el color y/o los materiales absorbentes de luz (como el carbono activo) y compensa las fluctuaciones de la intensidad de la lámpara, proporcionando estabilidad de calibración a largo plazo. Asimismo, el diseño óptico minimiza la luz difusa, aumentando la precisión de las mediciones (Hach Company, 2004).

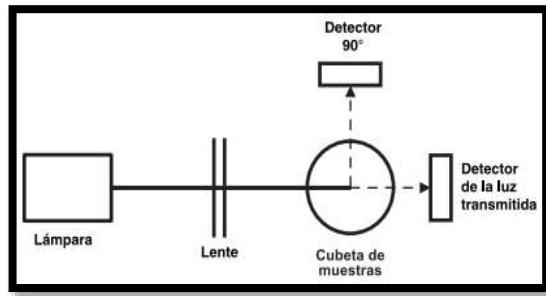


Figura 8-2. Sistema óptico de coeficientes
Fuente: (Hach Company, 2004).

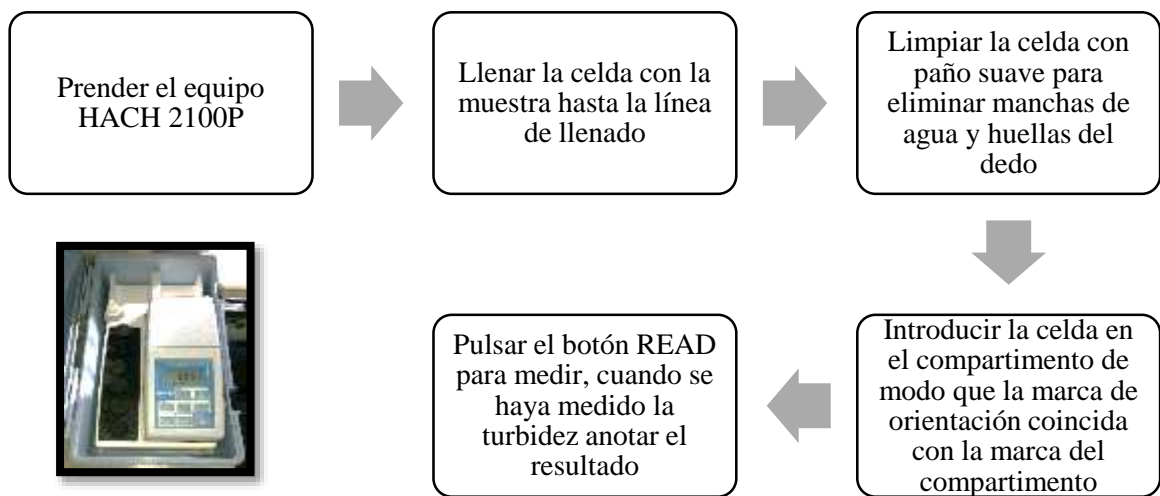


Figura 9-2. Procedimiento para determinar turbidez
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.1.3 Conductividad

Fundamento

Se basa en la medición de la conducción eléctrica, que se da cuando los protones presentes en el agua, tiene la capacidad de saltar entre las moléculas unidas entre puentes de hidrógeno a través del efecto túnel, proceso en el cual transporta o arrastra a los iones hidronio o hidroxilos presente en la muestra que genera la conducción eléctrica (Mellado and Galvín, 1999: p.25).

2.6.1.4 Sólidos totales disueltos

Fundamento

Es la cantidad de la materia disuelta en el agua, siendo esta de origen orgánico e inorgánico. Para la determinación, se puede filtrar y evaporar cantidad conocida de agua bajas temperaturas (aprox. 105 °C)(Lapeña and Rigola, 1989: p.32).

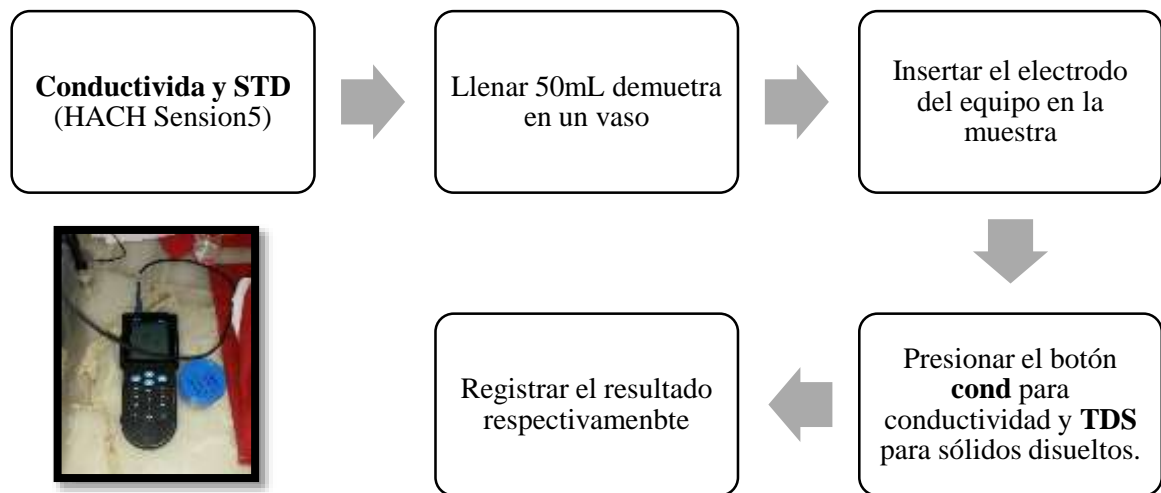


Figura 10-2. Procedimiento para determinar Conductividad y STD
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.2 Parámetros Químicos

Equipos, materiales y reactivos para determinar los parámetros químicos

- ✓ Equipo HACH QD40d multi
- ✓ Equipo HACH DR 6000
- ✓ Reactivo NitriVer 3
- ✓ Reactivo NitraVer 5
- ✓ Reactivo SPADNS
- ✓ Muestra de agua
- ✓ Cubetas 10mL
- ✓ Mandil
- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Mascarilla

✓ Cofia

2.6.2.1 Determinación de pH

Fundamento

El equipo que mide este parámetro es el pHmetro, el cual se basa en la determinación de la concentración de los iones hidronio presente en la muestra de agua. Este equipo consta de dos electros, calomelano que es el electrodo de referencia y el de vidrio que es el electrodo de medida. Esta última emite corriente eléctrica, proporcional a la concentración de iones hidronios presentes en la muestra que se mide por un galvanómetro. Posteriormente la corriente se transforma en unidades de pH (Severiche et al., 2013a: p.12).

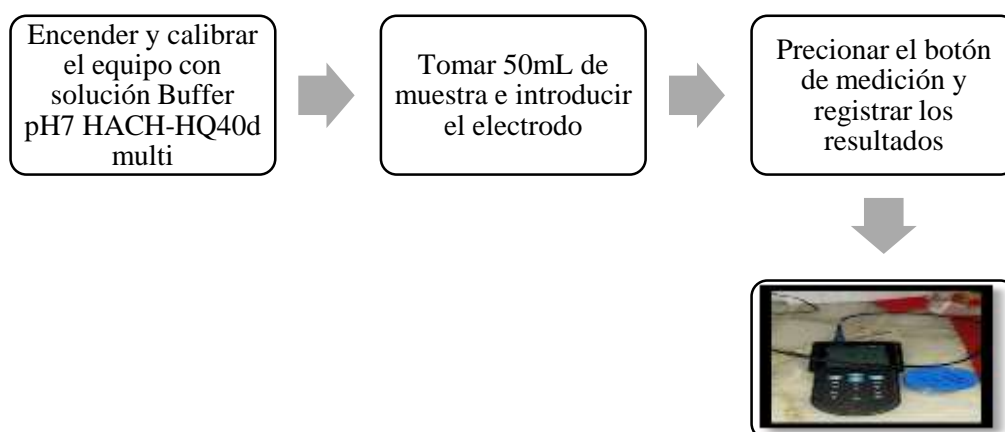


Figura 11-2. Procedimiento para determinar pH
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.2.2 Nitritos

Fundamento

La determinación de este parámetro se fundamenta en la medición espectrofotométrica a una longitud de onda de 425 nm. La absorbancia es directamente proporcional a la concentración de nitros en la muestra de agua. “Se basa en la reacción del ácido sulfanílico, en medio clorhídrico y en presencia de ion amonio y fenol, con el grupo NO₂ presente en la muestra”. El color amarillento pardo de la muestra, indica la presencia de nitritos(Severiche et al., 2013b: p.77).

2.6.2.3 Nitratos

Fundamento

Al igual que los nitritos su determinación se por espectrofotometría “a una longitud de onda de 220 nm, pero a esta misma longitud de onda, la materia orgánica presente en las muestras, también puede absorber, por lo que se mide a una longitud de onda de 275 nm para corregir el valor de nitrato” (Severiche et al., 2013c: p.63).

Este es un método útil y adecuado para el monitoreo de agua natural y potable, con reducidas cantidades de material orgánico.

2.6.2.4 Fluoruros

Fundamento

Reacción entre los iones fluoruro y el complejo colorido de Zirconilo-SPADNS. Este método cubre la determinación de fluoruros en un intervalo de 0 mgF- /L a 1,4 mgF- /L. El fluoruro reacciona con el Zirconilo del complejo Zr-SPANDS formando otro anión complejo incoloro (ZrF_6^{2-}). Al aumentar el contenido de fluoruro, la intensidad del color disminuye. Siendo por lo tanto la absorbancia inversamente proporcional a la concentración de fluoruros. La reacción se lleva a cabo en medio ácido. La selección del colorante para este método rápido está regido en gran parte por la tolerancia a esos iones (Secretaría de economía México, 1982:p. 2).

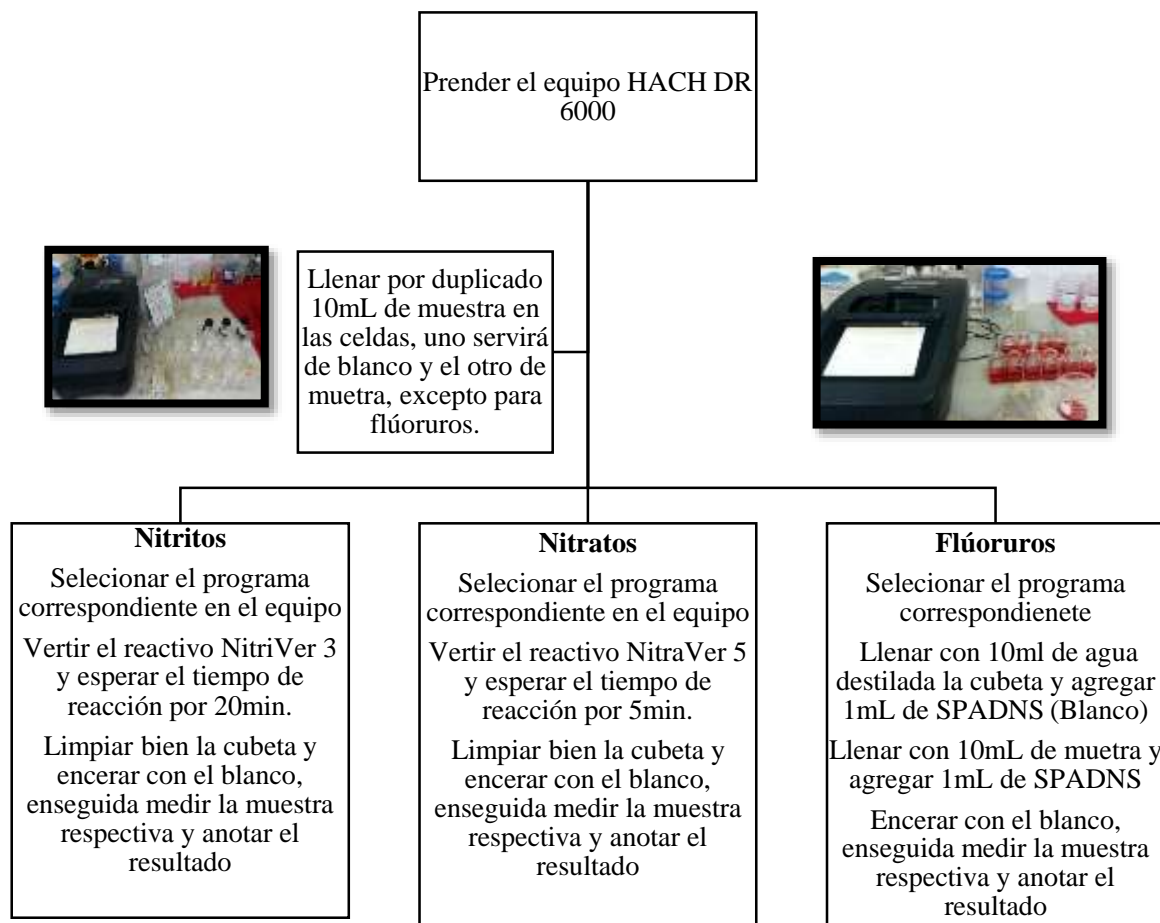


Figura 12-2. Procedimiento para Nitrito, Nitrato, Flúoruros.
 Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.3 Parámetros Microbiológicos

2.6.3.1 Determinación de coliformes fecales por método de filtración por membrana

Fundamento

Se basa en concentrar células viables (bacterias) sobre la superficie de una membrana a partir de una muestra (agua); esta, al transferir sobre un medio de cultivo apropiado he incubar a temperatura y tiempo adecuado, permite cuantificar las unidades formadoras de colonias (UFC) (Vivanco, 2014a: p.16).

