



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL CANTÓN PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: MICHELE STHEFANNY ESCOBAR CARCELÉN

TUTOR: Dr. CARLOS ESPINOZA

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Michele Sthefanny Escobar Carcelén

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL CATÓN PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO", de responsabilidad del señorita Michele Sthefanny Escobar Carcelén, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Carlos Espinoza

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gerardo Medina

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Michele Sthefanny Escobar Carcelén, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Michele Sthefanny Escobar Carcelén

DEDICATORIA

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

A mi esposo e hija, inspiración, fuerza y amor.

A mi madre y hermanos ejemplo de lucha constante, superación, comprensión y unidad.

Michele

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado el poder de confiar en mi misma para no rendirme y culminar mi carrera exitosamente.

A mi esposo y a mi hija que con amor me han brindado el apoyo y comprensión sobre el tiempo dedicado a mis estudios, ellos han sido mi inspiración para llegar a mi meta planteada.

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

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

Al Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias y al Laboratorio de Análisis de Calidad de Agua de EP-EMAPAPAL, por compartir sus conocimientos y el acceso de sus instalaciones.

Al Dr. Carlos Espinoza por su tiempo, asesoramiento y colaboración en la dirección de este Proyecto de Tesis.

Al Dr. Gerardo Medina Miembro del Tribunal y a la Dra. Sandra Escobar por su aporte desmedido de conocimientos para la elaboración de este trabajo.

A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la culminación de este proyecto.

Michele

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

mg	miligramo
L	litro
μs	micro siemns
cm	centímetro
pH	potencial de hidrógeno
STD	sólidos totales disueltos
mL	mililitro
NMP	número más probable
UNT	unidades nefelométricas de turbiedad
NET	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
O.M.S	Organización mundial de la salud
LMP	Límite máximo permisible
Mn	Manganeso
M.R	Mezcla Rápida
C.Cl	Cuarto de Cloración
T.R.1	Tanque de reserva 1
T.R.2	Tanque de reserva 2
V.M	Válvula del mojón
Red B. P	Red baja del Cantón Palora
Red M. P	Red media del Cantón Palora
Red A. P	Red alta del Cantón Palora
V.P	Válvula de Palora
A.D	Antes de la desinfección.
D.D	Después de la desinfección
P	Palora
M	Mojón

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XVI
ABSTRAC	XVII
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 AGUA	4
1.2 DISPONIBILIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL MUNDO	5
1.3 TIPOS DE AGUA	6
1.3.1 AGUA POTABLE	6
1.3.2 AGUA SUBTERRÁNEA	6
1.3.3 AGUA SUPERFICIAL	7
1.3.4 AGUA CRUDA	7
1.4 CALIDAD DEL AGUA	7
1.4.1 CALIDAD FÍSICA	8
1.4.1.1 Turbidez	8
1.4.1.2 Sabor y olor	9
1.4.1.3 Color	9
1.4.2 CALIDAD QUÍMICA	10
1.4.2.1 pH	10
1.4.2.2 Alcalinidad	10
1.4.2.3 Conductividad	11
1.4.2.4 Dureza	11
1.4.2.5 Nitratos y Nitritos	12
1.4.2.6 Fosfatos	12
1.4.2.7 Flúor	12
1.4.2.8 Cloro residual	13
1.4.2.9 Amonio	13
1.4.2.10 Calcio	14

1.4.2.11	Sólidos disueltos totales-----	14
1.4.2.12	Sólidos en suspensión -----	15
1.4.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO-----	15
1.4.3.1	Coliformes fecales -----	16
1.4.3.2	<i>Escherichia coli</i> -----	17
1.4.4	ANÁLISIS PARASITARIO -----	17
1.4.4.1	<i>Giardia</i> y <i>Cryptosporidium spp</i> -----	18
1.5	TÉCNICAS DE ANÁLISIS-----	18
1.5.1	NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) -----	18
1.5.2	CALDO VERDE BILIS BRILLANTE -----	19
1.5.3	EOSINA AZUL DE METILENO-----	19
1.5.4	TINCIÓN GRAM -----	20
1.5.5	MÉTODO DE CONCENTRACIÓN POR FLOTACIÓN -----	21
1.6	NORMATIVAS -----	21
1.6.1	NTE INEN 1108-----	21
1.6.2	NTE INEN 2176-----	22
1.6.3	NTE INEN 2169-----	22
1.6.4	NORMATIVA 409/1.OF. 84 -----	22
1.6.5	DECRETO NÚMERO 475 DE MEDELLÍN -----	22
1.6.6	TULAS -----	23
1.7	PRINCIPALES SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA-----	23
1.7.1	PROCESO DE COAGULACIÓN -----	23
1.7.2	PROCESO DE FLOCULACIÓN -----	24
1.7.3	PROCESO DE FILTRACIÓN -----	24
1.7.4	PROCESO DE DECANTACIÓN-----	24
1.7.5	PROCESO DE OXIDACIÓN-----	25
 CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO -----	26
2.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN -----	26
2.2	DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR DE ESTUDIO.-----	26
2.3	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA EPMAPAPAL-----	26
2.4	PUNTOS DE MUESTREO -----	27
2.5	TÉCNICAS DE MUESTREO -----	34
2.6	ANÁLISIS FÍSICO -----	36
2.6.1	DETERMINACIÓN DE PH. -----	36
2.6.2	DETERMINACIÓN DEL COLOR. -----	36

2.6.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ -----	36
2.7	ANÁLISIS QUÍMICO-----	37
2.7.1	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD -----	37
2.7.2	DETERMINACIÓN DE DUREZA -----	37
2.7.3	DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD -----	37
2.7.4	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS -----	38
2.7.5	DETERMINACIÓN DE CLORUROS -----	38
2.7.6	DETERMINACIÓN DE CALCIO -----	38
2.7.7	DETERMINACIÓN DE AMONIO -----	38
2.7.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS -----	39
2.7.9	DETERMINACIÓN DE FOSFATOS -----	39
2.7.10	DETERMINACIÓN DE FLUORUROS-----	40
2.8	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO-----	40
2.8.1	DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES -----	40
2.8.1.1	Número Más Probable (NMP)-----	41
2.8.1.2	Eosina Azul de Metileno-----	42
2.8.1.3	Tinción Gram -----	43
2.9	ANÁLISIS PARASITARIO-----	44
2.9.1	DETERMINACIÓN DE <i>GIARDIA LAMBLIA</i> -----	44
2.9.1.1	Método de Flotación-----	44
2.9.2	DETERMINACIÓN DE <i>CRYPTOSPORIDIUM</i> -----	44
2.9.2.1	Método de centrifugación -----	44
2.9.3	DETERMINACIÓN DE PARÁSITOS GENERALES.-----	44
2.9.3.1	Método de sedimentación -----	44
 CAPÍTULO III		
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES -----	46
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA -----	46
3.2	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108-----	47
3.2.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PH SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108 -----	49
3.2.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE TURBIEDAD SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108-----	51
3.2.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL COLOR SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108 -----	52
3.2.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108-----	54
3.2.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DUREZA SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108 -----	56
3.2.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108-----	57

3.2.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ALCALINIDAD SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108 ----	59
3.2.8	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CLORUROS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108 -----	60
3.2.9	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE AMONIOS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108. -----	62
3.2.10	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE NITRITOS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108. -----	63
3.2.11	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FOSFATOS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108. -----	64
3.2.12	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FUORUROS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108. -----	66
3.2.13	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CLORO RESIDUAL SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108.-----	67
3.2.14	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE TEMPERATURA SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108.-----	68
3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS SEGÚN LA NORMATIVA NTE INEN 1108-----	70
CONCLUSIONES -----		72
RECOMENDACIONES -----		73
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 Distribución del agua en el mundo.	5
FIGURA 1-2 Composición del CVBB	19
FIGURA 2-1 Planta de tratamiento del Cantón Palora	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Análisis Microbiológico-Periodo 1.....	69
Tabla 3-2 Análisis microbiológico-Periodo 2.....	70
Tabla 3-3 Número más probable (NMP)	71
Tabla 3-4 Número más Probable.....	71

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 3-1 Análisis de pH del Mojón.....	47
Gráfico 3-2 Análisis de pH del cantón Palora.....	49
Gráfico 3-3 Análisis de Turbiedad.....	50
Gráfico 3-4 Análisis de turbiedad grupal.....	51
Gráfico 3-5 Análisis de Color.....	52
Gráfico 3-6 Análisis de color grupal.....	52
Gráfico 3-7 Análisis de STD.....	53
Gráfico 3-8 Análisis de STD grupal.....	54
Gráfico 3-9 Análisis de Dureza.....	55
Gráfico 3-10 Análisis de Dureza grupal.....	55
Gráfico 3-11 Análisis de Conductividad.....	56
Gráfico 3-12 Análisis de Conductividad grupal.....	57
Gráfico 3-13 Análisis de Alcalinidad.....	58
Gráfico 3-14 Análisis de Alcalinidad grupal.....	58
Gráfico 3-15 Análisis de Cloruros.....	59
Gráfico 3-16 Análisis de Cloruros grupal.....	60
Gráfico 3-17 Análisis de Amonios.....	61
Gráfico 3-18 Análisis de Amonios grupal.....	61
Gráfico 3-19 Análisis de Nitritos.....	62
Gráfico 3-20 Análisis de Nitritos grupal.....	63
Gráfico 3-21 Análisis de Fosfatos.....	64
Gráfico 3-22 Análisis de Fosfatos grupal.....	64
Gráfico 3-23 Análisis de Fluoruros.....	65
Gráfico 3-24 Análisis de Fluoruros grupal.....	66
Gráfico 3-25 Análisis de Cloro Libre Residual.....	67
Gráfico 3-26 Análisis de temperatura.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Análisis físico-químico del Cantón Palora

Anexo B Análisis físico-químico Grupal

Anexo C Norma NTE INEN 1108

Anexo D Aceptación para realizar el Trabajo de Titulación

Anexo E Puntos de Muestreo

Anexo F Metodología (Físico-químico y microbiológico)

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua potable del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago para determinar si es apta para el consumo humano. Los muestreos se realizaron durante el periodo Octubre-Diciembre del 2016 donde se recolectó doce muestras en distintos puntos representativos que corresponden a la entrada de la planta que conecta con el Río Numbayme, un depósito de mezcla rápida, cuarto de cloración, dos tanques de reserva, dos válvulas de entrada de agua una al cantón Palora y otra al sector conocido como Mojón, tres domicilios de Palora distribuidos en tres redes (alta, media y baja) y dos domicilios del Recreo, los análisis se realizaron por duplicado. Todos los procedimientos se establecieron bajo la Normativa NTE INEN 1108 con excepción del primer punto de muestreo en el que se recolectó la muestra del río, la cual se rigió a la normativa del TULAS. Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de control de calidad de aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, excepto la prueba del cloro residual que se hizo in situ, para la obtención de los mismos se siguió el Standard Methods for examination of water, en cuanto al análisis microbiológico se realizó por el método del número más probable. En conclusión se demostró que el agua del Cantón Palora no es apta para el consumo humano, ya que los parámetros de pH estuvieron por debajo del límite máximo permitido y los de fosfato por encima del límite máximo permitido según la norma, por todo ello se recomienda un mantenimiento adecuado y continuo a la planta de tratamiento.

Palabras Claves: <TECOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MICROBIOLOGÍA>, <TRATAMIENTO DE AGUA>, <COLIFORMES FECALES>, <PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS>, <NORMA NTE INEN 1108 >.

ABSTRAC

The purpose of this research work was to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of the drinking water of Canton Palora, Province of Morona Santiago, to determine if it is suitable for human consumption. Sampling was carried out during the period October-December 2016 and 12 samples were collected at different representative points corresponding to the entrance of the plant that connects with the Numbayme River, a quick mixing tank, four of chlorination, two tanks of reserve, two entrance valves of water: one to the canton Palora and another to the sector known as Mojon, three Palora homes distributed in three networks (high, medium and low) and two domiciles of El Recreo, the analyzes were performed in duplicate. All procedures were established under the norm NTE INEN 1108 with the exception of the first point of sampling in which the sample of the river was collected that was in accordance with the regulations of the TULAS. The physical-chemical analyzes were carried out in the Water Quality Control Laboratory at the Sciences Faculty of the Escuela Superior Politecnica of Chimborazo, except for the residual chlorine test that was carried out in situ, the Standard Method was used to examine the water. Respecting to the microbiological analysis, it was performed by the most probable number method. As a conclusion, it was shown that the water of the Canton Palora, is not suitable for human consumption, because the pH parameters were below the maximum limit allowed and those of phostate above the maximum limit allowed according to the norm, therefore it is recommended an adequate and continuous maintenance to the treatment plant-

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <MICROBIOLOGY>, <WATER TREATMENT>, <FECAL COLIFORMS>, <PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS>, <NTE INEN 1108.