Los microorganismos que quedan atrapados sobre la membrana, son los de tamaño mayor al poro (0,45 μm), esto gracias al mecanismo de una bomba eléctrica que ejerce una presión de vacío diferencial sobre la muestra de agua (Vivanco, 2014b: p.16).

El medio usado para la determinación de coliformes fecales fue *Eosina Azul de Metileno (EMB)*, agar que está compuesto por colorantes de azul de metileno y eosina; en respuesta a la fermentación de la lactosa, estos colores actúan como indicadores diferenciales. Así los coliformes, presentan colonias de color negro azulado y en especial la *E. coli* exhibe un brillo verde metálico (Becton Dickinson GmbH, 2013: p. 1).

La muestra debe ser incubada por 24-48H a una temperatura de 35°C.

Materiales para la determinación de coliformes fecales a través de filtración por membrana

- ✓ Guantes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Cofia
- ✓ Equipo de filtración
- ✓ Autoclave
- ✓ Filtro de membrana 0,45µm
- ✓ Muestra de agua
- ✓ Placas Petri
- ✓ Agar EMB
- ✓ Agua de peptona
- ✓ Matraz de Erlenmeyer
- ✓ Estufa

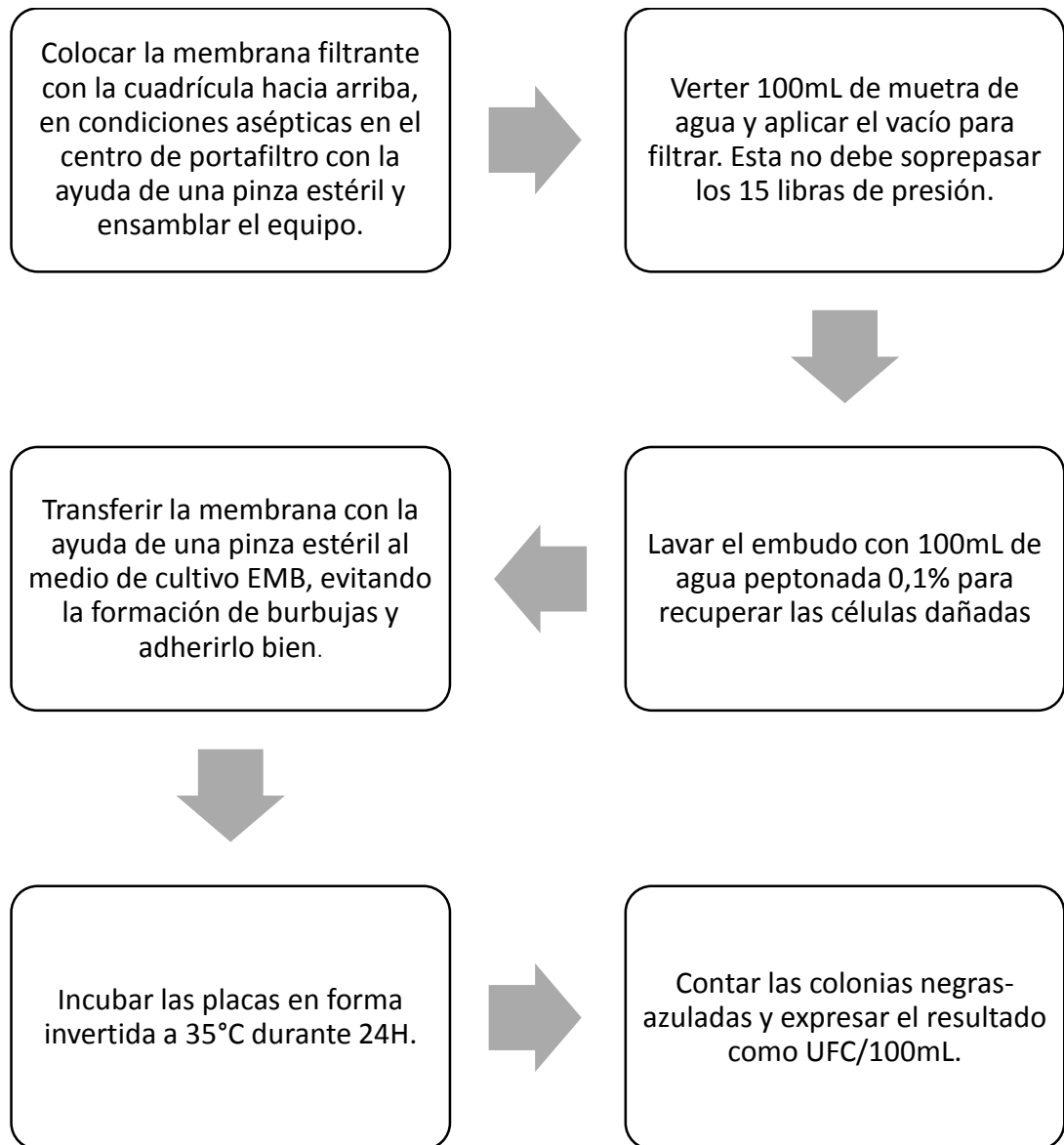


Figura 13-2. Procedimiento para la determinación de coliformes fecales a través de filtración por membrana

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.3.2 Aislamiento bacteriano

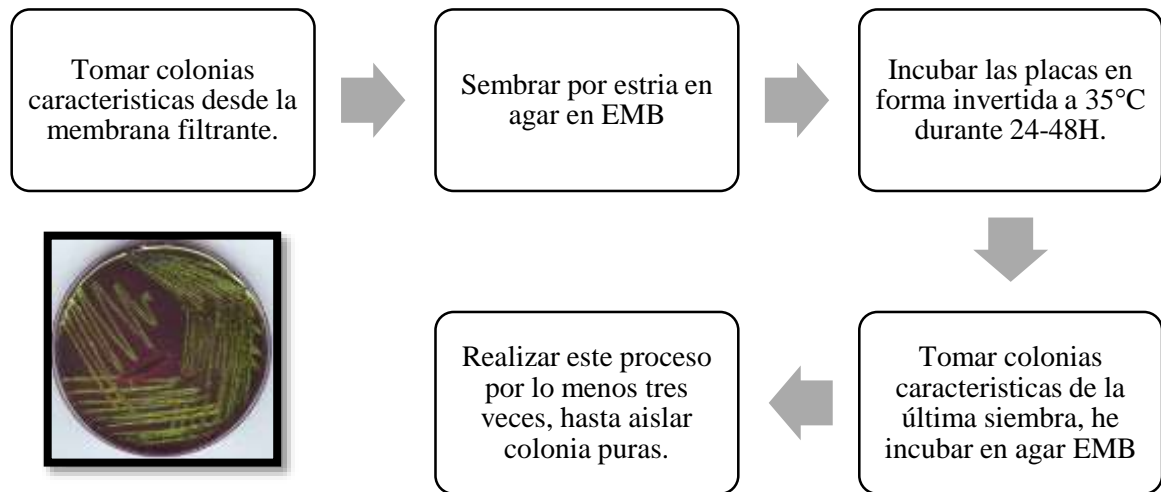


Figura 14-2. Procedimiento para aislar la bacteria
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.3.3 Pruebas Bioquímicas para la identificación de la bacteria

Materiales y reactivos para realizar las pruebas bioquímicas

- ✓ Guantes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Cofia
- ✓ Autoclave
- ✓ Cepas de bacterias aisladas
- ✓ Placas Petri
- ✓ Agar EMB
- ✓ Matraz de Erlenmeyer
- ✓ Agar TSI
- ✓ Agar Manitol
- ✓ Medio SIM
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Asa de siembra
- ✓ Mechero

Tinción Gram

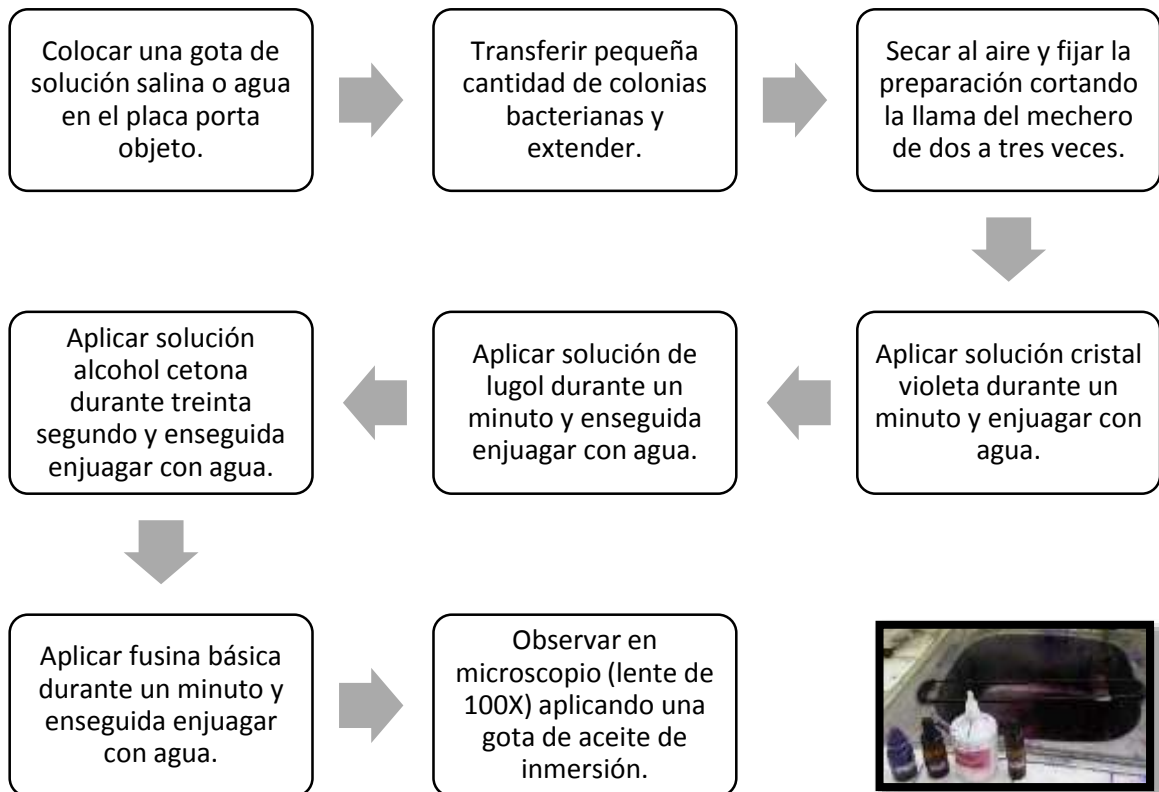


Figura 15-2. Procedimiento para la tinción Gram

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Prueba de la fermentación de azúcares (lactosa, sacarosa y glucosa)



Figura 16-2. Procedimiento para detección de fermentación de azúcares

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Prueba de movilidad, producción de indol y ácido sulfhídrico

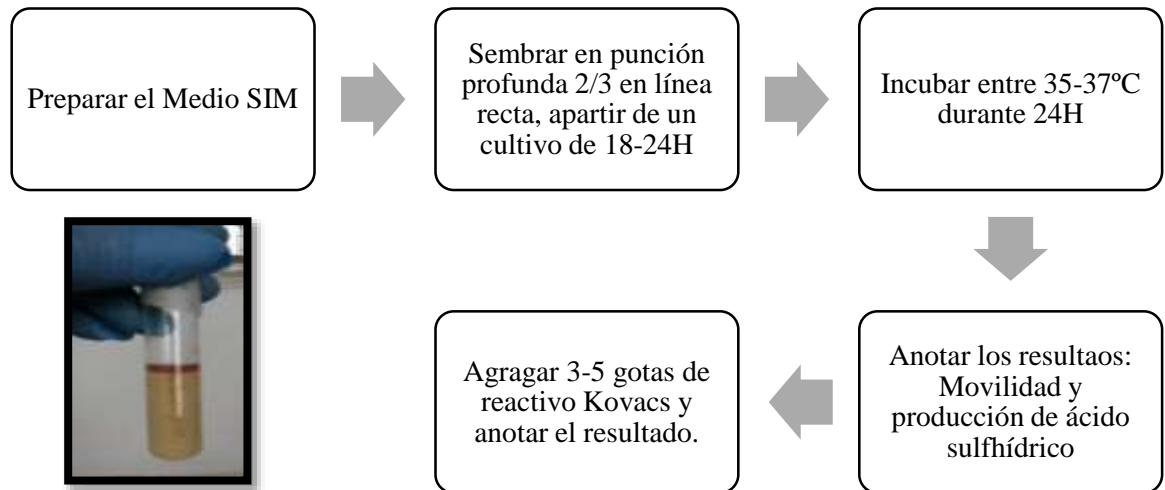


Figura 17-2. Procedimiento para detección de movilidad, indol y producción de ácido sulfhídrico

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.4 Determinación de la resistencia bacteriana

Para la determinación de la resistencia bacteriana, se utiliza la prueba de difusión del disco estandarizado por Kirby y Bauer. Es un método fácil y sencillo que permite obtener la información cualitativa o semicuantitativa sobre la sensibilidad de un microorganismo frente a un antibiótico. Esta técnica se basa en emplear discos de papel adheridas con solución estandarizada de antibióticos sobre un medio sólido anteriormente inoculado con cepas aisladas (Velasco et al., 2008: p. 27).

Los discos de sensibilidad que se utilizaron para determinar la resistencia bacteriana se emplea de acuerdo al criterio del investigador o tratante y además es importante tomar en cuenta los factores microbiológicos, clínico-farmacológicos, tanto como indicaciones y eficacia aprobadas por la Food Drugs Administrationson (Prat, 2017: p.2). Los discos de sensibilidad que se utilizaron en esta prueba son: Ác nalidíxico, Ampicilina, Amikacina, Neomicina, Kanamicina, Ciprofloxacino, Norfloxacino, Ceftazidina.

Materiales para determinar la resistencia bacteriana

- ✚ Placas con agar Mueller Hinton
- ✚ Solución salina estéril
- ✚ Patrón 0.5 del estándar de McFarland
- ✚ Asa de platino
- ✚ Hisopos estériles
- ✚ Discos de antibióticos
- ✚ Pinza
- ✚ Regla milimétrica
- ✚ Tablas de los criterios estandarizados del CLSI

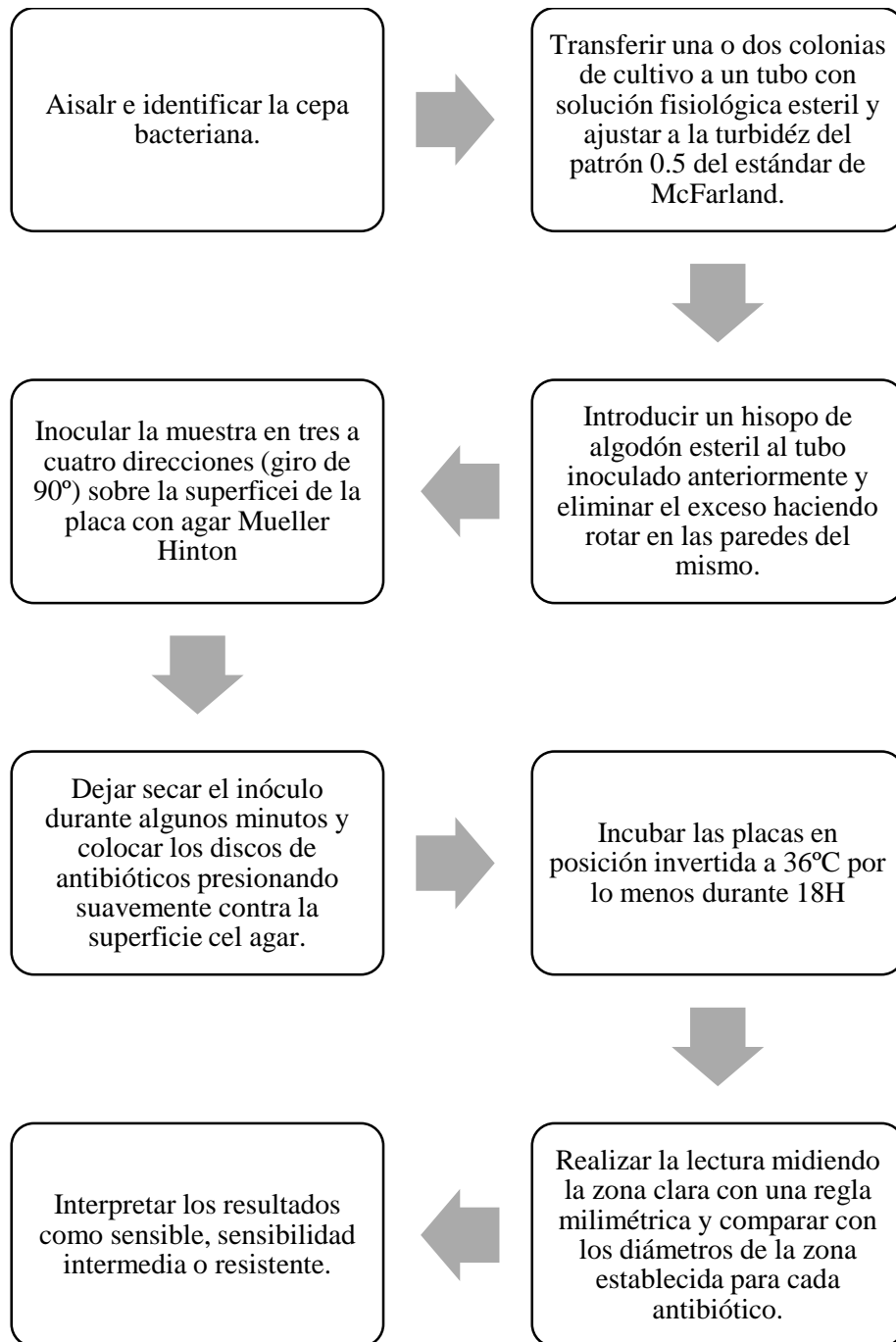


Figura 18-2. Procedimiento para determinar la resistencia bacteriana
 Realizado por: Diego Guamán, 2018.

2.6.5 Análisis parasitológico

Materiales para el análisis parasitológico

- ✚ Guantes
- ✚ Mandil
- ✚ Mascarilla
- ✚ Cofia

- ✚ Muestras de agua
- ✚ Tubos de ensayo
- ✚ Centrífuga
- ✚ Placa porta objetos
- ✚ Placa cubre objetos
- ✚ Solución salina 0,9%
- ✚ Lugol
- ✚ Microscopio

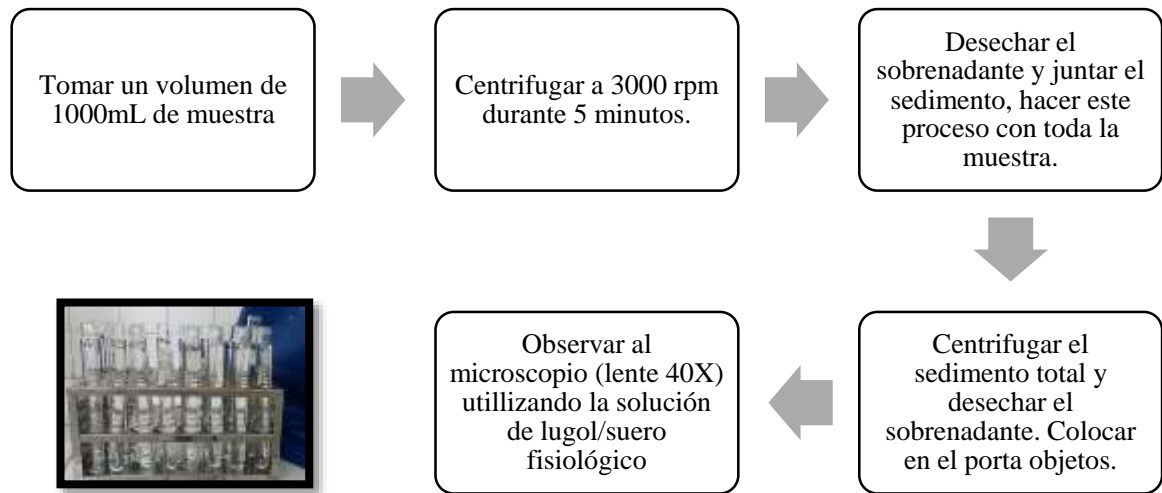


Figura 19-2. Procedimiento para la determinación de parásitos
 Realizado por: Diego Guamán, 201

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se analiza y se discute los resultados obtenidos de la evaluación física-química y microbiológica del agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

3.1 Diagnóstico

La JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, provee a la población el líquido vital que no atraviesa por un proceso de potabilización, aunque se conoce que hace 6 meses atrás utilizaban cloro como tratamiento convencional. Con el fin de determinar si el agua es apta para el consumo humano, se realizó los análisis respectivos en distintos puntos de muestreo basándose en las normas NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos y norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 1.

3.2 Caracterización del agua

El tiempo que se requirió para caracterizar el agua JAAP de la comunidad Zazapud Hospital fue de un mes y medio en la que se incluyó el reconocimiento e identificación de los puntos de muestreo, evaluación de los parámetros físico-químicas (color, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos; pH, nitritos, nitratos y flúor), microbiológicos (bacterias, parásitos) y resistencia bacteriana. El análisis de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio de agua del GAD municipal de Cantón Colta encargado por el Dr. Ángel Yuquilema y la identificación bacteriana, caracterización parasitológica y resistencia bacteriana en el laboratorio de microbiología de la escuela de Bioquímica y Farmacia de la ESPOCH.