INTRODUCCIÓN

El agua es categorizada como el líquido vital para el ser humano y su desarrollo, es un recurso natural que cada vez es más escaso e inaccesible, esta sustancia tiene gran importancia para que todo ser vivo pueda realizar sus funciones específicas, tiene un sin número de usos siendo el de mayor relevancia el uso doméstico, donde las personas la utilizan para el consumo directo, lavado de alimentos, cristalería e higiene. Según el punto de vista sanitario el agua debe desempeñar tres parámetros muy importantes para ser óptima: la calidad, en la cual no debe presentar riesgos para la salud de la humanidad, la cantidad donde ésta debe abastecer las necesidades del consumidor y la accesibilidad, pues el origen del agua debe ser adecuado, cerca y de fácil recolección. (Cortez, 2010, <https://books.google.com.ec/books?id=PA4&dq=agua+potable&hl=es419&s=onepage&q=agua%20potable.>)

Cerca del año 1805 se implementó el primer sistema de agua potable en Paisley, Escocia construido con ideas de John Gibb. Después de cuatro años se inició a transportar agua tratada con filtros de Glasgow. En 1810 Paris se convirtió en la primera ciudad en construir la planta de tratamiento de agua más grande y eficiente de aquella época utilizando una filtración con arena y carbón. (Palco, 2014, p.156)

El agua potable, el saneamiento y la higiene de la misma ha sido relevante para el desarrollo de diversos foros nacionales e internacionales en el ámbito político como la Conferencia Internacional de Atención Primaria de Salud que se dio en Alma Ata, Kazajstán en el año 1978, varias conferencias sobre el agua por ejemplo la más importante fue Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata argumentado en el país sudamericano de Argentina en 1976, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y Saneamiento Ambiental donde además se realizó la carrera de Ingeniería Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en el 2002. Recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida». (Guías para la calidad del agua potable, 2006, pp. 11,12)

Existen varios tipos de tratamientos de agua con el objetivo de purificarla para ser apta para el consumo humano tratando de erradicar enfermedades gastrointestinales que pueden llevar a la muerte. La Organización Mundial de la Salud y El Decreto de España han declarado que el agua de abastecimiento para los ciudadanos de todo el mundo debe ser tratada, que cada institución correspondiente debe potabilizarla, es decir, limpiarla de toda materia inapropiada existente

mejorando la calidad de vida del ser humano.(Lozano, 2012, https://books.google.com.ec/books?id=8JHG4QOv_KYC&printsec=frontcover&dq=derechos+del+agua&hl=es.)

Los microorganismos patógenos y alteraciones físico-químicos presentes en el agua han sido un problema de salud en todo el mundo, donde las personas preocupadas del bienestar han tomado medidas de prevención en el tema ambiental tratando de erradicar toda contaminación posible provocada por la mano del hombre, y así evitar una diversidad de enfermedades inducidas por la mala calidad del agua. La Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud celebrada en Cuba en 1978 han propuesto que la mejora del agua a nivel mundial debe ser integrada en los ocho casos más importantes a nivel de salud como el saneamiento y el abastecimiento del agua, ya que se ha demostrado que el grado de enfermedades especialmente gastrointestinales han incrementado de manera considerable en países en vía de desarrollo por el consumo de agua no tratada. (Arboleda, 2001, p.44-56)

En el 2002, el MIDUVI articuló una política nacional sobre Agua Potable y Saneamiento en el Ecuador, donde trata de mejorar el estilo de vida de los ciudadanos ofreciendo un abastecimiento de agua de calidad, alcantarillado, tratamiento de residuos sólidos y control de excretas. (Dominguez, 2002, p.12)

El sistema de tratamiento de agua que utiliza el Cantón Palora se da por filtración y floculación aunque no se utiliza químicos floculantes, pero se da un mecanismo de una mezcla rápida, donde las partículas pequeñas se aglutinan para formar sólidos más grandes llamados flóculos, posteriormente estos pasan a cuatro tanques estáticos de sedimentación de partículas, continuando con una filtración descendente con la ayuda de un medio filtrante, en este caso se utiliza arena con el fin de remover impurezas en forma de trazas voluminosas.

El agua continúa al cuarto de cloración donde se utiliza una solución de hipoclorito de calcio, que es cloro en grano, posteriormente se almacena en dos recipientes con distintas trayectorias, el de mayor volumen se dirige a dos tanques de reserva con dirección al Cantón Palora, mientras que el de menor volumen toma el recorrido directo al Mojón.

JUSTIFICACIÓN

El agua es un líquido natural, que para poderla consumir en primer lugar debe ser tratada y esto requiere de un conjunto de operaciones que nos aseguren una calidad aprobada desde el punto de vista sanitario. El desarrollo de la sociedad reclama cada vez más agua segura, ocasionalmente la escases de esta no es solo en la cantidad sino también en su calidad. En el agua sin tratarse, aumenta la probabilidad de proliferación de bacterias y otros microorganismos que pueden alterar gravemente nuestra salud ocasionando con mayor frecuencia problemas gastrointestinales y dermatológicos. (Chulde, 2014, p. 44.)

El problema sobre el agua potable es una cuestión de reclamo y preocupación de cada ciudadano en todo el mundo, especialmente en aquellos países en vías de desarrollo por su frecuencia inestable en la salud de la población. Los microorganismos patógenos, agentes químicos tóxicos y las radiaciones son las principales dificultades que ponen en peligro la salud de la persona, en sí, los diversos malestares transmitidos por consumo de agua contaminada con restos fecales de humanos o animales son las causas de las enfermedades gastrointestinales y sus complicaciones, por ende es necesario seguir trabajando continuamente en mejorar la calidad del agua en cada población. (Gonzales, 2011, http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap05.pdf.)

En el Cantón Palora perteneciente a la Provincia de Morona Santiago, existe un alto índice de enfermedades gastrointestinales en los ciudadanos de esta población, mayoritariamente en los niños menores de 5 años por el consumo directo del agua, factor predominante el mal hábito de no hervirla previamente, la confianza absoluta de acceder agua segura y la necesidad natural y obligatoria que nuestro organismo requiere.

(D.P.S.P, 2014, http://instituciones.msp.gob.ec/dps/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=44.)

El presente trabajo de investigación se lo realizó mirando la importancia que tiene el agua en nuestro vivir, la misma que debe ser limpia, potable y apta para el consumo humano, lo cual se necesita conocer el proceso de potabilización que posee el Cantón Palora, para así analizar los componentes del agua y determinar si es apta para el consumo humano.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Agua

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

El agua es una molécula que está conformada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos a través de un enlace covalente polar, este compuesto se caracteriza por tener un extremo positivo y otro negativo atrayendo a la molécula adjunta con la carga opuesta, esto le da la credencial de ser el solvente universal más conocido. Además cumple una función que resalta en el equilibrio de cada organismo gracias a los cambios de temperatura en los cuerpos manteniendo la homeostasis en el ser vivo. Por otra parte, el agua interactúa en las reacciones químicas de manera directa e indirectamente ya que puede ser una combinación para que se dé la reacción o puede ser un producto final presentado en distintos estados, es así que en la respiración celular se produce agua como resultado del rompimiento de moléculas de glucosa para extraer energía. (CONTRERAS, 1996, p.111)

El Director de la Organización Mundial de la Salud definió al agua y al saneamiento como: *“El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Suelo referirme a ellos como «Salud 101», lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades.”* (Lee, 2004, http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/)

Tras varias investigaciones se ha confirmado que todo organismo contiene alrededor del 60% al 80% de agua localizada de manera extra e intracelular, de esa forma puede realizar todas las reacciones químicas de forma adecuada para mantener el equilibrio del organismo, además se puede decir que en la persona adulta el agua constituye el 70% pero mientras avanza su edad la

cantidad de la misma va descendiendo. Dentro de los organismos esta sustancia se puede presentar de forma libre formando diversos líquidos como el torrente sanguíneo y la linfa, también gran cantidad forma parte de la orina. (VOET Y DONALD, 2007, p.23)

1.2 Disponibilidad y distribución de agua en el mundo

A medida que pasa el tiempo se incrementa la disminución de los recursos hídricos por la disposición de agua que se ha brindado a la agricultura, crecimiento y desarrollo de animales, industrias y el uso doméstico. Este líquido constituye el 75% de la superficie de la Tierra, dentro de este porcentaje tan solo el 5% es agua dulce que forma parte de glaciares o cuerpos de hielo de gran volumen encontrados en cada polo de nuestro planeta, pues desventajosamente solo el 2% es agua de fácil acceso, así que gran parte de esta pertenece a los océanos. (Agua y Saneamiento Argentinos S.A 2005, http://www.aysa.com.ar/index.php?id_contenido=323&id_seccion=0)

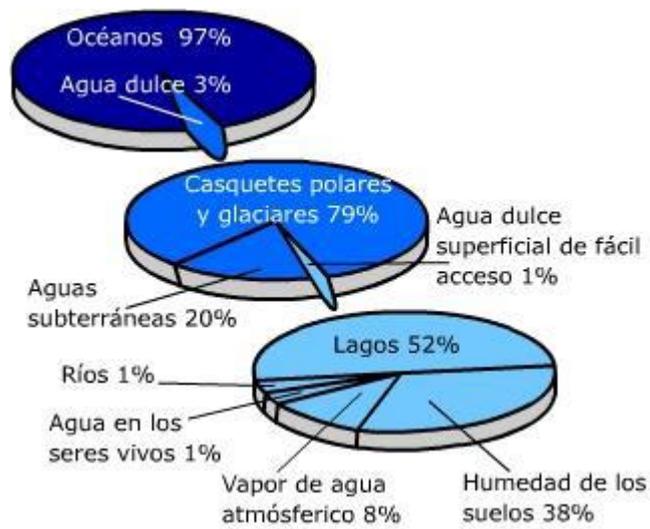


FIGURA 1-1 Distribución del agua en el mundo.
Fuente: (Suarez, 2005)

No existe un equilibrio en la distribución de agua en cada parte del mundo, pues varía desde la facilidad al acceso hasta las estaciones climáticas que presenta cada año, lastimosamente las raciones de agua no son equitativas ya que algunas poblaciones son ricas en agua pura mientras que en otras invade el desierto, así que la igualdad del agua en cuanto a su cantidad y a su calidad es nula. La repartición del agua influye muchos factores como el lugar, el clima, autoridades y la mano del hombre, por esta razón la competencia por el agua es cada vez mayor especialmente en el abastecimiento de una población, aunque aquí también interfiere la economía y la organización de una población. (Mejía, 2005, p 14-18)

Cabe recalcar que el factor de mayor importancia actualmente en la sociedad es la economía, parámetro que divide los estatus sociales que influye de manera directa o indirecta sobre la accesibilidad del agua y mucho más a la obtención de agua potabilizada, motivo que ha alcanzado una disparidad entre pobres y ricos, se debe apreciar que significativamente la población a nivel mundial aumenta y con ello las necesidades también lo hacen, pero la cantidad de agua de abastecimiento permanece constante. (Agudelo, 2005, pp. 2-7)

1.3 Tipos de agua

1.3.1 Agua potable

La normativa NTE INEN 1108:2014 referente a los requisitos del agua potable, define a esta sustancia como un producto que ha seguido un tipo de tratamiento que pueda garantizar calidad de la misma en el cumplimiento de sus características físicas, químicas y microbiológicas para que pueda ser apta para el consumo humano, es decir, que no debe poseer ningún riesgo significativo para la salud del humano. (INEN, 2014, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2014.pdf>)

Se denomina agua potable o agua apta para el consumo humano aquella que puede ser ingerida sin provocar daño alguno dentro del organismo, esto se da gracias a que esta sufre un proceso de desinfección donde el objetivo es limpiar toda impureza presente que pueda ocasionar alguna enfermedad. Esta expresión se aplica al agua que cumple con los requisitos donde establece una normativa de calidad dependiente en el país o estado que lo aplique y que sea promulgada por las autoridades locales e internacionales. (LÓPEZ Y YEFER, 2012, p. 55)

1.3.2 Agua subterránea

Lo más apreciado que debe tener el hombre es el agua que se encuentra en el subsuelo ya que es un producto que forma parte del ciclo hidrológico, varias investigaciones han demostrado que a medida que el agua esté en una profundidad de mayor longitud es más saludable por ser rica en minerales. La contribución de agua de los acuíferos al flujo de los ríos es responsable de que el río siga teniendo caudal cuando no hay precipitaciones. Este tipo de agua tiene el compromiso con la naturaleza sobre la distribución de agua a diversas fuentes como: manantiales, caudales, lagos, ríos, entre otros, además el agua subterránea actúa como un solvente activo en los procesos geológicos ya que ayuda a transportar toda clase de materia incluso contaminantes. (Sahuquillo Andrés, 2015, p. 98-99)

El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la

sobreexplotación. El agua subterránea proviene de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua. El agua subterránea se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados debido a la gravedad y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos. (Panchano, 2010, p.565)

1.3.3 Agua superficial

Se llama de esta manera al agua que se encuentra exhibida directamente al espacio y por ende a la atmósfera, compone ríos, estanques, represas, charcos, mares, arroyos, entre otros. Este tipo de agua tiene una alta facilidad de contaminarse ya sea por causa ambiental o por la falta de higiene del ser humano, la mayor parte de la población accede al consumo y al uso del agua superficial por la facilidad de obtención. (Hermes, et al, 2013,<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1304/index.htm>).