3.3 Caracterización física

Tabla 1-3: Resultado de los parámetros Físicos del agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital

Lugar de muestreo	Promedio de las determinaciones: parámetros Físicos			
	Color (15 Pt-Co)	Turbiedad (5 UNT)	STD (1000 mg/L)	Conductividad (1500 μ S/cm)
V01	2 \pm 0,0	0,84 \pm 0,01	108,8 \pm 4,0	223,5 \pm 7,78
TA01	2,5 \pm 0,7	0,42 \pm 0,27	97,0 \pm 0,6	194,9 \pm 5,44
RD01	1 \pm 0,0	0,44 \pm 0,47	98,0 \pm 1,9	204,5 \pm 3,54
RD02	1 \pm 0,0	0,70 \pm 0,81	99,1 \pm 1,5	205,0 \pm 2,83
TA02	2 \pm 0,0	0,60 \pm 0,14	103,8 \pm 0,7	214,5 \pm 2,12
RD03	0 \pm 0,0	0,38 \pm 0,27	107,1 \pm 1,6	222,5 \pm 4,95
RD04	0,5 \pm 0,7	0,19 \pm 0,12	106,8 \pm 1,6	222,5 \pm 4,95
V02	0 \pm 0,0	0,72 \pm 0,13	85,0 \pm 0,2	176,5 \pm 0,21
TA03	0,5 \pm 0,7	0,61 \pm 0,19	86,1 \pm 0,2	180,7 \pm 0,14
RD05	1 \pm 0,0	0,49 \pm 0,31	87,5 \pm 0,4	182,1 \pm 1,63
RD06	1,5 \pm 0,0	0,25 \pm 0,04	87,6 \pm 1,1	182,9 \pm 1,34
TA04	0,5 \pm 0,7	0,59 \pm 0,11	85,2 \pm 0,2	178,9 \pm 0,28
RD07	4 \pm 1,4	0,38 \pm 0,05	87,9 \pm 0,6	183,4 \pm 1,98
RD08	3 \pm 0,0	0,45 \pm 0,15	86,0 \pm 0,5	179,3 \pm 2,33
V03	2 \pm 0,0	0,93 \pm 0,23	109,9 \pm 0,8	227,0 \pm 1,41
TA05	0,5 \pm 0,7	0,64 \pm 0,33	109,1 \pm 1,1	227,5 \pm 0,71
RD09	0,5 \pm 0,7	0,82 \pm 0,37	151,3 \pm 0,5	310,5 \pm 0,71
RD10	0,5 \pm 0,7	0,93 \pm 0,23	113,3 \pm 4,1	233,5 \pm 10,61
V04	0,5 \pm 0,7	0,60 \pm 0,37	69,9 \pm 2,9	137,5 \pm 7,28
TA06	1 \pm 0,0	0,25 \pm 0,06	68,1 \pm 0,3	139,7 \pm 2,69
RD11	1,5 \pm 0,7	0,40 \pm 0,20	70,8 \pm 4,4	147,4 \pm 10,96
RD12	1 \pm 0,0	0,33 \pm 0,00	72,3 \pm 0,4	150,0 \pm 3,11
RD13	0 \pm 0,0	0,19 \pm 0,06	68,2 \pm 0,4	142,1 \pm 1,34
RD14	1,5 \pm 0,7	0,22 \pm 0,11	67,8 \pm 0,1	140,5 \pm 2,33

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

3.3.1 Color

Tabla 2-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro color frente a la norma NTE INEN 1108.

(15 Pt-Co) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

La Tabla 2-3 señala que el 100% de las muestras de aguas analizadas, se encuentran dentro del límite máximo permitido (15 Pt-Co) por las normas NTE INEN 1108:2014 Agua Potable.

Hay distintas sustancias como metales de hierro, manganeso, materia orgánica coloreada, sustancias húmicas y residuos industriales coloreados que pueden alterar el color de agua (Organización Panamericana de la Salud, 1988: pp.5). Aunque en si solo el parámetro de color no define si el agua es potable o no, pero puede ser rechazado por el consumidor al apreciar su presencia. Se entiende que la protección con los cercos y tapas adecuadas en los tanques de todo el sistema de abastecimiento y la ausencia de los factores ambientales adversos como la lluvia y el viento durante el periodo de análisis, contribuyen a que los valores para el parámetro de color evaluado en la investigación estén dentro el límite máximo indicado por la norma.

A diferencia la investigación realizada por (Yubaille, 2017b: p.36) en la parroquia Punín Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, revela que se obtuvo un promedio de 29,67(Pt-Co) en cuanto al parámetro color, la misma que se encuentra fuera de los límites máximos permitidos por la norma; y expone que el sistema de abastecimiento de agua se encuentra contaminado por materia orgánica, humus que es arrastrada por la lluvia y el viento, cultivos y animales de pasto que frecuenta en la zona lo que explicaría los resultados.

En la investigación realizada en el municipio de Bojacá-Colombia por (Ávila de Navia MSC and Estupiñán Torres MSC, 2010: pp. 211), indica que en uno de los seis puntos de muestreo para el análisis del parámetro color, se halló sobre los límites permisibles que es de (15 UPC). Y se supone que la falta de eficiencia en el proceso de la eliminación de color como (aeración, coagulación y sedimentación) pudo haber afectado.

3.3.2 Turbiedad

Tabla 3-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro Turbiedad frente a las normas NTE INEN 1108

(5 UNT) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 3-3 se indica que el 100% de los análisis realizados para el parámetro de turbiedad, los 24 puntos de muestreo están dentro del rango establecido por la norma NTE INEN 1108:2014 Agua Potable. Requisitos, donde indica como límite máximo (5 UNT).

La turbiedad se mide como la luz absorbida por el material sedimentable y coloidal presente en el agua, esta última puede ser por la presencia de detergentes, jabón y emulsificante que alteran el color, sabor e incluso causan daño en la salud, mientras el material sedimentable puede ser formado por arcilla, minerales y restos vegetales que puede ser arrastrada por el agua (Jiménez, 2001: pp.124).

El promedio de turbiedad a nivel de las vertientes es de 0,77 UNT, valor elevado en comparación con el promedio de los tanques de almacenamiento 0,52 UNT. Esto se explica debido a que a las vertientes llega altos contenido de material sedimentable por el propio arrastre de agua, pero a medida que pasa por los tanques de almacenamiento se sedimentan espontáneamente y llegan en niveles bajos a las redes de distribución.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por (Caranqui, 2016: p. 46) comunidad Centro Flores, parroquia Flores, provincia de Chimborazo donde indica que obtuvo un promedio de 0,49 UNT en las vertientes, 0,80 UNT en los tanque de almacenamiento y 0,66 UNT en redes de distribución catalogando como apto para el consumo humano de acuerdo a la norma NTE INEN 1108:2014 Agua Potable. Requisitos.

En el estudio realizado sobre la evaluación de la eficiencia de los procesos de potabilización en dos plantas potabilizadoras en Honduras por (Mendez, 2016: p. 9) indica que la turbiedad en la entrada a la planta uno (Morocelí) y planta dos (San Matías) fue de 34 y 20 UNT respectivamente

y se disminuyó a 1 y 0 NTU después del tratamiento de sedimentación. Tras la evaluación en los tanques de distribución el valor de turbiedad se aumentó con una media de 2 y 1 UNT, y explica que la causa pudo ser por el mal estado de las tuberías y tanques, en los cuales se observó oxidación y daño en su estructura.

3.3.3 Sólidos Totales Disuelto (STD)

Tabla 4-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro de STD frente a la norma NTE INEN 1108

(1000 mg/L) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 4-3 se indica que, en los 24 puntos de muestreo, los resultados del parámetro STD, están dentro del límite máximo permitido (1000 mg/L) por la norma NTE INEN 1108. Agua Potable. Requisitos. Siendo el valor más alto 151,3 mg/L y el más bajo 67,8 mg/L correspondiente a la RD09 y RD14 respectivamente.

Los sólidos disueltos es la determinación de la cantidad de material disuelta en el agua, ya sea de origen orgánico o inorgánico (Lapeña and Rigola, 1989b; p.32). De origen orgánico pudiendo ser las heces de los seres humanos y animales y toda materia que puede ser descompuesta por las bacterias aeróbicas, mientras de origen inorgánico pudiendo ser todas las sales.

En la investigación realizada en nueve puntos de muestreo sobre calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México por (Robles et al., 2013; p. 23), obtuvo valores elevados de sólidos disueltos en el P4 ubicado a menor altitud y P6 ubicado a mayor altitud con respecto a los otros; y explica para el primer caso es debido a la consecuencia de la disolución de los minerales de las rocas del suelo durante su flujo de las partes altas hacia las bajas, y para el segundo caso, que es debido a la problemática de la disminución del volumen de agua que presenta el manantial y por consiguiente una concentración de las sales disueltas.

También en la investigación realizada sobre la calidad del agua en la parroquia San Miguelito de la provincia de Tungurahua, se obtuvo que los STD “están dentro del límite permisible por la norma NTE INEN 1108:2006, siendo el valor más alto 196 mg/L correspondiente al Tanque de captación llegada de las vertientes y el valor más bajo 90 mg/L perteneciente a la Red de Distribución Centro” (Tenelema, 2017; p.37).

En la Tabla 1-3 se observa que los resultados de STD de las vertientes, están elevados con respecto a los tanques de almacenamiento, excepto en la V02. Esto se explica, debido a que a las vertientes llegan más minerales disueltos de las rocas, por el flujo de agua y materia orgánica provenientes de animales que frecuentan las zonas. En la V02 el valor de STD es menor que a su respectivo tanque de almacenamiento, debido que no está expuesta a materia orgánica por estar ubicado en una quebrada donde la contaminación fecal es mínima.

En la Tabla 1-3 se determina que el valor de STD en todas las redes de distribución (RD) es mayor que, en sus respectivos tanques de almacenamiento, lo que se explica que es debido a contaminación orgánica, en especial generado por los vacunos y otros animales domésticos que se encuentra cerca de las redes de distribución. El valor más alto (151,2 gm/L) se obtuvo en la RD09 perteneciente a Unidad Educativa Pedro Ignacio Lizarzaburo (UEPIL), esto se explica que es debido a la acumulación de materia orgánica e inorgánica en el tanque de reservorio que dispone esta institución.

3.3.4 Conductividad

Tabla 5-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro de Conductividad frente al límite permisible por OMS 1995

(1500 μ S/cm) Límite máximo permisible por la norma OMS 1995	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 5-3 se indica que los 24 puntos de muestreo analizados, en cuanto al parámetro conductividad, están dentro del límite permitido por la OMS 1995, que es de 1500 μ S/cm. Con el valor promedio 191,9 μ S/cm obtenido en esta investigación se concluye que al agua es apto para

consumo humano, revelando que no hay altas concentraciones de sales disueltas en el agua que proviene de manantiales, situación que sería distinta en aguas subterráneas.

Se conoce que la conductividad depende la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición, y que los compuestos inorgánicos son buenas conductoras de electricidad mientras que los orgánicos en mínimas escalas (Sanabria Doris, 2006, p.2.).

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada sobre la calidad de agua por (Ortíz, 2016i; p.49) en la provincia de Tungurahua, donde determinan que todos los resultados obtenidos en cuanto al parámetro de conductividad se halla dentro del límite permitido por la OMS 1995. Además, indica que los niveles de conductividad aumentan o disminuyen dependiendo del cambio climático, obteniendo así 298 μ Siemens/cm y 247 μ S/cm en la época seca y de lluvia respectivamente.

No así en la investigación hecha por (Arias et al., 2014; p.146) sobre Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México donde se obtuvo un valor promedio de 200 dSm para conductividad, sobrepasando el límite permitido por la norma agrícola (NMX 1994), y explica que se debe al arrastre de sales que conllevan los fenómenos de precipitación.

Como se indica en la Tabla 1-3 los resultados obtenidos en las vertientes son superiores, frente a los tanques de almacenamiento exceptuando la V02, lo que se explica que es debido a la presencia de altas concentraciones de sales disueltas de las rocas y arrastradas por el agua. Mientras que en el valor elevado en la red de distribución RD09 (310,5) es debido a la presencia del tanque de reservorio en la UEPIL en la que se estaría generando y acumulando la materia orgánica y sales.

Estos resultados se correlacionan con los sólidos totales disueltos, debido a que los factores que determinan estos dos parámetros son las sales y la materia orgánica. En cuanto los sólidos totales disueltos, evalúa la cantidad disuelta de las sales, y materia orgánica en el agua, mientras que en la conductividad se mide la propiedad del agua en conducir la electricidad que depende de las sales y materia orgánica.

3.4 Caracterización química

Tabla 6-3: Resultado de los parámetros Químicos del agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital

Lugar de muestreo	Promedio de las determinaciones: parámetros Químicos			
	pH (6-9 Unit)	Nitratos (50 mg/L)	Nitritos (3 mg/L)	Fluoruro (1,5 mg/L)
V01	6,68 ±0,24	0,6 ±0,35	0,004 ±0,00	0,46 ±0,57
TA01	6,69 ±0,26	0,8 ±0,71	0,004 ±0,00	0,27 ±0,37
RD01	7,19 ±0,06	0,7 ±0,42	0,008 ±0,00	0,67 ±0,84
RD02	7,00 ±0,07	1,3 ±0,28	0,004 ±0,00	0,51 ±0,03
TA02	6,78 ±0,25	0,7 ±0,07	0,006 ±0,00	0,48 ±0,01
RD03	7,13 ±0,14	0,5 ±0,00	0,009 ±0,01	0,27 ±0,38
RD04	7,30 ±0,36	0,5 ±0,00	0,005 ±0,00	0,31 ±0,44
V02	7,11 ±0,00	1,1 ±0,14	0,005 ±0,00	0,33 ±0,46
TA03	7,19 ±0,27	1,1 ±0,07	0,005 ±0,00	0,26 ±0,37
RD05	7,63 ±0,23	1,6 ±0,49	0,004 ±0,00	0,33 ±0,47
RD06	7,63 ±0,13	2,2 ±0,14	0,002 ±0,00	0,37 ±0,52
TA04	7,06 ±0,05	2,0 ±0,35	0,004 ±0,00	0,59 ±0,15
RD07	7,32 ±0,03	1,4 ±0,35	0,020 ±0,02	0,36 ±0,51
RD08	7,13 ±0,11	1,4 ±0,21	0,027 ±0,02	0,33 ±0,47
V03	6,71 ±0,02	1,9 ±0,21	0,006 ±0,00	0,84 ±0,38
TA05	6,71 ±0,08	2, 0 ±0,28	0,005 ±0,00	0,82 ±0,37
RD09	6,95 ±0,04	3,8 ±0,35	0,050 ±0,06	1,37 ±0,47
RD10	6,92 ±0,07	2,0 ±1,41	0,010 ±0,01	0,62 ±0,12
V04	6,73 ±0,47	1,4 ±0,85	0,007 ±0,00	0,59 ±0,21
TA06	6,47 ±0,49	1,7 ±0,07	0,004 ±0,00	0,42 ±0,18
RD11	6,55 ±0,04	1,3 ±0,35	0,005 ±0,00	0,27 ±0,38
RD12	6,69 ±0,10	1,2 ±0,07	0,012 ±0,01	0,46 ±0,35
RD13	6,81 ±0,21	1,7 ±0,07	0,005 ±0,00	0,29 ±0,40
RD14	6,37 ±0,49	1,7 ±0,28	0,006 ±0,00	0,34 ±0,47

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

3.4.1 Determinación del pH

Tabla 7-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro de pH frente a la norma TULAS.

(6-9 Unit) Límite máximo permisible por la norma TULAS libro VI, Anexo I	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 7-3 se aprecia que el 100% de las muestras analizadas, para el parámetro pH, están dentro del rango permitido por la norma vigente TULAS libro VI, Anexo I, donde indica como límite mínimo y máximo 6-9 Unidades respectivamente. Con una media de 6,9 Unidades se concluye en el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital es apto para el consumo humano.

El pH se basa en determinar la concentración de iones hidronios, así el agua pura presenta un pH de 7,0 mientras el agua de lluvia y el potable es ligeramente ácida $\text{pH} < 7$, esto es debido a la presencia de CO_2 disuelto, que reacciona con el agua y genera H_3O^+ y iones HCO_3^- (Gillespie, 1988; p.655). La cloración también es un factor que aumenta el valor de pH debido a la evaporación (Zhen, 2009; citado en Caranqui ,2016). Los valores un poco elevados en los tanques de almacenamiento y redes de distribución respecto a las vertientes, se explica que es debido a restos de cloro que aún podría estar presente, ya que hace meses atrás utilizaban el cloro para el tratamiento convencional del agua en esta junta.

Estos resultados concuerdan con el resumen histórico realizado por (Escobedo et al., 2015; p. 24) sobre la evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en ciudad Juárez – México, donde obtuvo un promedio de pH de 7,6 ,valor dentro de la norma permitido que es de 6-9 unidades. Así mismo con el trabajo sobre el plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba, obtuvo un promedio de pH de 8,0 y 7,4 unidades respectivamente (Chagnay and Ricaurte, 2018a; p.44).

3.4.2 Nitratos

Tabla 8-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro Nitratos frente a la norma NTE INEN 1108.

(50 mg/L) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108.	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 8-3 se revela que el 100% de las muestras analizadas en cuanto al parámetro de Nitratos están dentro del límite permisible determinado por la norma NTE INEN 1108 (500 mg/L). Con un promedio de 1,4 mg/L se concluye que el agua es apta para el consumo humano en cuanto a este parámetro.

Los nitratos y los fósforos son usados como nutrientes por las algas y otras plantas acuáticas. También las bacterias presentes en el agua convierten los nitritos a nitratos (Sánchez, 2007; p. 127). Esta última definición nos explica del porque en las redes de distribución y en especial en la RD09 (3,75 mg/L) donde hay un tanque de reservorio, se aprecia concentraciones elevadas para nitratos en comparación a las vertientes y tanques de almacenamiento.

Al comparar la investigación con los estudios ejecutados sobre la calidad de agua superficial en Guatemala por (Santisteban and Peña, 2015; p. 22) donde indica que los parámetros químicos (Nitratos) no superan los límites permitidos a pesar de que es una zona agrícola; y el trabajo realizado por (Chagnay and Ricaurte, 2018b; p.44) sobre el plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba, donde obtuvo un promedio de Nitratos de 0,52 y 0,93 mg/L respectivamente, cumpliendo con el parámetro establecido en la normativa.

En la Tabla 6-3 se aprecia que de las cuatro vertientes, la V03 presenta alto contenido de nitrato (1,85 mg/L). Dicha vertiente se ubica en la parte más baja en comparación con las otras, donde frecuente la producción agrícola, y se deduce que puede haber contaminación por el uso de fertilizantes.

3.4.3 Nitritos

Tabla 9-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro Nitritos frente a la norma NTE INEN 1108.

(3 mg/L) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108.	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

La Tabla 9-3 evidencia que el 100% de las muestras analizadas, cumplen con los límites permitidos por la norma NTE INEN 1108 (3 mg/L) para el parámetro nitritos. Con la media de 0,0088 mg/L se concluye que el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital es apto para el consumo humano en cuanto a este parámetro.

Al comparar con el estudio realizado sobre la determinación de distintos compuestos químicos (Nitritos) como indicadores de contaminación en agua potable en Costa Rica por (Bolaños et al., 2017; p.22), donde obtuvo resultados en las cinco muestras por encima del valor establecido 0,1 mg/L, identificando a los fertilizantes como fuentes de contaminación, los resultados obtenidos en la presente investigación son alentadores.

Así mismo frente a la investigación realizada sobre la calidad de agua en el Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos por (Mite et al., 2016a;p.113), donde se obtuvo 0,15 y 0,006 mg/L de nitritos en época lluviosa y seca respectivamente, indicando que la concentración más alta en época lluviosa se deba a la lixiviación de los fertilizantes y contaminación fecal.

A pesar de que todos los valores están dentro de los parámetros, existe un valor elevado correspondiente a la V03 (0,006 mg/L), la cual podría deberse a la contaminación por fertilizantes al estar ubicado en una zona agrícola. En la V04 (0,0065 mg/L), se correlaciona con la contaminación fecal, ya que a pocos metros se halla pozos que sirven como bebedero de agua para animales. En cuanto a la concentración elevada, en la RD09 (0,05 mg/L), se justifica que pudiese ser por la putrefacción de restos vegetales en el tanque reservorio.

Es común encontrar nitritos al menos una parte por millón, en ríos contaminados por descarga de agua industrial y residual. Este compuesto no debe estar presente en agua potable, aunque lo

estuviera, por el proceso de aireación se oxidaría a nitratos. Si se halla en aguas subterráneas es un indicativo de la presencia de las colonias de putrefacción (ANELE, 1994a; p.318).

El nitrito generalmente en lactantes menores de 6 meses, puede producir metahemoglobinemia, un trastorno que evita el transporte de oxígeno de la sangre a las células (ANELE, 1994b; p.319).

3.4.4 Fluoruro

Tabla 10-3: Porcentaje en el cumplimiento del parámetro Fluoruro frente a la norma NTE INEN 1108.

(1,5 mg/L) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108.	Número de muestras	%
Cumple	24	100
No Cumple	0	0
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 10-3 se indica que los 24 puntos evaluados en cuanto al parámetro de fluoruros están dentro de los límites permitidos por la norma NTE INEN 1108 (1,5 mg/L), con una media de 0,479 mg/L en todo el sistema de distribución de agua.

El valor elevado que se obtiene en la V03 (0,84 mg/L) en comparación con las otras, se presume que es debido a la disolución e infiltración desde las rocas naturales ricas en flúor y fertilizantes. Mientras la concentración elevada de la RD09 (1,36 mg/L), pudiendo deberse a la acumulación del flúor en el tanque de reservorio.

El flúor es un halógeno abundante en la corteza terrestre, y es importante frente a las caries por su capacidad de remineralizar las lesiones incipientes. Para que este efecto se dé, las concentraciones de flúor deben ser baja y constante (Gobierno Vasco, 2014c; 17-22). De acuerdo a la OMS el flúor reduce la gravedad y frecuencia de las caries durante la infancia y protege toda su vida a los adultos (OMS, 1984).

Los fluoruros se liberan en el medio ambiente través de procesos naturales y antropogénicos. El primero puede ser por la erupción de minerales que contiene flúor y la emisión de los volcanes, y el segundo por la combustión de carbono, producción aluminio, cobre, níquel, también por producción de acero, fertilizantes de fosfato etc. Este proceso permite la acumulación y dispersión del flúor en el agua, aire y suelo, ya sea en su forma iónica o combinada con hidrógeno, calcio, sodio y azufre (Gobierno Vasco, 2014d; 17-22).

La fluorosis dental es el principal problema que surge al ingerir concentraciones elevadas de este compuesto. Generalmente se da en niños durante el período en que los dientes se están formando,

pero antes de que aparezcan en la boca. Este problema se puede evidenciar debido a que el esmalte puede tener picaduras y manchas marrones (Gobierno Vasco, 2014e; 17-22).

Al comparar con los estudios realizados sobre comportamiento de flúor en acuífero de Durango-México por (Martínez-Prado et al., 2013; p. 16), donde se obtuvo que los valores de flúor sobrepasó 12 veces más en los pozos de sector rural, y 5 veces más en los pozos del sector urbano sobre los límites permitidos que es de 1,5 ppm, nuestro estudio es confortador.

3.5 Caracterización microbiológica

3.5.1 Coliformes fecales

Tabla 11-3: Resultados del recuento de coliformes fecales en el agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital

Lugar de muestreo	Promedio de la muestra	Límite permisible NORMA NTE INEN 1108 (< 1 UFC)	
		Si	No
V01	2,0 \pm 0,00		X
TA01	4,5 \pm 2,12		X
RD01	1,5 \pm 0,71		X
RD02	2,0 \pm 0,00		X
TA02	3,0 \pm 0,00		X
RD03	1,0 \pm 0,00		X
RD04	1,0 \pm 0,00		X
V02	0,5 \pm 0,71		X
TA03	0,5 \pm 0,71		X
RD05	1,5 \pm 0,71		X
RD06	2,0 \pm 1,41		X
TA04	1,5 \pm 0,71		X
RD07	13 \pm 4,24		X
RD08	9,0 \pm 1,41		X
V03	4,0 \pm 0,00		X
TA05	1,5 \pm 0,71		X
RD09	20 \pm 1,41		X
RD10	10 \pm 1,41		X
V04	3,0 \pm 0,00		X
TA06	2,0 \pm 0,00		X

Tabla 11-3(Continua): Resultados del recuento de coliformes fecales en el agua de la JAAP de la Comunidad Zazapud Hospital

RD11	3,0 ±1,41		X
RD12	2,0 ±1,41		X
RD13	4,0 ±1,41		X
RD14	4,5 ±2,12		X

Realizado por: Diego Guamán, 2018

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

Tabla 12-3: Porcentaje de los puntos de muestreo que cumple o no el parámetro microbiológico Coliformes fecales frente a la norma NTE INEN 1108.