El agua superficial proviene de las precipitaciones, pues esa no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o es también la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas, se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra pueden ser naturales o artificiales, pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. (Sarango, 2013, p.120)

1.3.4 Agua cruda

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1108 define al agua cruda como aquella “ *que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.*” (NTE INEN 1108, 2014, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2014.pdf>).

El agua cruda se encuentra en forma natural tal como se origina de sus fuentes tales como ríos, arroyos, lagunas entre otros, siendo estas pertenecientes a aguas subterráneas o superficiales que no hayan sufrido un tratamiento alguno, las poblaciones acuden al consumo de este tipo de agua para abastecer sus necesidades sin ningún problema. (Lina, 2014, p. 126)

1.4 Calidad del agua

El agua confiere calidad cuando las características físicas, químicas y microbiológicas son idóneas, es decir, son parámetros que se encuentran postulados en cada país donde se trata de

mejorar la calidad de vida de todo ser vivo evaluando el cumplimiento de las características del agua rigiéndose a una normativa. (Reascos, Year, 2010, p. 13)

La intervención de la mano del hombre y los constituyentes ambientales han sido los principales factores para que la calidad se vea aumentada o disminuida, si las personas tuvieran una higiene adecuada y la acción con el agua fuera controlada esta sustancia vendría a ser determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración, sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Romero, 2009, pp.31-32).

La calidad del agua lastimosamente se ha ido deteriorando a medida que pasa los años por causa del acceso incontrolado del ser humano, el incremento de las actividades industriales y agrícolas y los cambios bruscos climáticos, ya que los agujeros en capa de ozono son cada vez de mayor volumen donde los rayos solares ingresan de forma directa afectando a los cascos de hielo y al ciclo hidrológico, lo que ocasiona grandes lluvias y por ende inundaciones que arrastran toda clase de contaminación, por lo cual es difícil llevar un tratamiento óptimo ya que no se puede controlar a los efectos de la naturaleza. (Organización de las Naciones Unidas, 2014)

1.4.1 Calidad física

Según corresponde a la normativa ecuatoriana NTE INEN 1108:2014 las características físicas que debe cumplir el agua potable son las siguientes:

1.4.1.1 Turbidez

Este parámetro analiza la calidad de transparencia del agua que se da por el conjunto de partículas que se encuentran suspendidas, es una expresión óptica que se da por la proyección de los rayos de luz que se absorben en el agua, se puede decir que cuando esta presenta turbidez la cantidad de sólidos totales o sólidos disueltos será alta pero su calidad baja, es decir a mayor turbidez menor calidad. (Lenntech, 2015, p. 22).

Los sólidos suspendidos pueden ser: sedimentos de erosión, materia orgánica e inorgánica y organismos microscópicos. (NTE INEN 0971, 2011, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0971.1984.pdf>).

La turbidez se caracteriza por dos factores importantes: filtración y la estética. La filtrabilidad ayuda a la separación de impurezas, mientras una muestra de agua presenta mayor turbidez es

más difícil su filtración, y la estética es una elección óptica por parte del consumidor ya que si este observa muy turbia el agua su rechazo será inmediato. (Samuel, 2012, p.92)

La normativa ecuatoriana exige determinar la turbidez del agua potable utilizando la técnica con nefelométrico, en lo cual el valor máximo permitido es 5 UTN. (unidades de turbiedad nefelométrica). (NTE INEN 1108, 2014, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>)

1.4.1.2 Sabor y olor

Estos parámetros nos indican si la muestra de agua contiene sustancias orgánicas descompuestas o que se encuentren en proceso de descomposición o a su vez indica la presencia de algún compuesto volátil. El olor es específico como indicativo del aumento de la actividad biológica y se puede relacionar con una contaminación industrial, se considera que el sabor y el olor son análisis rápidos para determinar si el tratamiento aplicado está cumpliendo su función. (World Health Organization Pan American Health Organization, 1987).

El catador que realice este análisis debe tener muy sensible los sentidos del gusto y olfato, debe tener conocimiento sobre las relaciones que provoca la modificación de los mismos. Las papilas gustativas pueden detectar algunos metales como el Na, Ca, Mg Cu, Fe y Z, mientras que nuestro olfato puede relacionar el olor de sulfuros de hidrógenos con el mal olor de un huevo podrido y por último el Fe y el Mn dan un sabor y olor medicinal dejando la lengua áspera.(Samaniego, 2010, p. 122)

1.4.1.3 Color

Los iones metálicos disueltos y la materia orgánica presente en el agua son los responsables de dar el color característico, el color verdadero de esta sustancia no se puede apreciar cuando ésta se encuentra con turbidez, por ende para poder medir este parámetro hay que descartar la turbiedad con un tratamiento adecuado, mientras el color aparente se lo puede describir cuando la muestra de agua no ha seguido ningún tratamiento. (APHA., et al, 1992, pp. 2-10)

En una muestra de agua se puede analizar dos colores, el color aparente y el color verdadero, en el primer caso presenta opacidad debido a la turbidez por contener sustancias en suspensión y compuestos coloidales, este tipo se lo puede apreciar en la muestra original la cual no ha sido filtrada o centrifugada, mientras que para determinar el color verdadero es aconsejable hacerlo conjunto con el pH, ya que existe una relación directa entre la intensidad del color y el aumento del pH. (Serveriche, 2013, pp. 14-16)

1.4.2 Calidad Química

Aunque no se puedan apreciar visualmente existen diversas sustancias presentes en el agua que se puede medir, son compuestos químicos que nos ayudan a determinar la calidad del agua, es decir, nos indica si presenta alguna contaminación o caso contrario nos revela su pureza, esto se da gracias a las concentraciones medidas de cada compuesto. (Orellana, 2005, www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_de_L_Agua_Potable.pdf).

Cuando una muestra de agua exhibe contaminación y ya es consumida por la población, los efectos adversos por las sustancias químicas presentes se dan a relucir no inmediatamente, sino puede durar meses o quizá años, todo esto depende de la concentración del químico disuelto en el agua o del sistema inmunitario de la persona al poder ser resistente a una bacteria. (MONJE, 2002, p. 55-56.)

1.4.2.1 pH

Ayuda a medir la concentración de iones de hidrógeno presentes en el agua, detecta la acidez del agua o si se encuentra básica, forma parte del conjunto de parámetros para establecer la calidad del agua, tanto el pH como la alcalinidad es indispensable para detectar la corrosividad. El agua pura tiene un pH entre 6.5 y 8.5, si este líquido se encuentra por debajo de 6.5 se dice que el agua es corrosiva lo que puede disolver iones metálicos ocasionando daños en las tuberías metálicas y alterando su estética, mientras que si el resultado muestra por encima de 8.5 el agua es alcalina y tendrá problemas con la dureza provocando sarro en las tuberías y capas blanquecinas en la vajilla de cristal de cocina. (Serveriche, 2011, pp. 13-14)

1.4.2.2 Alcalinidad

La alcalinidad de un agua es debida al contenido de sales del ácido carbónico (bicarbonatos, carbonatos) e hidróxidos, es una medida o indicador de los componentes básicos del agua. La alcalinidad de las aguas naturales suele deberse especialmente a los bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio y en algunos casos también se debe en pequeño grado a boratos, silicatos y fosfatos. El bicarbonato es el componente que más contribuye a la alcalinidad. La importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. La alcalinidad da un índice de la resistencia del agua a bajar su pH cuando se le añade ácido. No deben confundirse los términos alcalinidad y basicidad, es decir, alcalinidad y pH. El pH es una medida de la intensidad y la alcalinidad es

una indicación o medida de la capacidad de aceptar protones H⁺ para alcanzar un estado determinado. (Joseph A. Avilla, 2013, <http://www.elaguapotable.com/acondicionamiento.htm>)

1.4.2.3 Conductividad

La conductividad es la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, movilidad, valencia y concentración de los dichos iones, así como de la temperatura del agua. Este parámetro permite el control del agua potable distribuida, descubriendo variaciones causadas por infiltraciones de aguas de mineralizaciones diferentes y por ende, contaminadas. En las aguas dulces los valores de conductividad pueden ser relativamente bajos porque la materia orgánica y coloides son por lo general malos conductores de la corriente eléctrica. (Serveriche, 2011, p.25)

1.4.2.4 Dureza

Indica la concentración de minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular son sales de magnesio y calcio, el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas y tiene una relación estrecha con el pH especialmente con aquellas muestras que se encuentran ligeramente ácidas. (Serveriche, 2011, pp. 37-40)

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio, es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial provocando que se consuma el jabón al producirse sales insolubles. (Condo, 2009, p.485)

En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además le da un sabor indeseable al agua potable. Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias de bebidas, lavanderías, acabados metálicos, teñido y textiles. La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/L de dureza en los cuales niveles superiores a 500 mg/L son indeseables para uso doméstico. (Fausto Condo, 2009, p.490)

1.4.2.5 *Nitratos y Nitritos*

Los nitritos y nitratos son compuestos formados básicamente de nitrógeno los cuales se encuentran en suelo, agua, plantas y los alimentos de forma natural, se forman cuando los microorganismos del entorno alteran algún tipo de material orgánico, como plantas, estiércol de animales y aguas residuales. Los nitratos también se utilizan en los fertilizantes químicos mientras que los nitritos se emplean para el secado de la carne. En el agua se encuentra más nitratos que nitritos con mayor naturaleza contaminante, los nitratos aparecen en el agua potable a causa de filtraciones que provienen de granjas, zonas de césped y jardines que llegan al agua subterránea, estos compuestos también pueden aparecer en el agua a causa de la cercanía de vertederos municipales o centros de crianza de animales con sistemas defectuosos. (Romero, 2009. 219-222 p)

1.4.2.6 *Fosfatos*

Los fosfatos están presentes en las aguas naturales en pequeñas concentraciones, estos compuestos formados de fósforo que se encuentran en aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza. Los compuestos del fósforo (particularmente el orto-fosfato) se consideran importantes nutrientes de las plantas, y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, pudiendo llegar a promover la eutrofización de las aguas. Los fosfatos están directamente relacionados con la eutrofización de ríos, pero especialmente de lagos y embalses. En lo referente a las aguas de consumo humano, un contenido elevado modifica las características organolépticas y dificulta la floculación en las plantas de tratamiento. (APHA, et al, 1992, pp.187-189)

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de todos los organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas. (APHA, et al, 1992, pp.190-199)

1.4.2.7 *Flúor*

El flúor es un elemento relativamente abundante en la naturaleza, en el agua dulce de la superficie terrestre tiene una concentración de fluoruro normalmente bajas entre 0.01 ppm a 0.3 ppm. En el agua subterránea, la concentración natural de fluoruro depende de aspectos geológico, químico y características físicas del acuífero, la porosidad, acidez de la tierra, piedras, temperatura, la acción de otros elementos químicos y profundidad de los pozos de

extracción. Las concentraciones del fluoruro en el agua subterránea pueden ir de 1 ppm a más de 25 ppm. (Lenntech BV. 1998, <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/f.htm>)

Los iones de fluoruro se ligan a los iones del calcio, fortaleciendo el esmalte del diente en los niños. Muchos investigadores consideran más una presunción que un hecho, debido a la evidencia contradictoria de los estudios en India y otros países durante los últimos 10 a 15 años. No obstante, el acuerdo es universal que la ingesta de flúor excesiva lleva a la pérdida de calcio en la matriz del diente, produciendo una amelogenesis imperfecta conocida como fluorosis dental. La sobreexposición severa, crónica y acumulativa puede causar la fluorosis del esqueleto. (Marcelo Alberto, 2014, http://www.sdpt.net/SAP/fluoruro_en_el_agua.htm)

1.4.2.8 Cloro residual

Está presente en el agua de consumo como resultado de uso de cloro como desinfectante en las plantas potabilizadoras, en altas concentraciones provoca sabores desagradables. La norma exige como valor máximo 0,3 mg/L a 1,5 mg/L y este análisis es recomendado realizarlo in situ. (Organización Mundial de la Salud, 2006).

El cloro es el agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo humano, debido principalmente a:

- Su carácter fuertemente oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos (en especial bacterias) y numerosos compuestos causantes de malos sabores.
- Su más que comprobada inocuidad a las concentraciones utilizadas.
- La facilidad de controlar y comprobar unos niveles adecuados.

Es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, desde las potabilizadoras hasta las acometidas de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. No obstante, es importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica. (Agbar, 2014, 11)

1.4.2.9 Amonio

El amonio presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales, así como de la desinfección con cloramina. Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0,2 mg/L, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/L y la ganadería intensiva puede generar

concentraciones mayores en aguas superficiales. También pueden producir contaminación con amoníaco los revestimientos de tuberías con mortero de cemento. El amoníaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. (Orellana, 2005, p.213).

1.4.2.10 Calcio

Las sales de calcio contribuyen a la dureza total del agua. Los tratamientos químicos de ablandamiento del agua o intercambio iónico reducen la concentración del calcio y la dureza. El contenido de calcio en el agua potable puede ir de cero a varios cientos de miligramos por litro dependiendo de la fuente y tratamiento. Se puede establecer el método complexométrico del EDTA para la determinación de calcio en aguas, cuando el EDTA (ácido entilen diamino tetraacético o sus sales) se añade al agua que contiene calcio y magnesio, éste se combina primeramente con el calcio. El calcio puede determinarse directamente, usando EDTA, cuando el pH es suficientemente alto para que el magnesio precipite como hidróxido y se usa un indicador que reaccione únicamente con el calcio. Varios indicadores cambian de color cuando todo el calcio ha formado complejo con el EDTA a un Ph entre 12 y 13. (NTE INEN 1107, 1984, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1107.1984.pdf>)

1.4.2.11 Sólidos disueltos totales

La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. (Biología Manual, 2014, <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-tds.pdf>)

Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la esorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga la contaminación del agua de las plantas de tratamiento industriales o de aguas residuales. Los componentes químicos más comunes son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro, que se encuentran en el escurrimiento de nutrientes, la esorrentía de aguas pluviales general y la esorrentía de climas nevados donde se aplican sales de deshielo de carreteras. Los productos químicos pueden ser cationes, aniones, moléculas o aglomeraciones en el orden de mil o menos moléculas, siempre y

cuando se forma un micro-gránulo soluble. (Carbotencia, 2016, <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>)

Los sólidos disueltos totales se diferencian de los sólidos suspendidos totales (SST), en que este último no puede pasar a través de un tamiz de dos micrómetros y aún están suspendidos indefinidamente en solución. El término “sólidos sedimentables” se refiere a materiales de cualquier tamaño no se mantiene suspendido o disuelto en un tanque no está sujeto a retención de movimiento, y excluye tanto TDS y SST. Sólidos sedimentables pueden incluir grandes partículas o moléculas insolubles. (Carbotencia, 2016, <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>)

1.4.2.12 Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión, es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro. Pueden causar depósitos en conducciones, calderas, equipos y las bacterias tienen un soporte donde puedan quedar adheridas y hacer su función en las aguas residuales. Cuando son de consistencia floculante y poco densa y su vertido tiene lugar en zonas donde las aguas residuales del alcantarillado receptor fluyen a buena velocidad, se les puede admitir sin peligro de causar depósitos. Este parámetro incluye materia orgánica e inorgánica, siendo los componentes inorgánicos como la arena y arcilla, mientras los componentes orgánicos grasas, pelos, serrín, fibras, etc., aunque pueden ser muy diversos según de donde provengan. (APHA, 1995, p. 52)

La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez del agua y la de los sólidos disueltos. Estos sólidos en suspensión producen el color aparente en las aguas y disminuyen el paso de radiación solar, lo que lleva consigo una disminución de la fotosíntesis y muerte de las plantas a las que no les llega esta radiación. Estos depósitos de sólidos pueden también acarrear problemas por crear condiciones anaerobias y sedimentar en las aguas receptoras formando depósitos que destruyen la fauna del fondo (alimento de los peces). También pueden producir problemas en los peces debido a que se pueden depositar en las branquias. (APHA, 1995, p. 53)

1.4.3 Análisis microbiológico

Se puede definir el análisis microbiológico como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra de agua. El interés se centra en los microorganismos patógenos como bacterias, virus, protozoos y otros organismos, que transmiten enfermedades. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que

producen las personas infectadas. (José Obón, 2013, https://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf)

Al hacer el análisis de las aguas no buscamos tal o cual microorganismo patógeno, es decir, no aislamos o identificamos los microorganismos patógenos del agua, sino que averiguamos si esta tiene o no contaminación de origen fecal. Los factores que inciden en la flora bacteriana son los siguientes:

- La acidez disminuye el contenido de microorganismos.
- La materia orgánica lo aumenta.
- Mucho oxígeno disuelto disminuye los microorganismos anaerobios.
- Las sales, si son abundantes, producen que el agua sea casi estéril.
- Si existe poca cantidad de sales se estimula el desarrollo bacteriano.
- La filtración disminuye el número de microorganismos.
- La temperatura puede aumentar o disminuir el contenido bacteriano.
- La turbidez hace que el contenido bacteriano pueda aumentar, ya que los rayos U.V. no manifiestan su acción.
- Los protozoos fagocitan bacterias y así disminuyen el número de estas. (Carbotecnia, 2016, <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>)

1.4.3.1 *Coliformes fecales*

Coliformes Fecales son un subgrupo de los Coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia Coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los Coliformes Fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a Coliformes Totales y Fecales. La capacidad de los Coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH y humedad. Desde hace mucho tiempo se han utilizado un indicador ideal de contaminación fecal. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades. (Análisis microbiológico del agua, 2014, p.17)

1.4.3.2 *Escherichia coli*

Bacteria del grupo coliforme que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a $44,5 \pm 0,20$ C en 24 horas, produce indó a partir del triptófano, oxidase negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β galactosa y β glucuronidase, que es considerado el más específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos.

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

Entre los tipos de *E. coli* que producen gastroenteritis, “el más destacado por su patogenicidad es el denominado *E. coli* enterohemorrágico, que produce un cuadro que va, desde dolores estomacales, hasta vómitos y diarrea, en muchas ocasiones sanguinolenta. Generalmente no hay fiebre o esta es baja y, la mayoría de los pacientes, se recupera en una semana”, expone el doctor Marimón. (Marimón, 2014, p.44)

1.4.4 *Análisis parasitario*

La transmisión de parásitos intestinales a través del agua representa un problema de salud pública a nivel mundial. Considerando la importancia del agua como uno de los recursos renovables más importantes para el hombre por su utilidad, abundancia y amplia distribución en la naturaleza, la contaminación de ésta con excretas humanas y animales, favorecen la transmisión de infecciones parasitarias. La transmisión de enfermedades de origen hídrico está relacionada con la contaminación de origen fecal en aguas residuales y potables. Estas enfermedades son causadas por la presencia de bacterias, virus y parásitos, los cuales generan altos porcentajes de morbimortalidad, especialmente, en la población infantil. Se han seleccionado *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* como organismos indicadores de contaminación de origen parasitario y su análisis es útil para evaluar la calidad del agua y determinar el riesgo sanitario. (Alarcón y Cárdenas, 2000, p.353)

1.4.4.1 *Giardia* y *Cryptosporidium* spp

Los quistes de *Giardia* spp y los ooquistes de *Cryptosporidium* spp poseen la característica de permanecer en el ambiente por largos periodos de tiempo bajo condiciones adversas y son resistentes a la mayoría de procesos de desinfección química y tratamiento convencional de aguas. Se sabe que las principales formas de transmisión directa de los quistes u ooquistes son la vía fecal-oral y el consumo de agua contaminada, y de forma indirecta, el consumo de alimentos regados con agua sin tratar o el uso de abonos con alto contenido microbiano. El nivel de desarrollo de cada país influye en la aparición de los brotes epidémicos. En los países industrializados esta situación puede ser generada por las posibles fallas en el tratamiento de agua para consumo y a que cada vez es mayor la resistencia de estas formas quísticas a químicos, como el cloro utilizado en la potabilización del agua. (Alarcón y Cárdenas, 2000, p.365)

Por otra parte, en los países en vía de desarrollo, la situación está dada por la falta de recursos para la construcción y la gestión adecuada de las plantas potabilizadoras y depuradoras y a los bajos niveles de educación. Sumado a esto existen deficiencias en el reporte y seguimiento de la presencia de protozoos en la población y en el agua de consumo. (Alarcón y Cárdenas, 2000, p.366)

1.5 Técnicas de análisis

1.5.1 *Número más probable (NMP)*

El método de número más probable (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes. Por lo tanto, un requisito importante de este método es la necesidad de poder reconocer un atributo particular de la población(es) en el medio de crecimiento a utilizarse. El estimado de densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística. (Biología manual, 2014, <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-nmpenumeracion.pdf>)

Algunas de las ventajas del NMP son: (i) la capacidad de estimar tamaños poblacionales basados en atributos relacionados a un proceso (selectividad); por ejemplo se puede determinar la densidad poblacional de organismos que pueden nodular leguminosas en una muestra de suelo usando el método de infección de plantas, (ii) provee una recuperación uniforme de las

poblaciones microbianas de suelos diversificados, (iii) determina sólo organismos vivos y activos metabólicamente, y (iv) suele ser más rápido e igual de confiable que los métodos tradicionales de esparcimiento en platos de cultivo, entre otros. (Biología manual, 2014, <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-nmpenumeracion.pdf>)

1.5.2 *Caldo Verde bilis brillante*

Este medio está recomendado para el recuento de coliformes totales y fecales, por la técnica del número más probable. En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable. Es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas. (Britania, 2012, <http://www.britanialab.com/productos/B02107%20REV%2001-VERDE%20BRILLANTE%20BILIS%202%25%20CALDO.pdf>)

CONTENIDO Y COMPOSICIÓN

Código B0210705: envase x 100 g.

Código B0210706: envase x 500 g.

FÓRMULA (en gramos por litro)

BILIS DE BUEY DESHIDRATADA.....	20.0
LACTOSA.....	10.0
PEPTONA.....	10.0
VERDE BRILLANTE.....	0,0133
pH FINAL: 7,2 ± 0,2	

FIGURA 1-2 Composición del CVBB

Fuente: Britania, 2012

1.5.3 *Eosina azul de metileno*

El Agar con Eosina y Azul de Metileno es una combinación del medio de Levine y el de Holt-Harris y Teague, contiene una mezcla de peptonas según Levine y presenta dos carbohidratos lactosa y sacarosa. Este medio de cultivo permite una diferenciación muy clara entre las colonias de organismos fermentadores de lactosa y aquellos que no la fermentan; el contenido de eosina y azul de metileno inhiben en cierto grado organismos Gram positivos. La presencia de sacarosa permite para algunos miembros del grupo coliforme fermentarla con más facilidad que la lactosa. Las colonias lactosa positiva son azules a moradas con brillo metálico o poseen centros oscuros con periferias transparentes incoloras y las que son negativas en lactosa o

sacarosa, se observan incoloras o rosa pálido transparentes. (Probiotek, 2012, <http://www.probiotek.com/producto/agar-con-eosina-y-azul-de-metileno-emb/>)

- Presentación de 500 g.
- Es un medio ligeramente selectivo y diferencial para el aislamiento de microorganismos entéricos a partir de diversas muestras.
- FÓRMULA EN GRAMOS POR LITRO DE AGUA DESTILADA: Agar 13.5, Lactosa 5.0, Azul de metileno 0.065, Peptona especial 10.0, Eosina Y 0.4, Fosfato dipotásico 2.0, Sacarosa 5.0 (pH 7.2 ± 0.2).