(< 1 UFC) Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108.	Número de muestras	%
Cumple	0	0
No Cumple	24	100
TOTAL	24	100

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

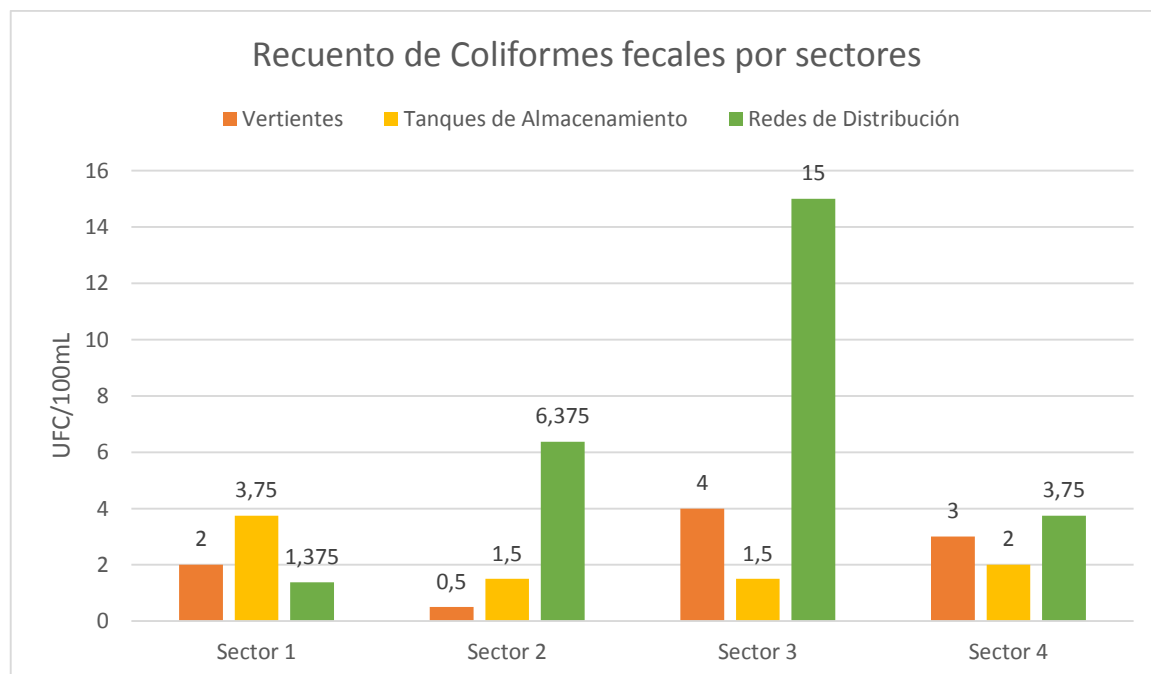


Gráfico 1-3: Comparación de la carga bacteriana (UFC/100mL de Coliformes fecales) por sector
Realizado por: Diego Guamán, 2018.

En la Tabla 12-3, se indica que el 100% de las muestras evaluadas en cuanto al recuento de coliformes fecales, están por encima del límite permitido por la norma NTE INEN 1108 (< 1

UFC). El agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital no es apto para el consumo humano en cuanto a este parámetro.

La medición de Coliformes fecales en el agua, es un buen indicador de la contaminación por material de origen fecal. Aunque idealmente el agua de consumo humano debe estar libre de la contaminación por material de origen fecal, este fin generalmente no se cumple en los países en desarrollo y más aún en los sectores rurales (Organización Panamericana de la Salud, 1988c; p.30).

Resultados similares se obtuvo en la investigación realizada sobre la calidad de agua en el Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos por (Mite et al., 2016b;p.113), donde se determinó 1 NMP/100 mL de coliformes fecales en la época de lluvia. También en el estudio realizado en la parroquia Cubijíes del cantón Riobamba por (Oleas, 2016b; p. 63), obtuvo un promedio de 52 UFC de Coliformes fecales, y sustenta que la mayor contaminación proviene de animales que se pasta alrededor de la vertiente 1, la cual no cuenta con cerramiento. Estos resultados que están fuera del límite permitido concuerdan con nuestra investigación, donde el valor promedio es de 4,02 UFC en todo el sistema de abastecimiento, responsabilizando también al pastoreo y pozos sépticos en la zona baja como factores contaminantes.

Comúnmente en un manantial de agua protegido pero sin cloración, puede encontrarse hasta 10 coliformes fecales por cada 100mL, en agua superficial protegida puede encontrar hasta más de 1000 coliformes fecales por cada 100mL (Organización Panamericana de la Salud, 1988b; p.30). Este principio concuerda con la investigación. La mayor densidad de Coliformes fecales en cuanto a las vertientes se halla en la V03, en donde se registra 4UFC como se indica en la sectorización de la Gráfica 1-3, pudiendo ser los responsables, la contaminación fecal de origen animal y humano.

La carga de Coliformes fecales en la RD09 (20 UFC), podría deberse a que el tanque reservorio contribuye en la proliferación de las bacterias, mientras los valores elevado en otras redes de distribución como es en RD07 (13 UFC), la contaminación puede ser por malas conexiones de tuberías, roturas de los mismos, conexiones cruzadas, depósito defectuoso y sifonajes, que facilitan el ingreso de microorganismo al ser contaminados con material fecal proveniente de animales domésticos que frecuentan al rededor.

Al comparar la carga bacteriana (UFC/100mL) en los 4 sectores de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital como se indica en la Gráfica 9-3, el sector 3 es el más vulnerable a la

contaminación fecal, en contraste con el sector 1 que es el menos contaminado. Esto se explica debido a que el primero se halla en la zona más baja en comparación con los otros, la cual es una zona agrícola, ganadera y habitada todo el trayecto del sistema de abastecimiento de agua, razón por lo que estaría mayormente contaminado; mientras el segundo se ubica en la zona alta, aunque se presencia pasto de animales y cultivos, no es una zona muy habitada lo que disminuye la contaminación.

3.5.2 Parásitos

Tabla 13-3: Porcentaje de presencia o ausencia de parásitos en las muestras analizadas en la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital

Parásitos	%Presencia	%Ausencia
<i>Entamoeba histolítica</i>	16,66	83,34
<i>Hongos microscópicos</i>	12,50	87,50
<i>Entamoeba coli</i>	4,16	95,84
<i>Giardia lamblia</i>	4,16	95,84

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Tabla 13-3 se muestra el porcentaje de presencia y ausencia de los distintos parásitos encontrados en el agua de los 24 puntos de muestreo de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, siendo la *Entamoeba histolítica* (16,66%) el más prevalente y *Entamoeba coli* y *Giardia lamblia* (4,16%) el de menor frecuencia. Con los resultados obtenidos se concluye que el agua no cumple con este parámetro establecido en la norma NTE INEN 1108: 2014 Quinta revisión “Agua Potable Requisitos”.

Estudios sobre la identificación de parásitos en los pozos profundos en cuatro municipios de Venezuela realizada por (Jaramillo et al., 2014; p. 169), revela la prevalencia general (37,5 %) de huevos de helmintos, quistes protozoarios y microsporidios intestinales, y explica que es debido a la filtración de aguas servidas y otros contaminantes. Estos resultados concuerdan con nuestra investigación, y se supone que la contaminación parasitaria es de origen fecal provenientes de aguas servidas y de animales generalmente vacunos que frecuentan en la zona.

Los parásitos que frecuentan en el agua también tienen otras rutas de contaminación, como son los alimentos y la propagación fecal-oral. *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Balantidium coli* son protozoos de origen fecal ya sea humano o animal que contaminan el agua y son resistentes a la desinfección (Organización Panamericana de la Salud, 1988d; p.4.)

Una sola larva o huevo fertilizado de los helmintos, puede causar infección, por lo que el agua potable debe estar libre de los mismos. Los helmintos por lo general no se transmiten por el agua, a excepción de *Dracunculus medinensis* y esquistosomas, parásitos del hombre que son peligro en agua no entubada. (Organización Panamericana de la Salud, 1988e; p.4.

La contaminación fúngica no es un parámetro considerado en norma INEN 1108, pero se conoce que son potenciales productores de toxinas que causan daño en la salud. La presencia en agua puede ser debido a problemas de higiene, limpieza y contaminación ambiental (Andueza, Félix. 2014; pp.16).

3.6 Resistencia bacteriana

Tabla 14-3: Resultados de las pruebas bioquímicas de la bacteriana aislada del agua de la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital

Características de <i>E. coli</i>	Medio	Resultados
Bacteria Gram negativo		Bacilos Gram negativo
Fermentadora de glucosa y lactosa (Pico y fondo del agar Amarillo) Producción del gas positivo	Agar hierro triple azúcar (TSI)	Glucosa: (+) Lactosa: (+) Producción de gas: (+)
Movilidad positivo Producción de indol positivo Producción de ác. Sulfhídrico negativo	Sulfuro-Indol-Motilidad (SIM)	Movilidad: (+) Indol: (+) H₂S: (-)

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

Tabla 15-3: Resultados de la resistencia bacteriana, evaluado sobre la bacteria *Escherichia coli* aislado en el agua de la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital

Antibióticos	Halo de inhibición (mm)	Halo de Inhibición para la cepa <i>E. coli</i> ATCC25922 empleada como control de calidad por (NCCLS)	Interpretación de los resultados "Estándar de Comité Nacional de Normas de Laboratorios Clínicos" (NCCLS)		
		Límite intermedio (mm)	Sensible	Intermedia	Resistente
Ácido Nalidíxico	34	22-27	X		
Amikacina	28	19-26	X		
Ampicilina	20	16-22		X	
Neomicina	20	18-25		X	
Kanamicina	26	17-25	X		

Tabla 15-3(Continua): Resultados de la resistencia bacteriana, evaluado sobre la bacteria *Escherichia coli* aislado en el agua de la JAAP de la comunidad de la Zazapud Hospital

Ciprofloxacino	46	30-40	X		
Norfloxacino	44	28-35	X		
Ceftazidima	8	25-32			X

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

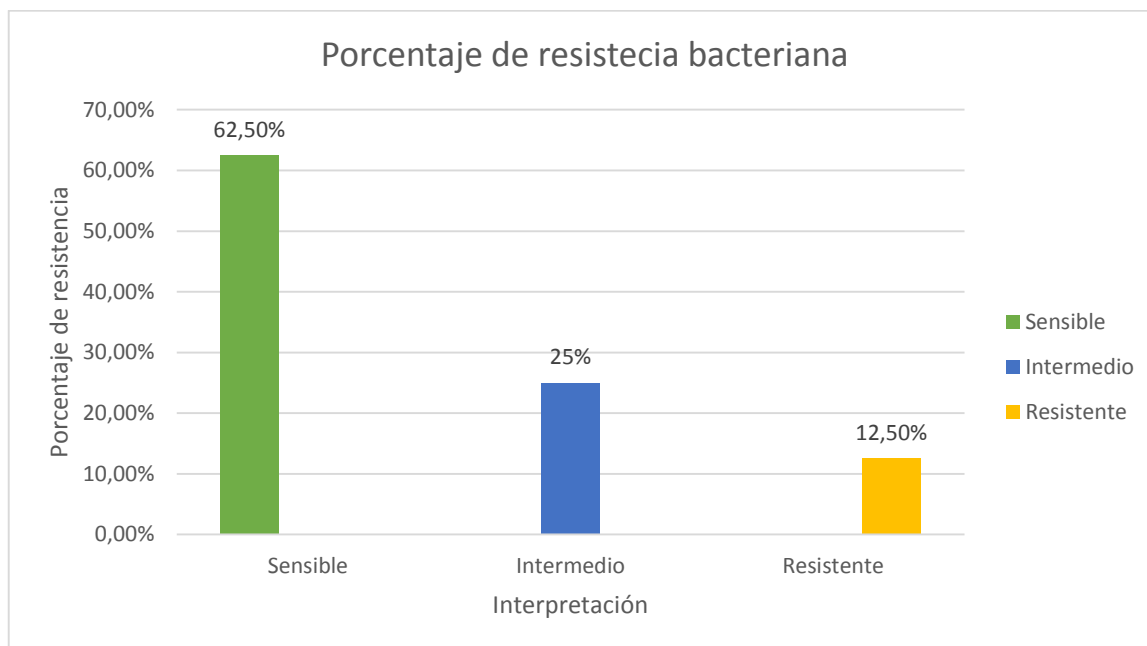


Gráfico 2-3: Porcentaje de resistencia bacteriana (*E. coli*) frente a los antibióticos evaluados

Realizado por: Diego Guamán, 2018.