CRECIMIENTO POR MICROORGANISMO: *Escherichia coli*–Colonias azul a moradas, con brillo metálico azul verdoso, *Enterococcus faecalis*–Inhibición parcial, *Salmonella typhimurium*–Colonias incoloras y/o transparentes, *Shigella flexneri*–Colonias incoloras y/o transparentes, *Staphylococcus aureus*–Crecimiento parcialmente inhibido o colonias puntiformes (1), *Candida albicans*–Colonias plumosas, rosa pálido atípicas. (Probiotek, 2012, <http://www.probiotek.com/producto/agar-con-eosina-y-azul-de-metileno-emb/>)

1.5.4 Tinción Gram

La tinción de Gram, también conocida como coloración de Gram, es una técnica de laboratorio que se utiliza rutinariamente en los estudios microbiológicos de las bacterias. Fue diseñada por Christian Gram, un científico danés, en el año 1884. El objetivo de Gram era conseguir una prueba con la que fuera posible diferenciar diferentes grupos de bacterias para así poder estudiarlas y clasificarlas. La prueba resultó todo un éxito y pronto se convirtió en una técnica muy útil no solo para el estudio de las bacterias, sino también para poder identificarlas rápidamente en una infección y seleccionar el antibiótico más adecuado para tratarla. (Marco Cuello, 2017, <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/tincion-de-gram-13399>)

La técnica se basa en aplicar una serie de colorantes a una muestra de cualquier origen (esputo, orina, pus, etcétera) que supuestamente contenga bacterias no identificadas. Los colorantes tiñen la pared de las bacterias de color morado y, tras unos minutos, se realiza un lavado del colorante. Después de eso puede que el colorante permanezca en la pared bacteriana o que se haya ido. En el primer caso permanecería el color morado, y se trataría de bacterias Gram positivas y, en el segundo, la pared tendría un color rosado, y serían Gram negativas. (Marco Cuello, 2017, <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/tincion-de-gram-13399>)

Estos dos grupos de bacterias son los pilares en los que se basa la clasificación de la amplia mayoría de las bacterias. Cada uno de los grupos responde de forma diferente a cada tipo de antibióticos, por eso es una técnica útil para seleccionar el fármaco antimicrobiano inicial ante una infección. Hay que tener en cuenta que en ciertas situaciones (como la sepsis) es muy

importante iniciar un tratamiento antibiótico adecuado de forma precoz, por eso la tinción de Gram se pide de urgencia en muchas ocasiones. (Corano, 2015, p.212)

1.5.5 Método de Concentración por Flotación

Willis en 1921, describe este método basado en la propiedad que tienen las soluciones de densidad mayor de hacer flotar objetos menos densos. Este método está recomendado específicamente para la investigación de protozoarios y helmintos, consiste en la preparar la materia fecal con solución saturada de cloruro de sodio. Las parasitosis intestinales son un conjunto considerados un problema de salud pública. (Sharon Lugo, 2011, <http://sharon-parasitologia.com/2011/09/metodo-de-concentracion-por-flotacion.html>)

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

Es un examen coproparasitológico cualitativo de concentración por centrifugación y flotación. Hace una buena concentración de quistes huevos y larvas, es la técnica preferida por la generalidad de los laboratorios. Las formas parasitarias son encontradas con facilidad pues las preparaciones quedan con pocos artefactos. Los elementos parasitarios son recuperados de la capa superficial y los residuos se mantienen en el fondo del tubo. Con estas técnicas los preparados son más limpios que los obtenidos por sedimentación. La frecuencia de las distintas parasitosis es alta, sobre todo en países en vías de desarrollo; es importante por ello que los laboratorios clínicos manejen de forma rutinaria varios métodos copro parasitológicos alternativos que apoyen el diagnóstico parasitológico. (Lugo, 2012, <http://sharon-parasitologia.blogspot.com/2011/09/metodo-de-concentracion-por-flotacion.html>)

1.6 Normativas

1.6.1 NTE INEN 1108

Normativa técnica ecuatoriana de normalización creada en el año 2011 definida como cuarta versión para establecer los requisitos del agua potable que debe cumplir para el consumo

humano, y es aplicable a todos los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros. (NTE INEN 1108, 2015, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2015.pdf>)

1.6.2 NTE INEN 2176

Normativa técnica ecuatoriana de normalización versión única, creada en el año de 1998 como complemento para la determinación de la calidad de agua en cuestión de muestreo y técnicas de muestreo. Es empleada para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluidas y aguas residuales para su caracterización, cabe recalcar que esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales, mas no a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo. . (NTE INEN 2176, 1998, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>)

1.6.3 NTE INEN 2169

Normativa técnica ecuatoriana de normalización versión única, creada en el año de 1998 como complemento para la determinación de la calidad de agua en cuestión de manejo y conservación de muestras, además establece las prevenciones generales que se deben tomar para conservar y transportar muestras de agua y describiendo las técnicas de conservación más usadas, las misma se aplica cuando una muestra no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis. (NTE INEN 2169, 1998, <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>)

1.6.4 NORMATIVA 409/1.Of. 84

Normativa chilena oficial creada en 1984 por el Instituto Nacional de Normalización que se aplica el agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento y establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que debe cumplir la misma. (NORMA CHILENA, 1984, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/42.pdf>)

1.6.5 Decreto número 475 de Medellín

Decreto Colombiano creado el 10 de marzo de 1998 donde el Presidente de la República de Colombia, en ejercicio de las facultades conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y, en desarrollo de las Leyes 09 de 1979 y 142 de 1994 decreta que el agua potable es aquella que reúne los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud. (Decreto 475, 1998, p. 2)

1.6.6 Tulas

Es una norma técnica dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional ecuatoriano. (Tulas, 1998, <https://es.scribd.com/doc/43013644/tulas>)

1.7 Principales sistemas de tratamiento de agua

Se denomina Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETPA) a los distintos métodos que se aplica al agua para ser potabilizada y por ende, que sea apta para el consumo humano.

Cada tecnología potabilizadora debe cumplir con diversos requerimientos que exija obtener agua de calidad. Principalmente los principios a seguir son los siguientes:

- Debe poseer un conjunto de barreras múltiples, es decir, cada tecnología debe estar distribuido por varios procesos para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Contar con un tratamiento integrado para originar el efecto esperado.
- Cada proceso debe tener un objetivo específico con relación a la desinfección de un contaminante.

En una planta de tratamiento de agua se puede combinar dos o más tecnologías siempre y cuando estas sean efectivas en el cambio del agua, la cantidad de agua debe ser óptima para abastecer a toda una población, por lo general es recomendable disponer de dos tanques de reserva como mínimo para evitar cortes de agua frente algún obstáculo de la naturaleza. (Galvañ, 2009, p.33)

1.7.1 Proceso de coagulación

Es un proceso que consiste en la unión de las partículas del agua para incrementar su tamaño y así poder precipitar con mayor velocidad, en ocasiones es necesario la adición de compuestos coagulantes para acelerar el tiempo de precipitación como el caso de los coloides que son muy pequeños de difíciles de filtrar. Para que se lleve a cabo este proceso es indispensable pasar por tres etapas como: la desestabilización de partículas, relación coagulante-contaminante y la formación del coágulo. La responsabilidad de la estabilidad de los contaminantes es gracias a las fuerzas de repulsión y atracción, las mismas que se disminuyen con la adición de un

coagulante provocando la interacción entre partículas por la agitación física o mecánica. (Shiley, 2012, p 34)

1.7.2 Proceso de floculación

Se lleva a cabo por la agitación de los compuestos coagulados que ayuda al crecimiento de los flóculos que se han formado con el objetivo de elevar tanto su peso como su tamaño, y así poder sedimentar con facilidad. En este proceso es necesaria una mezcla lenta para asegurar la unión compacta de las partículas, casi contrario con una mezcla rápida es posible la rotura de los flóculos y difícilmente se vuelvan a agrupar nuevamente con las mismas condiciones. La mezcla se puede dar simplemente por la energía térmica del agua o también por ayuda mecánica e intervención de la mano del hombre. Los floculantes que se utilizan comúnmente pueden ser minerales que deben prepararse antes ser administrados, flóculos orgánicos naturales que constan de polímeros de origen natural o animal y flóculos orgánicos de síntesis. (Shirly, 2012, p 35)

1.7.3 Proceso de filtración

Es la eliminación física de las partículas sólidas que pueden ser contaminantes del agua, esta se da por el paso de una membrana que sea el diámetro del poro menor que el contaminante, usualmente se lo realiza con arena que ayuda a descartar los restos sólidos presentes en el agua, la filtración es un proceso que modifica positivamente la estética del agua mejorando la turbidez y el color, la calidad de la filtración puede variar significativamente dependiendo del método que se utilice. Existen varios tipos de filtraciones, los más conocidos son: filtración directa (se utiliza un coagulante para la formación de flóculos atrapando al contaminante en la filtración), filtración convencional (se da por sedimentación de los particulados) y filtración por arena (eficiente para la eliminación de *Giardia*, *Cryptosporidium* y algunos protozoos). (Puilla, 2007, p.121-122)

1.7.4 Proceso de decantación

Cuando el agua se encuentra en reposo las partículas sólidas se dirigen al fondo del depósito por acción de la gravedad formando un fango por la floculación, este es extraído posteriormente para continuar el proceso de desinfección. (Palta, 2012, p.65)

1.7.5 Proceso de oxidación

Es la adición de compuestos químicos como permanganato de potasio, ozono, cloro entre otros, con el fin eliminar contaminantes disueltos en el agua (Mn, Fe, etc), además ayuda a enmascarar sabores y olores provenientes de la materia orgánica presente en el agua y ayuda a erradicar con los agentes patógenos causantes de enfermedades al consumirla. (TAR T, 2013, p. 91)

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de investigación

El trabajo de titulación se realizó en el Cantón Palora perteneciente a la Provincia de Morona Santiago, el mismo que tiene un diseño metodológico observacional, ya que el estudiante no tiene el control del factor de estudio, pues solo observa, toma mediciones y analiza.

2.2 Descripción geográfica del lugar de estudio.

La Provincia de Morona Santiago está formada por doce cantones, uno de ellos es Palora, también llamado “El Edén de la Amazonía Ecuatoriana”, este cantón se encuentra ubicado al Noroeste de la provincia, su clima es trópico-húmedo y está por encima del nivel del mar a 910m con una superficie geográfica cerca de los 1456,7 km², gran parte se ubica el Parque Nacional Sangay, lugar turístico por la presencia del volcán y su diversidad en flora y fauna. (Turismo, 2013, <http://www.corpocesar.gov.co/files/MICROB%20SUR%20VUP.PDF>)

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Palora (EPMAPAPAL) es una institución perteneciente al Municipio de Palora con una organización independiente, sus oficinas se encuentran en el centro del Cantón y la Planta de Potabilización está ubicado a 10 minutos, la misma que tiene un acceso adecuado a cualquier vehículo. La Planta de Potabilización de Palora brinda el servicio a dos sectores específicos, el principal y el más grande es la zona urbana del Cantón, mientras que el segundo sector es una de las zonas rurales de Palora llamado “EL MOJÓN”, que está conformado por pequeñas familias humildes.

2.3 Sistema de tratamiento de agua EPMAPAPAL

El acceso del agua proviene del “Río Numbayme”, que se encuentra conectada directamente a la planta por la formación de un dique, el paso de agua se da a través de una filtración generalizada por una rejilla metálica, esta evita el acceso de materia voluminosa que puede arrastrar el río como hojas, palos, etc. El tratamiento de agua que utiliza la empresa es un sistema de floculación donde no se utiliza químicos floculantes, pero se da un mecanismo de una mezcla

rápida, donde las partículas pequeñas se aglutinan para formar sólidos más grandes llamados flóculos, posteriormente estos pasan a cuatro tanques tranquilos de sedimentación de partículas, enseguida se da una filtración descendente con la ayuda de un medio filtrante, en este caso se utiliza arena con el fin de remover impurezas en forma de flóculos.

El agua continúa al cuarto de cloración donde se utiliza una solución de hipoclorito de calcio, que es cloro en grano, el agua tratada se almacena en dos recipientes con distintas trayectorias, el de mayor volumen se dirige a dos tanques de reserva con dirección al Cantón Palora, mientras que el de menor volumen toma el recorrido directo al Mojón.

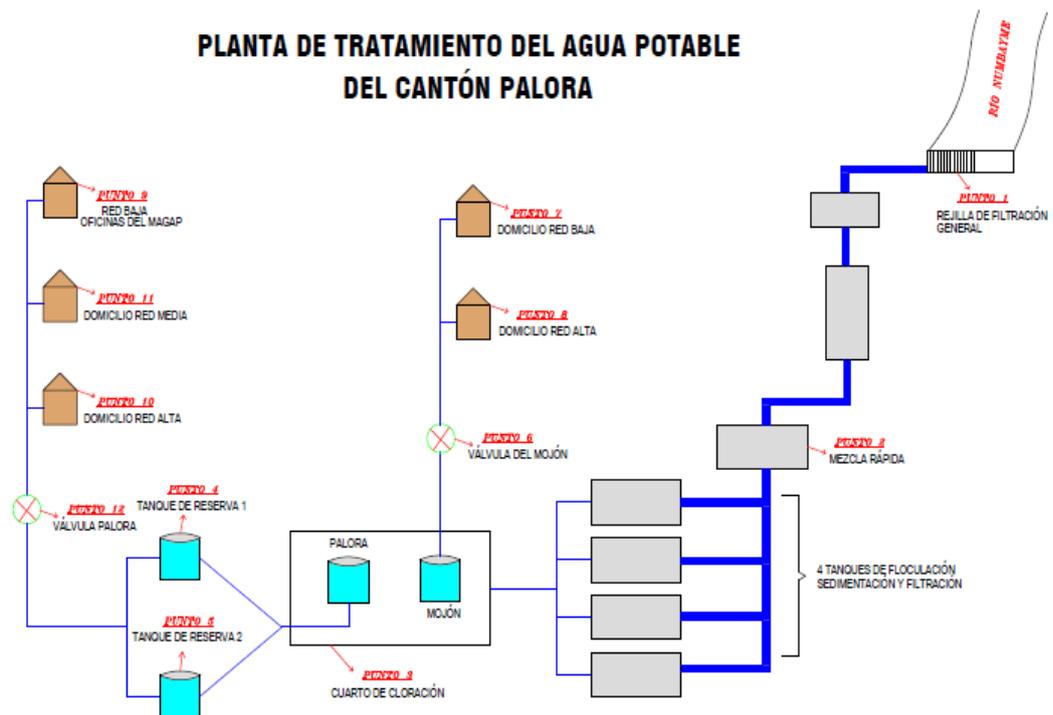


FIGURA 2-1 Planta de tratamiento del Cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar, 2017

2.4 Puntos de muestreo

Se tomaron muestras en doce puntos específicos, cada toma de muestra fue con la autorización del Gerente General de la Empresa y el permiso respectivo de los propietarios de cada domicilio.

1. El primer punto de muestreo fue tomado por encima de la rejilla de filtración ubicada en el dique formado en el río Numbayme.



FOTOGRAFÍA 2.1 Río, punto de muestreo
Realizado por: Michele Escobar, 2016

2. El segundo punto de muestreo fue tomado en el tanque de mezcla rápida, en el proceso de potabilización este se encuentra antes de los tanques de floculación, es decir, en este paso en el agua no se ha formado flóculos.



FOTOGRAFÍA 2-2 Mezclador Rapido,
punto de muestreo.
Realizado por: Michele Escobar,
2016

3. El tercer punto de muestreo fue tomado en el tanque donde el agua ya ha recibido un tratamiento de floculación pero no de cloración, aquí el agua ya es semi-tratada.



FOTOGRAFÍA 2.3 Tanque previo a la cloración, punto de muestreo.

Realizado por: Michele Escobar,
2016

4. El cuarto punto de muestreo fue tomado en el primer tanque de reserva, esta agua almacenada ya es tratada con una floculación y cloro.



FOTOGRAFÍA 2.4 Tanque de reserva 1
Realizado por: Michele Escobar, 2016

5. El quinto punto de muestreo fue tomado en el segundo tanque de reserva, de igual manera aquí el agua es tratada y toma la dirección a Palora.



FOTOGRAFÍA 2.5 Tanque de Reserva 2
Realizado por: Michele Escobar, 2016

6. El sexto punto de muestreo fue tomado en una válvula de agua que se encuentra antes de llegar al sector Mojón.



FOTOGRAFÍA 2.6 Válvula del Mojón
Realizado por: Michele Escobar, 2016

7. El séptimo punto de muestreo fue tomado en el domicilio de la Señora Rosa Cevallos que se encuentra ubicada en la red baja del sector Mojón, es decir, este punto está situado en la zona más extrema de la válvula, cabe recalcar que el agua necesita presión para abastecer a este lugar.



FOTOGRAFÍA 2.7 Domicilio red baja del Mojón
Realizado por: Michele Escobar, 2016

8. El octavo punto de muestreo fue tomado en el domicilio del Señor Ángel Castro que se encuentra ubicada en la red alta del Mojón, es decir, este punto está situado en la zona más cercana de la válvula.



FOTOGRAFÍA 2.8 Domicilio Red alta del Mojón
Realizado por: Michele Escobar, 2016

9. El noveno punto de muestreo fue tomado en las oficinas del MAGAP que se encuentra ubicada en la red baja del Cantón Palora, es decir, este punto está situado en la zona más extrema de la válvula.



FOTOGRAFÍA 2.9 Red baja del Cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar, 2016

10. El décimo punto de muestreo fue tomado en el domicilio del señor Paterson Menta que se encuentra ubicada en la red alta del Cantón Palora, es decir, este punto está situado en la zona más cercana de la válvula principal.



FOTOGRAFÍA 2.10 Red alta del Cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar, 2016

11. El onceavo punto de muestreo fue tomado en la casa del Señor Bayron Camacho que se encuentra ubicada en la red media de Palora, es decir, este punto está situado en la zona promedio de la válvula principal del Cantón.



FOTOGRAFÍA 2.11 Red media del Cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar, 2016

12. El doceavo punto de muestreo fue tomado en la válvula de agua situada antes de la distribución en Cantón Palora.



FOTOGRAFÍA 2.12 Válvula del Cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar, 2016

2.5 Técnicas de Muestreo

Para realizar el muestreo en cada punto se siguió varias técnicas que establece las normas respectivas con el fin de cumplir cada requisito y obtener un excelente trabajo.

En el muestreo del punto uno la toma fue recolectada del río Numbayme, por ende se siguió la normativa del TULAS, Capítulo IV Del Control Ambiental, Sección II del muestreo y método de análisis, donde nos indica con claridad la importancia del cuidado y respeto al ambiente, además todas las personas que realicen un estudio en cualquier factor ambiental debe tener el permiso adecuado de la autoridad correspondiente del lugar o estado del análisis.

Para continuar con el muestro de los siguientes (puntos 2-12), se rigió la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176 para Calidad de agua y muestreo, donde nos revela las técnicas apropiadas de hacer un muestreo adecuado, pues nos da a conocer que éste es el proceso de recolección de forma aleatoria de una porción representativa con el volumen necesario de agua para la prueba a analizar. Las muestras recogidas deben ser clasificadas específicamente para cada análisis, es decir, separar las muestras para el análisis físico, químico y microbiológico. (NTE INEN 2176, 1998)

Según el apartado 4.2 de esta técnica nos especifica que existen muestras puntuales, la cual se realizan para una investigación de una posible contaminación, también nos ayuda a estimar si la calidad del agua cumple con los límites o caso contrario se aparta del promedio de calidad, un claro ejemplo es el análisis del cloro residual que se lo realiza in situ. (NTE INEN 2176, 1998)

En el punto 6.2 nos habla sobre el material de muestreo donde se debe utilizar un recipiente de alta densidad, inerte o estéril, resistente a roturas, que tenga facilidad a la apertura y cierre del frasco, obligatoriamente debe ser hermético y de fácil lavado. Se debe recalcar que este material se puede reutilizar siempre y cuando se encuentre en buenas condiciones, caso contrario se recomienda utilizar un recipiente nuevo y estéril. (NTE INEN 2176, 1998)



FOTOGRAFÍA 2.13 Recipiente Estéril
Realizado por: Michele Escobar, 2016

Un punto importante en esta investigación es la identificación y registro, pues en el apartado 7 nos indica que todo recipiente debe estar codificado especialmente debe poseer una etiqueta que básicamente diga lo siguiente:

- Número de muestra (depende cuantas muestras se realice)
- Localización (punto exacto de la recolección, se puede usar coordenadas)
- Fecha de recolección (día-mes-año)
- Método de recolección (puede ser manual o la ayuda de un equipo)
- Hora de la recolección (hora exacta usando hora y minutos)
- Nombre del recolector (responsable)
- Naturaleza del pretratamiento (si es tratada o no)



FOTOGRAFÍA 2.14 Identificación
Realizado por: Michele Escobar, 2016

Para el manejo y conservación de muestras se utilizó la Normativa NTE INEN 2169, la cual nos explica que el transporte debe ser lo más estable posible durante toda la trayectoria, ya que la extensión de las reacciones depende de la agitación o reposo de la muestra. (NTE INEN 2169, 1998)

En el análisis físico-químico los frascos se debe llenar completamente, ya que no debe existir aire dentro de los recipientes para que no afecte el CO₂, pH y algunos carbonatos; mientras para el análisis microbiológico el recipiente no se debe llenar por completo, esto ayudará a mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación por accidente, cabe recalcar que para este análisis la muestra no se debe congelar para el almacenamiento. . (NTE INEN 2169, 1998)



FOTOGRAFÍA 2.15 Transporte de las muestras en cooler
Realizado por: Michele Escobar, 2016

2.6 Análisis físico

2.6.1 Determinación de pH.

- Este análisis se lo puede realizar in situ o en el laboratorio de análisis de control de aguas.
- Agitar la muestra para alcanzar su homogeneidad.
- Introducir los electrodos del equipo utilizado (Consort C562).
- Seleccionar la medición del pH en la pantalla.
- Leer el resultado pulsando el botón "CALIBRAR".

2.6.2 Determinación del color.

- En este análisis usamos el equipo de HACH DR2800
- Primero preparamos la muestra estándar o blanco colocando 10 mL de agua destilada en la celda perteneciente al equipo.
- Escoger el test "color".
- Leer el blanco seleccionando el botón "CERO"
- En otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar.
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- La lectura se realiza a 465 nm de longitud
- El resultado nos da en PtCo.

2.6.3 Determinación de la turbidez

- Se utiliza un turbidímetro.
- Llenar la celda perteneciente al equipo hasta la marca indicada
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Cerrar la celda
- Leer inmediatamente
- El resultado viene en NTU

2.7 Análisis químico

2.7.1 Determinación de Alcalinidad

- Este análisis se realiza por el método de titulación.
- Colocar 25 mL de muestra a analizar.
- Agregar a la muestra dos gotas de fenoftaleina
- Se observa una coloración Rosada en la muestra.
- Enseguida titular con Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) hasta que de una incorporación.
- Agregar a la muestra dos gotas del indicados de Naranja de Metilo
- Titular con Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)
- El resultado da un color rosado
- Medir el volumen de titulación.

2.7.2 Determinación de Dureza

- Este análisis se realiza por el método de titulación.
- Colocar 25 mL de muestra a analizar.
- Agregar a la muestra un mililitro de Cianuro de Potasio (KCN).
- Adicionar dos mililitros de solución buffer pH 10 con una pizca de indicador Negro de Eriocromo.
- Se observa una coloración roja en la muestra.
- Enseguida titular con EDTA (0.02M).
- El resultado da un color azul.
- Medir el volumen de titulación.

2.7.3 Determinación de Conductividad

- Este análisis se lo puede realizar en el laboratorio.
- Agitar la muestra para alcanzar su homogeneidad.
- Introducir los electrodos del equipo utilizado (Consort C562).
- Seleccionar la medición de conductividad en la pantalla.
- Leer el resultado pulsando el botón "CALIBRAR".
- El resultado viene en (us/cm)

2.7.4 Determinación de Sólidos Totales disueltos

- Este análisis se lo puede realizar en el laboratorio.
- Agitar la muestra para alcanzar su homogeneidad.
- Introducir los electrodos del equipo utilizado (Consort C562).
- Seleccionar la medición de STD en la pantalla.
- Leer el resultado pulsando el botón "CALIBRAR".
- El resultado viene en (mg/L)

2.7.5 Determinación de Cloruros

- Este análisis se realiza por el método de titulación.
- Colocar 25 mL de muestra a analizar.
- Agregar a la muestra cuatro gotas de Dicromato de Potasio (K_2CrO_7).
- Se observa una coloración amarilla en la muestra.
- Enseguida titular con Nitrato de Plata ($AgNO_3$) a 0.01N.
- El resultado da un color ladrillo.
- Medir el volumen de titulación.

2.7.6 Determinación de Calcio

- Este análisis se realiza por el método de titulación.
- Colocar 25 ml de muestra a analizar.
- Agregar a la muestra un mililitro de Cianuro de Potasio (KCN).
- Adicionar un mililitro de Hidróxido de Potasio (NaOH) 1N con una pizca de indicador Murexida.
- Se observa una coloración rosada en la muestra.
- Enseguida titular con EDTA (0.02M).
- El resultado da un color lila.
- Medir el volumen de titulación.

2.7.7 Determinación de Amonio

- En este análisis se usa el equipo de HACH DR2800
- Primero preparamos la muestra estándar o blanco colocando 10 mL de agua destilada en la celda perteneciente al equipo con un sobre de reactivo AmoniaSalycylate Reagent en polvo.
- Escoger el test 385 N Amoniacal Salic.

- Leer el blanco seleccionando el botón "CERO".
- La pantalla leerá 0.00 mg/L
- Programar el temporizador 15 minutos para leer la muestra.
- Después que suene el temporizador del equipo, en otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar igualmente con un sobre de reactivo AmoniaSalycylate Reagent en polvo.
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- La lectura se realiza a 465 nm de longitud de onda.
- El resultado nos da en mg/L.

2.7.8 Determinación de Nitritos

- En este análisis se usa el equipo de HACH DR2800
- Escoger el test 375 N NITRITO RBAV.
- Colocar en la celda cuadrada 10 mL de agua destilada con un sobre de reactivo Nitriver en polvo para la preparación del blanco o estándar.
- Leer el blanco seleccionando el botón "CERO".
- La pantalla leerá 0.00 mg/L
- Programar el temporizador 20 minutos para leer la muestra.
- Después que suene el temporizador del equipo, en otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar igualmente con un sobre de reactivo Nitriver en polvo.
- Si la muestra contiene Nitritos nos dará un color turquesa.
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- La lectura se realiza a 465 nm de longitud de onda.
- El resultado nos da en mg/L.

2.7.9 Determinación de Fosfatos

- En este análisis se usa el equipo de HACH DR2800
- Primero preparar la muestra estándar o blanco colocando 10 mL de agua destilada en la celda perteneciente al equipo con un sobre de reactivo Phos Ver 3 en polvo.
- Escoger el test 490 PV.
- Leer el blanco seleccionando el botón "CERO".