Fuente: Base de datos de los análisis de agua del JAAP de la comunidad Zazapud Hospital.

En la Gráfica 2-3 se indica el porcentaje de susceptibilidad a los antibióticos de la cepa *E. coli* aislada del agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, e identificado por pruebas bioquímicas como se indica en la Tabla 14-3.

En cuanto a la resistencia microbiana se encontró que frente al 62,50% de antibióticos (Ác. Nalidíxico, Amikacina, Kanamicina, Ciprofloxacino, Norfloxacino) la bacteria es sensible, frente al 25% de antibióticos (Ampicilina, Neomicina) la sensibilidad es intermedia y frente a 12,50% (Ceftazidima) la bacteria es resistente.

En un estudio realizado en cuanto al efecto de las aguas residuales hospitalarias, sobre los patrones de resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Aeromonas sp.* en Costa Rica por (Tzoc et al., 2004, p. 169), hallaron la prevalencia de resistencia de *E. coli* a los antibióticos, ampicilina y amoxicilina, con un porcentaje de 57 y 45% respectivamente. Esto muestra un importante efecto

del efluente hospitalario sobre la presencia de cepas resistentes, en especial por el mal desecho los medicamentos.

En el estudio microbiológico de las aguas termales del balneario el Cachaco de la provincia de Pichincha realizada por (Cortez, 2016a; p.182), encontró que las bacterias gram negativas, presentaron resistencia a la ampicilina, carbenicilina, cefalotina, nitrofurantoína y a la amoxicilina + ácido clavulánico.

La intervención humana ha hecho que se añada al ambiente una variedad de antibióticos y de agentes antibacteriales especialmente como promotores de crecimiento y cuidado en la producción animal y en la agricultura, lo cual ha causado el surgimiento de los mecanismos de resistencia de las bacterias. ((Andueza, 2015, p.158.) (García, 2001, p.101) (Cabrera, 2007, 149) citado en (Cortez, 2016b; p.68)). Esto puede ser la causa principal de la resistencia a Cefotaxima y resistencia intermedia a Ampicilina y Neomicina obtenida en la investigación.

CONCLUSIONES

1. Tras la recolección y transporte de las muestras siguiendo las normas NTE INEN 2176:1998, NTE INEN 1105:1983 y NTE INEN 2169:1998; el análisis de las características físicas (color, turbiedad, conductividad, sólidos totales disueltos) y químicas (pH, nitritos, nitratos y flúor), determina que el 100% de las muestras examinadas están dentro de los límites estipulados por la norma NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01.
2. En el análisis microbiológico de los 24 puntos de muestreo, se identificó la bacteria *Escherichia coli* través del método de filtración por membrana y parásitos como *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* y hongos siguiendo del método de centrifugación.
3. La identificación por pruebas bioquímicas (tinción Gram, fermentación de azúcares, movilidad, producción de indol y ácido sulfúrico), verificó que la bacteria aislada fue la *Escherichia coli*, misma que presentó resistencia a Ceftazidina y resistencia intermedia a Ampicilina y Neomicina.
4. Con base en los resultados obtenidos en la investigación, se determina que el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital, no es apta para el consumo humano, debido a que no cumple los parámetros microbiológicos de acuerdo a lo estipulado por la norma NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos. Quinta revisión. 2014-01.

RECOMENDACIONES

- Debido que el agua de la JAAP de la comunidad Zazapud Hospital no cumple con los requisitos microbiológicos, se recomienda buscar ayuda técnica en las autoridades pertinentes como es el GAD municipal de cantón Colta, para que se implemente un sistema de tratamiento convencional como la cloración, sin obviar la futura implementación de un sistema de potabilización de agua para esta comunidad y las aledañas.
- Se sugiere a la población, hervir el agua antes del uso y consumo, o en lo posible utilizar para beber agua embotellada.
- Los resultados obtenidos en la investigación, demuestran que el nivel de los parámetros medidos en la RD09 (Unidad Educativa Pedro Ignacio Lizarzaburo), son elevados en comparación con los otros punto de muestreo, por tanto se sugiere eliminar el tanque de reservorio a la que está conectado esta RD, debido que es una fuente de acumulación y proliferación de los contaminantes microbiológicos, que pone en riesgo la salud de los estudiantes.
- Se recomienda realizar limpiezas periódicas de los tanques de captación y reservorio, debido a que existe algas y tierra sedimentada.
- Debido a que la contaminación microbiológica tiene procedencia de origen fecal ya sea animal o humano, se recomienda evitar el pastoreo y eliminar los pozos sépticos que se hallan cerca del sistema de abastecimiento del agua.
- En cuanto al uso de los antibióticos para las distintas enfermedades que se pueda presentar, se recomienda que siempre busque y delimite a la dirección técnica de un profesional médico, lo cual evitará la aparición de la resistencia bacteriana frente a los antibióticos.
- Para la obtención de resultados adecuados, en cuanto a la evaluación de la calidad de agua, se recomienda seguir estrictamente las especificaciones de las normas que se lo sugiere en la presenta investigación.

BIBLOGRAFÍA

Alcaráz, M., *Giardia y giardiosis*. 1º ed. 2017: pp.1-9. [Consulta: 2018-03-01]. Disponible en: <http://seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/Giardia.pdf>

Arias, R. et al., “Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México”. *Scielo* [en línea], 2014, México, 1 (2), pp. 139-150. 151 [Consulta: 2018-03-26]. ISSN 0718-8706. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>

Ávila Sara and Estupiñán Sandra, “Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca” *Nova* [en línea], 2010, (Colombia) 8 (14), pp. 206-212. [Consulta: 2018-03-19].ISSN2462-9448,1794-2470.Disponible en: <http://www.unicolmayor.edu.co/investnova/NOVA/NOVA14ARTORIG7.pdf>

Becton Dickinson GmbH, *the Use of Natural Resources*, 1a ed. Germany: Resource.asp, 2013: pp. 1

Bolaños, J. et al., “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)” *Tecnología en Marcha* [en línea], 2017, Costa Rica; 4 (30), p. 22 [Consulta: 2018-03-28]. ISSN 10.18845/tm.v30i4.3408. Disponible en: <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tecmarcaarticle/view/3408/pdf>

BRACHO, I.A. y FERNÁNDEZ, M. "Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo", vol. 33, no. 3 (2017), (Venezuela) pp. 341-352.

BVC. “Fuentes de agua y métodos de aforo”. [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/22sas.htm#2.2Fuentes_de_agua_y_m%C3%A9todos_de_aforo

Cabello, R., *Microbiología y parasitología humana* [En línea]. : Ed. Médica Panamericana, 2007. [Consulta: 2018-02-28]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=Wv026CUhR6YC&pg=PR5&dq=parasitologia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjC_dmkh8rZAhVI7FMKHUUOBO4Q6AEIJAA#v=onepage&q=parasitologia&f=false

Calderón Valdiviezo, María Dolores. Determinación de la influencia de lechuguín (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) y lenteja de agua (*Lemna* spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de

Ingeniería Bioquímica. Ambato-Ecuador. 2015. 1-134[Consulta: 2018-02-24]. Disponible en:<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12981/1/BQ.%2076.pdf>

Caranqui, A. Evaluación físico-química y microbiológica del agua para consumo humano de la comunidad centro flores, parroquia flores, provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] ESPOCH, Ciencias, Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. 2016: 1-128 [Consulta: 2018-02-24]. Disponible en:

[file:///C:/Users/Administrador/Downloads/56T00648%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/56T00648%20(1).pdf)

Caranqui, D. Desarrollo de un plan para evaluación del sistema de filtración rápida de la planta potabilizadora de la junta de agua potable de Bayas tesis (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Católica, Ciencias Químicas, Ingeniería Química. Cuenca-Ecuador.2016: pp. 1-148 [Consulta: 2018-02-25]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23369/1/tesis%20pdf.pdf>

CEPAL. “Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible” *CEPAL* [en línea]. Santiago: Copyright, 2016. [Consulta: 17 Febrero 2018]. Disponible en:

<http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>

Chagñay, V and Ricaurte, P. Plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2018; pp. 43-44 [Consulta: 2018-03-28]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4607/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0005.pdf>

Chino, Calli M. et al. “Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú”. *Rev. Investig. Altoandin*, Vol 18, N° 3 (2016), (Perú) pp. 365 - 373.

Cortez, S., Estudio microbiológico de las aguas termales del balneario el Cachaco ubicado en la parroquia Calacalí de la provincia de Pichincha (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. 2016; p.182 57 [Consulta: 2018-04-10]. Disponible en:

<http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6333/1/56T00675.pdf>

Demera C., and Pacheco, K. Análisis de la utilización de materiales alternativos en la remoción de sólidos totales presentes en el agua cruda (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] ESPOL, Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Tierra. 2015. 1-170 [Consulta: 2018-02-27]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89386/D-70099.pdf>

Diccionari manual de la llengua catalana. 2ª ed. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 1998.
P. 85

Dirección Regional de Salud Cajamarca. 1ª ed. Cajamarca-Perú. 1997: pp. 68

Doménech, J., “Cryptosporidium y Giardia, problemas emergentes en el agua de consumo humano” *OFFARM*, vol.22, nº11 (2003), pp.112-116

Echarri, L. “La contaminación del agua”. Vol.1 no 1 (2007), España. pp: 1-5

Escobar, J., *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar.* [En línea]. Santiago-Chile: Copyright, 2001.[Consulta: 2018-02-24]. Disponible en:

<http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Escobedo, M. et al., “Evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en ciudad Juárez” *CULCYT* [en línea], 2015, México; 1 (13), p. 24 [Consulta: 2018-03-28]. ISSN 2007-0411. Disponible en:

<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/522/501>

Forbes, B., Diagnostico Microbiologico [En línea]. Médica Panamericana, 2009. [Consulta: 2018-03-01]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=239cauKqSt0C&pg=PA185&dq=resistencia+bacteriana&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjEx5r21MvZAhXlp1kKHWupAsgQ6AEIKjAB#v=onepage&q=resistencia%20bacteriana&f=true>

Galván, A., Detección y caracterización molecular de microsporidios, *Cryptosporidium* spp. y *Cyclospora* spp. en aguas potables, residuales y recreacionales de la zona centro de España (Trabajo de titulación) (Doctoral). [En línea] Universidad de Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de Parasitología. (Madrid-España). 2014. 1-290 [Consulta: 2018-03-01]. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/24582/1/T35161.pdf>

García L. and Iannacone J., “Pseudomonas aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de sudamérica”. *The Biologist* [en línea], 2014 (Perú) 12(1), pp.133-152. [Consulta: 2018-02-28]. ISSN 1994-9073. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755797>

Gil, J., “Contaminantes emergentes en aguas, y posibles tratamientos”. *Scielo* [en línea], 2012. (Brasil) 7 (2), pp. 52-73.[Consulta: 2018-02-24]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

Gillespie, R. *Química* [En línea]. 2da. Barcelona-España: Reverté, 1988. [Consulta: 2018-03-28]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=dIGugYOOwxQC&pg=PA655&dq=pH+del+agua+potable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiRNWxno_aAhUJvFkKHcGiAg8Q6AEIJjAA#v=onepage&q=pH%20del%20agua%20potable&f=false

Gobierno Vasco. 1º ed. España: Informe Final EIS, 2014: pp.17-22

Gómez M. and Fuentes S., Enfermedades de origen hídrico (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Militar Nueva Granada, (Granada-España). 2016.1-69 [Consulta: 2018-02-28]. Disponible en:

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15486/1/GOMEZREYMA YRA2016.pdf>

Guzmán et al., “Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión”. Scielo [En línea], 2013, (Colombia) 16 (1), pp.253-262. [Consulta: 2018-02-27]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a29.pdf>,

Hach Company, 1ª ed. EEUU: Hach Company, 2004. pp. 14.