- La pantalla leerá 0.00 mg/L
- Programar el temporizador 15 minutos para leer la muestra.
- Después que suene el temporizador del equipo, en otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar igualmente con un sobre de reactivo Phos Ver 3 en polvo.
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- La lectura se realiza a 465 nm de longitud de onda.
- El resultado nos da en mg/L.

2.7.10 Determinación de Fluoruros

- En este análisis se usa el equipo de HACH DR2800
- Primero preparara la muestra estándar o blanco colocando 10 mL de agua destilada en la celda perteneciente al equipo con un sobre de reactivo SPANDS en polvo.
- Escoger el test 190 para Fluoruro.
- Leer el blanco seleccionando el botón "CERO".
- La pantalla leerá 0.00 mg/L
- Programar el temporizador 15 minutos para leer la muestra.
- Después que suene el temporizador del equipo, en otra celda colocar la misma cantidad de la muestra a analizar igualmente con un sobre de reactivo SPANDS en polvo.
- Limpiar las paredes externas de la celda.
- Leer el resultado pulsando "MEDIR"
- La lectura se realiza a 580 nm de longitud de onda.
- El resultado nos da en mg/L.

2.8 Análisis microbiológico

2.8.1 Determinación de coliformes fecales

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

2.8.1.1 Número Más Probable (NMP)

Agua peptonada.

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

Caldo Verde Bilis Brillante.

- En primer lugar hacer los cálculos para la preparación del caldo 40g/1L de agua destilada, de igual manera la solución debe ser estéril lo cual se lo somete al autoclave.
- Una vez preparada la solución, colocar 10 mL en tres tubos de ensayo de boca ancha por cada dilución preparada anteriormente dando una totalidad de 9 tubos con el caldo.
- Colocar las Campanas Durham en cada tubo.
- Colocar un mililitro de cada dilución preparada en 3 tubos de caldo verde bilis brillante realizando 3 series.
- Flamear la boca de cada tubo durante la siembra y cambiar las puntas para cada serie.
- Tapar herméticamente los tubos usando gasas estériles y algodón
- Llevar a la estufa los tubos en una gradilla y totalmente codificados con el punto de muestreo.
- Dejar incubar 48 horas a 37 grado Celsius.
- Los tubos que den positivos se formará gas el Campana Durham, turbidez o cambio de color del caldo.

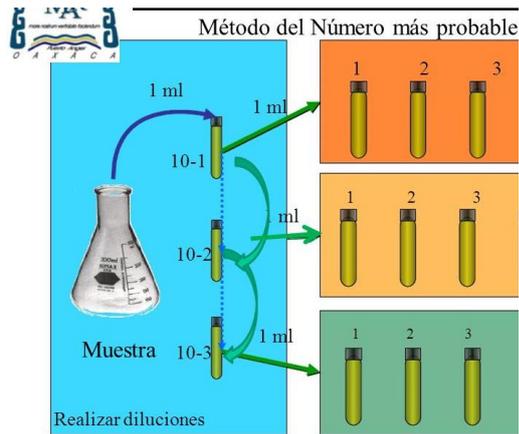


FIGURA 2-3 Número más Probable
Fuente: Provex, 2015

2.8.1.2 Eosina Azul de Metileno

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



FOTOGRAFÍA 2.16 Agar EAM
Realizado por: Michele Escobar

2.8.1.3 Tinción Gram

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



FOTOGRAFÍA 2.17 Tinción Gram
Realizado por: Michele Escobar

2.9 Análisis Parasitario

2.9.1 Determinación de Giardia lamblia

2.9.1.1 Método de Flotación

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

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

2.9.2 Determinación de Cryptosporidium

2.9.2.1 Método de centrifugación

- Recoger 2L de muestra a analizar y dejar reposar 24 horas.
- Colocar la porción más profunda en un tubo de ensayo.
- Centrifugar.
- Desechar el sobrenadante.
- Colocar una gota del sedimento formado en una placa porta objetos.
- Dejar secar la muestra.
- Leer en el microscopio directamente.

2.9.3 Determinación de parásitos generales.

2.9.3.1 Método de sedimentación

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

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

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Caracterización del agua

La toma de muestras se realizó en 12 puntos, donde cada punto se codificó con abreviaturas para el mejor manejo de muestras. Las pruebas se analizaron en dos periodos, la primera repetición se tomó en condiciones climáticas normales mientras que la segunda repetición se realizó en un clima lluvioso.

1. Río (Rio)
2. Mezcla Rápida (M.R)
3. Cuarto de Cloración (C. Cl)
4. Tanque de reserva 1 (T. R. 1)
5. Tanque de reserva 2 (T. R. 2)
6. Válvula del mojón (V.M)
7. Domicilio de la Señora Rosa Cevallos que se encuentra ubicada en la red baja del Mojón, es decir, este punto está situado en la zona más extrema de la válvula. (Red Baja)
8. el domicilio del Señor Ángel Castro que se encuentra ubicada en la red alta del Mojón, es decir, este punto está situado en la zona más cercana de la válvula. (Red Alta)
9. Oficinas del MAGAP que se encuentra ubicada en la red baja del Cantón Palora. (Red B. P.)
10. Domicilio del señor Paterson Menta que se encuentra ubicada en la red alta del Cantón Palora. (Red A. P.)
11. Domicilio del Señor Bayron Camacho que se encuentra ubicada en la red media de Palora. (Red M. P.)
12. válvula de agua situada antes de la distribución en Cantón Palora. (V. P.)

Se agrupo los puntos en cuatro asociaciones con características similares, de igual manera se asignó abreviaturas para distinguir cada punto grupal.

1. Antes de la desinfección. (A.D). Puntos 1 y 2
2. Después de la desinfección. (D.D). Puntos 3, 4 y 5

3. Mojón. (M). Puntos 6, 7, 8
4. Palora. (P). Puntos 9, 10, 11 y 12

Para la obtención de resultados se estableció un análisis descriptivo realizado en Microsoft Excel por medio de una gráfica de líneas.

En el primer análisis se graficó los diferentes parámetros físico-químico con cada punto individualmente en los dos periodos, además se sacó la media de los dos periodos haciendo referencia con los límites que indica la normativa utilizada para comprobar si cada punto se encuentra dentro o fuera del rango permitido.

Para el segundo análisis descriptivo se realizó en forma grupal asemejando sus características, el primer grupo se tomó puntos antes de la desinfección (Río y Mezcla rápida), el segundo grupo corresponde a los puntos después de la desinfección dentro de la planta de tratamiento (Cuarto de cloración y dos tanques de reserva), el tercer punto es todo lo referente al Mojón y el cuarto punto es la válvula de Palora conjunto con sus domicilios. Para la obtención de resultados de este análisis grupal se obtuvo la media de cada grupo con su respectivo parámetro físico-químico y se graficó de igual manera en los dos periodos junto a la normativa respectiva.

3.2 Análisis físico-químico según la normativa NTE INEN 1108

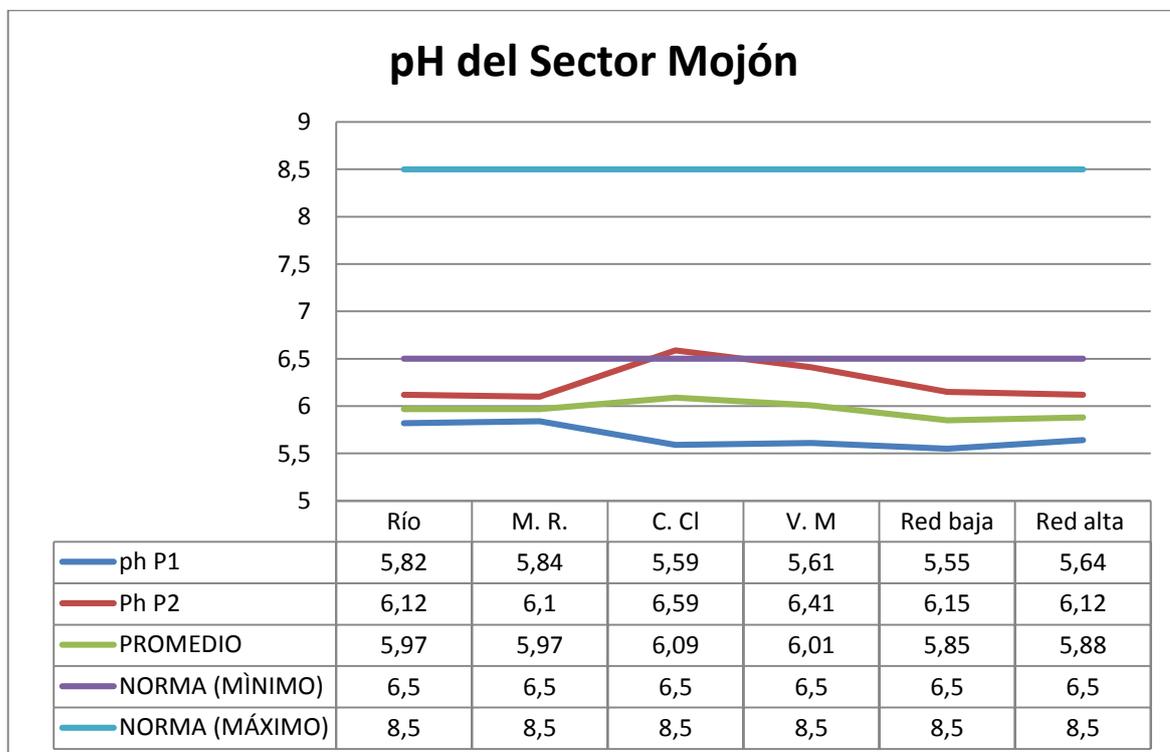


Gráfico 3-1: Análisis de pH del Mojón
Realizado por: Michele Escobar

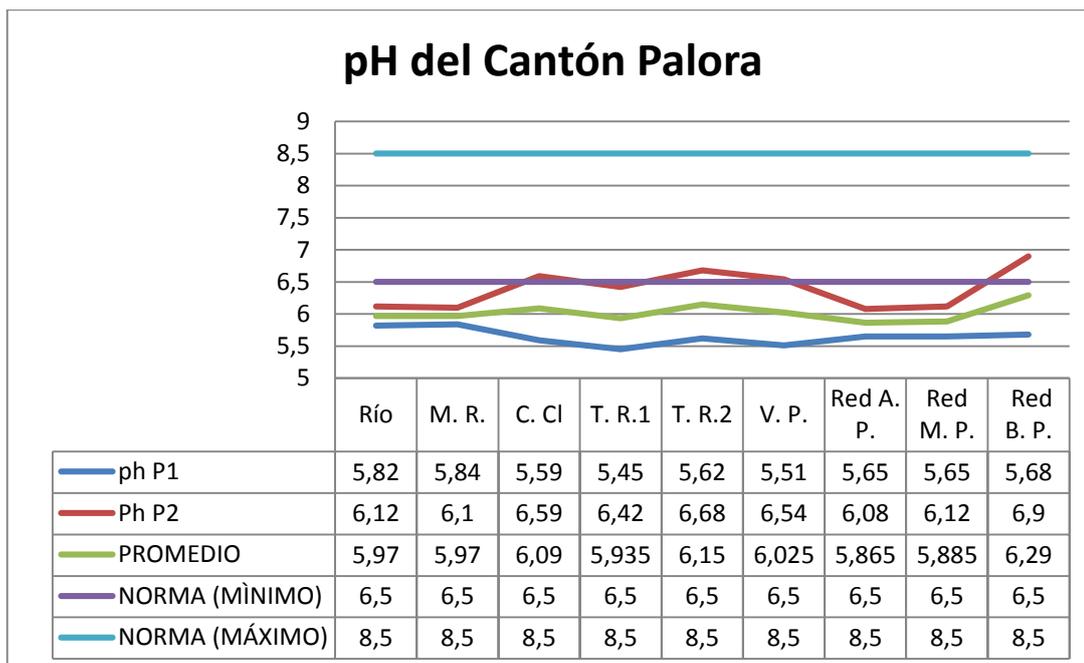


Gráfico 3-2 Análisis de pH del cantón Palora
Realizado por: Michele Escobar

3.2.1 Análisis de resultados de pH según la normativa NTE INEN 1108

La gráfica 3.1 analiza la trayectoria del pH desde el primer punto de muestro (río) hasta los domicilios del sector El Mojón, la cual nos indica que el periodo 1 referente al muestreo en condiciones climáticas normales los resultados se encuentra por debajo del límite mínimo permisible, en el periodo 2 referente al muestreo en un día lluvioso los valores se alcalinizan parcialmente de manera que el en el cuarto de cloración el pH se encuentra dentro del rango según la norma INEN 1108. En la gráfica 3.2 analizando el pH del Cantón Palora los valores del periodo 1 se encuentran fuera del LMP, mientras que en el periodo 2 los valores son más cercanos al límite mínimo dando como resultado a un domicilio de Palora (Red baja) dentro del rango que exige la norma. Cuando el pH es menor a 6.5 el agua puede ser corrosiva, lo que significa que puede disolver iones metálicos (Fe, Mn, Pb, Cu) y dañar tuberías y accesorios compuestos por estos metales, además la estética del agua va a cambiar dando un sabor ligeramente amargo y un color azul-verdoso en tuberías y desagües. (Salome, 2013, p.76)

Comprando los resultados obtenido con un estudio de la Universidad Autónoma del Estado de México sobre el análisis del agua potable del principal tanque de reserva de distribución de la ciudad de Toluca, se ha demostrado la presencia de CO₂ en el agua por difracción de rayos X y su composición elemental por microanálisis semicuantitativo implementando el modelo de Mojmir-Mach y los índices de Langerlier yRyznar usando software AgrInc 2.0 para la aplicación de datos físico-químicos. El CO₂ hace que el agua se acidifique haciéndola corrosiva

ya que el carbono se disuelve mucho más fácil en el agua a comparación del oxígeno dando la formación de ácido carbónico. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{CO}_3$. (Trujillo, México, 2008).