Hernández, Roberto; et al. Metodología de investigación. 6ta ed. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0, pp. 92.

Jaramillo, L. et al., “Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012” *Scielo* [en línea], 2014, Cuba, 1 (2), p. 169 [Consulta: 2018-03-30]. ISSN 164-173. Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v66n2/mtr02214.pdf>

Jiménez, B. La Contaminación Ambiental en México. *LIMUSA*. México: Editorial Limusa, 2001. ISBN 978-968-18-6042-4, pp. 1-993.

Jiménez, M. Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. (Trabajo de titulación) (Tercer Nivel). Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Civil. Veracruz-México: 2013. Pp. 50-55 [Consulta: 2018-02-24]. Disponible en:

<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Laboratorio: desarrollo curricular del ciclo formativo de grado medio de F.P. 1ª ed. España: ANELE, 1994. P. 54.

Lapeña, Miguel & Rigola, Miquel. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. 1ª ed. Barcelona-España: Marcombo, 1989. (978-84-267-0740-6), pp. 1-166.

Laso L. “Aguas Pluviales”. [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/luislas/aguas-pluviales>

Leal, M. “Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones”. Vol.1 N°.1 (2000), (México) pp. 63-72.

Lösch, Liliana; et al. “Detección de genes de virulencia del patotipo enteroagregativo en cepas de Escherichia coli aisladas de fuentes de agua subterránea de la provincia del Chaco, Argentina”. *Scielo* [en línea], 2015, Argentina, vol.47 no.2, pp. 88-94. [Consulta: 2018-02-23]. ISSN 0325-7541. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412015000200002

Mantilla G. “Agua para consumo humano”. *Ralcea*. [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: <http://181.189.159.2/2016/Septiembre/adopcion/contenido/ponencias/Gabriela%20Mantilla/Agua%20para%20consumo%20humano.pdf>

Mariñosa, R. El problema de los nitratos; alternativas. [En línea], 2014, pp.1-18. [Consulta: 2018-02-27]. Disponible en:

http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/InstitutoAragonesAgua/Documentos/Areas_Tematicas/02_Abastecimiento_Agua_Potable/Conferencia%20Nitratos.pdf

Martínez-Prado, M.et al., “Behavior of Arsenic and Fluoride Concentration in Guadiana Valley Aquifer of Durango, Mexico” *Scientific Research* [en línea], 2013, México, 4 (12), p. 16 [Consulta: 2018-03-29]. ISSN 2152-2197, 2152-2219. Disponible en:

http://file.scirp.org/pdf/JEP_2013121110305607.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. (Trabajo de titulación) (Maestría)[En línea] CATIE, Escuela de Posgrado. San Jerónimo, Honduras. 2007. pp.1-110 [Consulta: 2018-02-19]. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4434/Analisis_de_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano.pdf;jsessionid=DFC8FDE7905F970F8702A9BAA6BC4D08?sequence=1

Mellado, José & Galvín, Rafaél. *Físicoquímica de aguas*. 1ª ed. Madrid-España: Ediciones Díaz de Santos, 1999. (978-84-7978-382-2), pp.1-492.

Mite, R. et al., “Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador” *Ciencia UNEMI* [en línea], 2016, Ecuador; 9 (20), p. 113 [Consulta: 2018-03-28]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <http://ojs.unemi.edu.ec/ojs/index.php/cienciaunemi/article/view/357/309>

Moposita, A., Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia del cantón Ambato en el período diciembre 2014 - mayo 2015. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Ciencias de la Salud, Medicina. (Ambato-Ecuador). 2015. pp.1-178 [Consulta: 2018-02-28]. Disponible en:

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10727/1/TESIS%20ALEXIS%20MOPOSITA.pdf>

NIENBLAS, A., y MARTINEZ, T. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de turbaco–bolívar, caribe colombiano (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea]. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena. 2014. pp. 1-95 [Consulta: 2018-02-19]. Disponible en: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>.

NTE INEN 1105. Aguas. Muestreo para Examen Microbiológico.

NTE INEN 1108. Agua Potable. Requisitos.

NTE INEN 2169. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

NTE INEN 2176. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Oberco Catalog, 1ª ed. The analyst, 2004: pp.9

Oleas, B., Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural de Cubijíes del cantón Riobamba (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. 2016; p. 57 [Consulta: 2018-03-29]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/56T00644.pdf>

Olivero Verbel et al., “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*”. *Scielo*. [En línea], 2013 (Colombia) 8 (1), pp. 19-27. [Consulta: 2018-02-27]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>

OMS y UNICEF. Progresos en Materia de agua potable, saneamiento e higiene. [en línea]. Suiza, 2017. [Consulta: 15 Febrero 2018]. Número de ISBN: 978-92-4-351289-1. Disponible en: <https://washdata.org/>

OMS. “2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro” [en línea] [Consulta: 09 Febrero 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/water-sanitation-hygiene/es/>

OMS. “Agua” [en línea] [fecha de consulta: 09 Febrero 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>

OMS. “Guías para la calidad del agua potable” [En línea]. Suiza, 2006. [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf

Orellana J. “Tratamiento de las Aguas”. *UTN* [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

Organización Panamericana de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Washington-EEUU: Pan American Health Org, 1988. ISBN 978-92-75-31508-8, pp. 1-141

ORTÍZ, J. Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la JAAP de la parroquia Quisapincha, cantón Ambato, provincia Tungurahua (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 2016. pp. 1-180 [Consulta: 2018-02-19]. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/56T00625%20UDCTFC%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/56T00625%20UDCTFC%20(1).pdf).

Osorio, M. Espinosa, S. “Participación comunitaria en los problemas del agua”. *Salactsi* [en línea] [Consulta: 09 Febrero 2018]. Disponible en: <http://www.oei.es/historico/salactsi/osorio2.htm>

Pérez, C. et al., *Tratamiento de aguas manual de laboratorio*. [En línea] Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. 2013. 1-130 [Consulta: 2018-02-25]. Disponible en:

http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamientodeaguas_manualprac.pdf

Picazo M. “La importancia de la calidad del agua”. [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: <http://www.ecoavant.com/es/notices/2016/04/la-importancia-de-la-calidad-del-agua-2565.php>

Prat, Soledad. 1ª ed. Chile: Instituto de Salud Pública de Chile, 2017: pp.2

Reasoner, Donlad. “Agentes patógenos en el agua potable - Estado actual y perspectiva” [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsala/e/fulltext/agentes/agentes.pdf>

Ríos S. et al., “Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano” *Scielo* [en línea], 2017, (Colombia) 35 (2), pp. 236-247. [Consulta: 2018-03-02]. ISSN 0120386X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Robles et al., “Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero tepalcingo-axochiapan, morelos, méxico”. *Redalyc.org* [en línea], 2013, (México), p. 23. . [Consulta: 2018-03-26]. ISSN 0718-8706. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3236/323627689002/>

Rock Ch. and Rivera B., “La calidad del agua, E. coli y su Salud”. Universidad de Arizona. [En línea] 2014, (EEUU) pp.1-5. [Consulta: 2018-02-28]. Disponible en: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Rodríguez, A. et al., “Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta”. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], 2017 (Argentina) 49 (4), pp. 366-376. [Consulta: 2018-02-27]. ISSN 03257541. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0325754117300597>

Sanabria Doris, Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas (TP0082) [En línea], 2006, pp.1-7. [Consulta: 2018-02-27]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

Sánchez, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, [En línea]. 1da. México-México: Instituto Nacional de Ecología, 2007. [Consulta: 2018-03-28]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=uWlrkIxr3oC&pg=PA127&dq=Nitratos+del+agua+potable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiDufm_74_aAhUP3VMKHdtjDWUQ6AEIJAA#v=onepage&q=Nitratos%20del%20agua%20potable&f=false

Santisteban, M. and Peña, W. “Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala” *Scielo* [en línea], 2015, Guatemala; 7 (1), p. 22 [Consulta: 2018-03-28]. ISSN 1659-4266. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v7n1/1659-4266-cinn-7-01-00019.pdf>

Secretaría de Economía México. 1ª ed. México: Biblioteca semarnat, 1982;pp. 2

Severiche et al., *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. 1ª ed. Cartagena de India – Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. (978-84-15774-90-7), pp.1-101.

SIMANCA, M.M., ÁLVAREZ, B.E. y PATERNINA, R. "Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería". *Temas agrarios*, vol. 15, no. 1 (2010), Colombia. pp. 71–83.

Tenelema, D., Evaluación físico, químico y microbiológico del agua de la junta de agua potable de la parroquia San Miguelito, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador, 2017. Pp. 1-151 [Consulta: 2018-03-26]. ISSN 0718-8706. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/6840/1/56T00729.pdf>

Tzoc, E. et al., “Efecto de las aguas residuales hospitalarias sobre los patrones de resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Aeromonas sp.*” *Medigraphic Artemisa* [en línea], 2004, Costa Rica, 3 (15), p.169 [Consulta: 2018-03-31]. ISSN 15:165-172. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2004/bio043d.pdf>

UNICEF. “2.100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro” [en línea] [Consulta: 15 Febrero 2018]. Disponible en: https://www.unicef.org/lac/media_36627.html

USGS. “El Ciclo del Agua”. *USGS*. [en línea] [Consulta: 2018-02-23]. Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

Velasco, Judith et al. Manual práctico de bacteriología clínica. [en línea]. Mérida-Venezuela: Codepre, 2008. [Consulta: 28 Diciembre 2017]. Disponible en:

<http://www.serbi.ula.ve/serbiula/librose/pva/Libros%20de%20PVA%20para%20libro%20digital/Manual%20de%20Bacteriologia.pdf>

Villada, A. Documentación de los manuales para la toma de muestra de calidad del agua y vertimientos (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología. Pereira-Colombia. 2014. 1-65 [Consulta: 2018-02-25]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4558/628161V712.pdf;sequence=1>

Vivanco, Daisy., Validación de los métodos microbiológicos de filtración por membrana para la determinación de: coliformes fecales, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*, en la matriz de agua potable, natural y residual en los laboratorios de UTPL. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel). Universidad católica de Loja, Química, Ingeniería Química. Loja-Ecuador.2014. p.16. [Consulta: 2017-012-14]. Disponible en:

http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/9091/3/Vivanco_Abarca_Daisy_Maria.pdf

YUBAILLE, D. Evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua de consumo humano de la parroquia Punín cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. (Trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Bioquímica. Riobamba. 2017. pp. 1-115 [Consulta: 2018-02-19]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T00684.PDF>.

Zabala, K. et al., “Monitoreo y medición del ajuste del ph del agua tratada del río cauca mediante índices de estabilización”. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica” *Scielo*. [en línea], 2014 (Colombia) 17 (2), pp. 563 – 575. . [Consulta: 2018-02-27]. ISSN 03257541. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n2/v17n2a28.pdf>