La presencia del dióxido de carbono en el agua se puede dar la fotosíntesis ya que el CO_2 es consumido y luego liberado por la respiración celular de las plantas, otro factor del contenido de este compuesto puede ser el movimiento brusco del agua a través del incremento de gases con el aire. (Oase, 20016, https://www.oase-livingwater.com/es_ES/agua-y-jardin/consejero/bases-biologicas/dioxido-de-carbono-y-cal-en-el-agua.html)

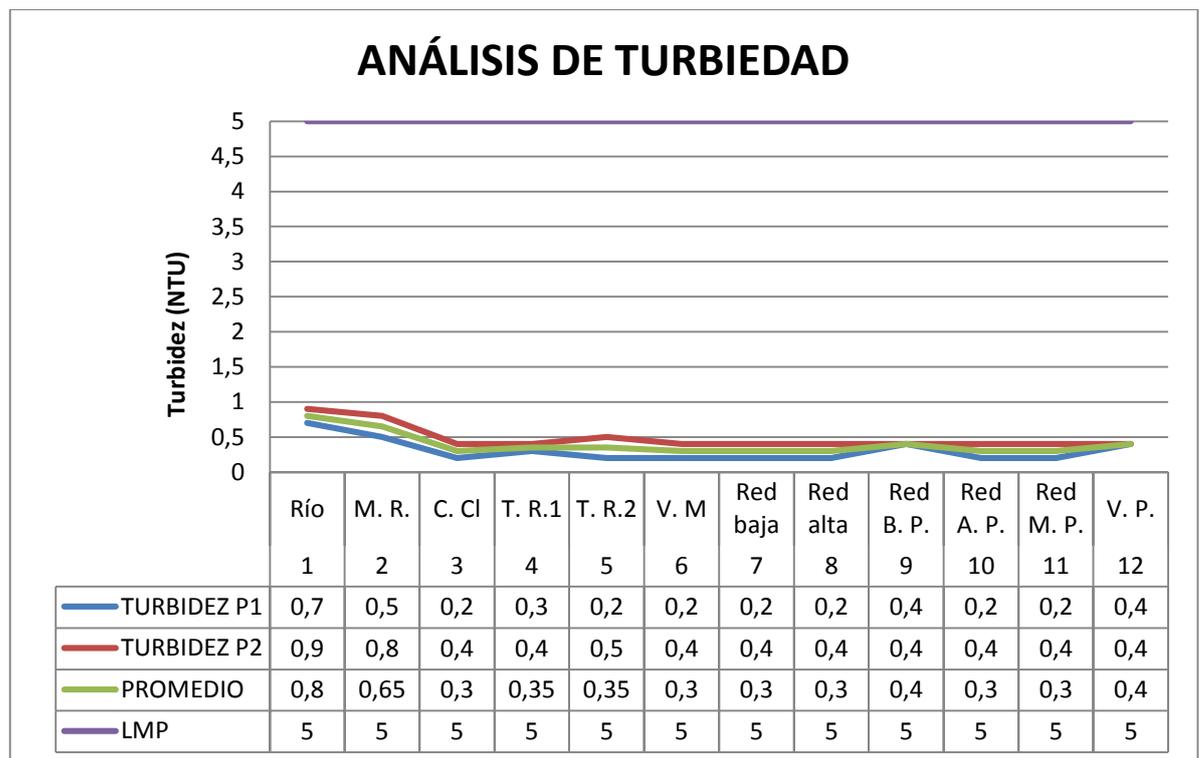


Gráfico 3-3: Análisis de Turbiedad
Realizado por: Michele Escobar

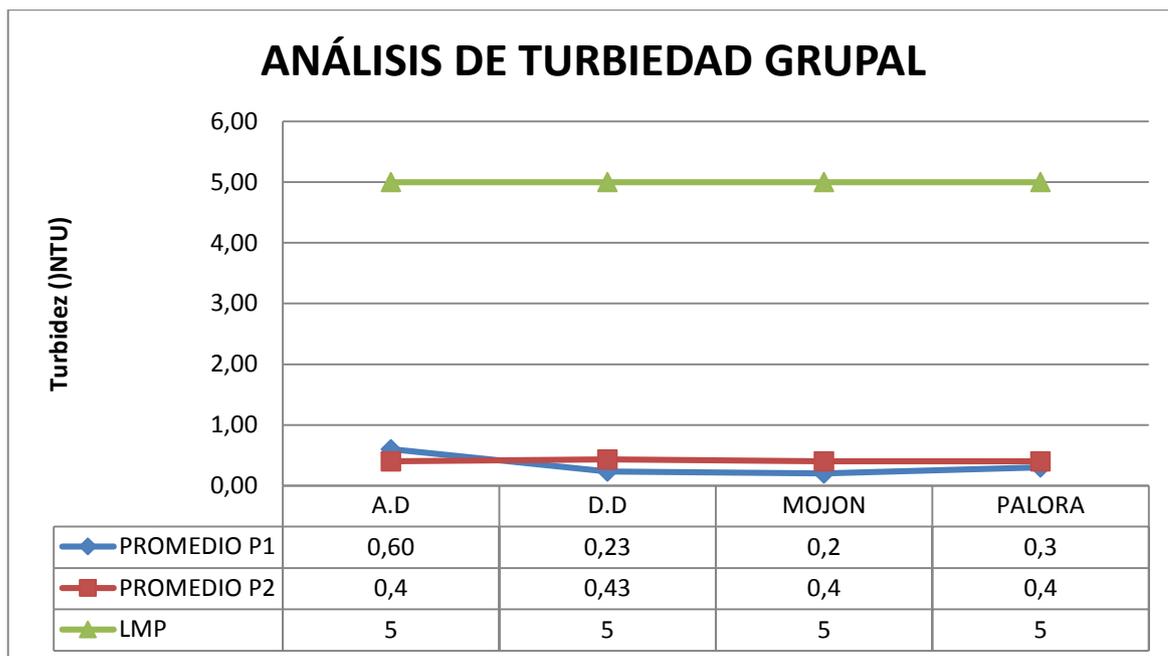


Gráfico 3-4 Análisis de turbiedad grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.2 *Análisis de resultados de turbiedad según la normativa NTE INEN 1108*

En las gráficas 3.3 y 3.4 sobre el análisis de la turbiedad en forma individual y grupal respectivamente, nos da a conocer que los resultados de cada punto se encuentran dentro del límite máximo permisible según la norma estudiada. Al trabajar con agua potable la turbiedad es mínima ya que esta ha seguido un tratamiento de filtración dando como resultado agua transparente con una estética agradable. (Lenntech, 2008, <http://www.lenntech.es/turbidez.htm>)

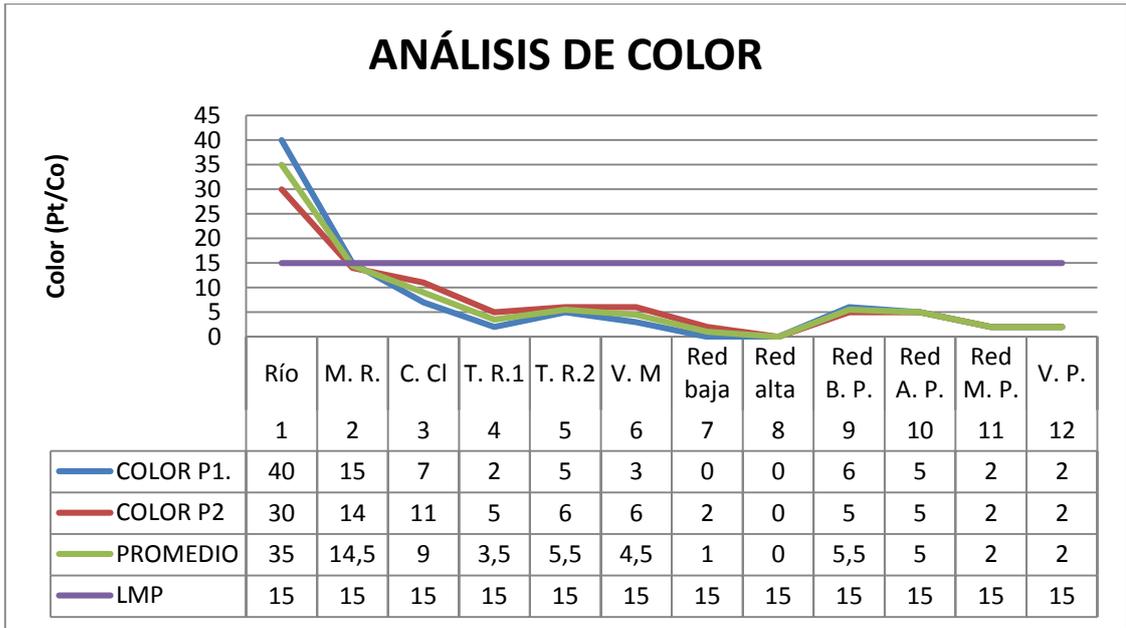


Gráfico 3.5: Análisis de Color
Realizado por: Michele Escobar

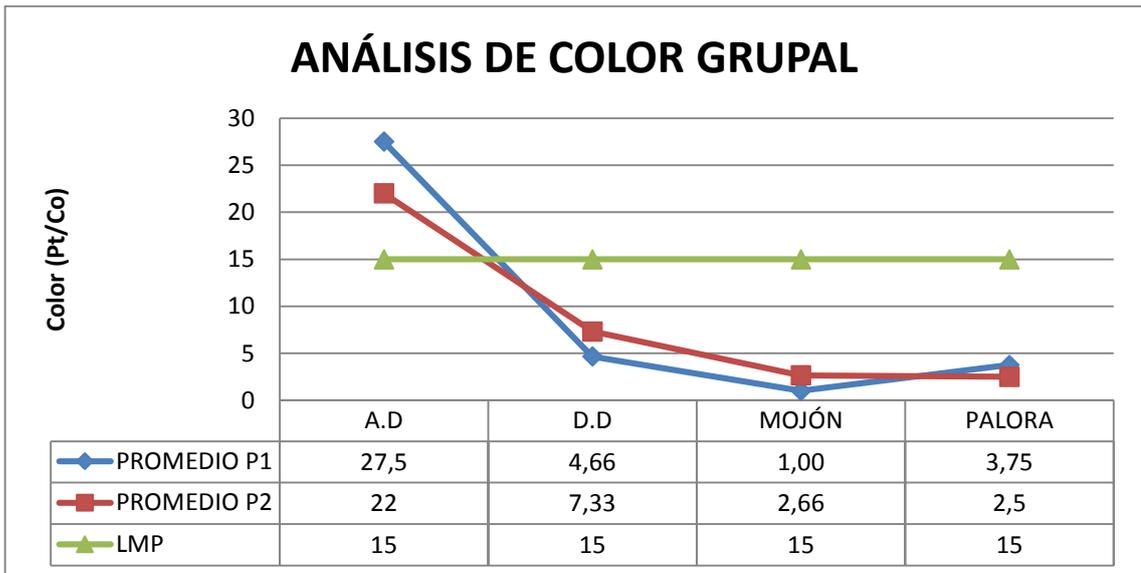


Gráfico 3-6 Análisis de color grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.3 Análisis de resultados del color según la normativa NTE INEN 1108

En las gráficas 3.5 y 3.6 podemos apreciar el color del agua en de manera individual y grupal respectivamente, donde se observa con claridad que el resultado del primer punto y por ende del primer grupo que corresponde al muestreo del río se encuentra por encima del límite máximo permisible, esto se debe a que este punto de muestreo el agua no ha sido tratada, mientras que los puntos de muestreo restantes están dentro del rango normal ya que han pasado un sistema de

tratamiento. El color tiene relación con la turbidez, mientras menor sea la turbidez, el color será bajo y la calidad alta por la presencia de STD en el agua. (Maslay, 2015, p. 56)

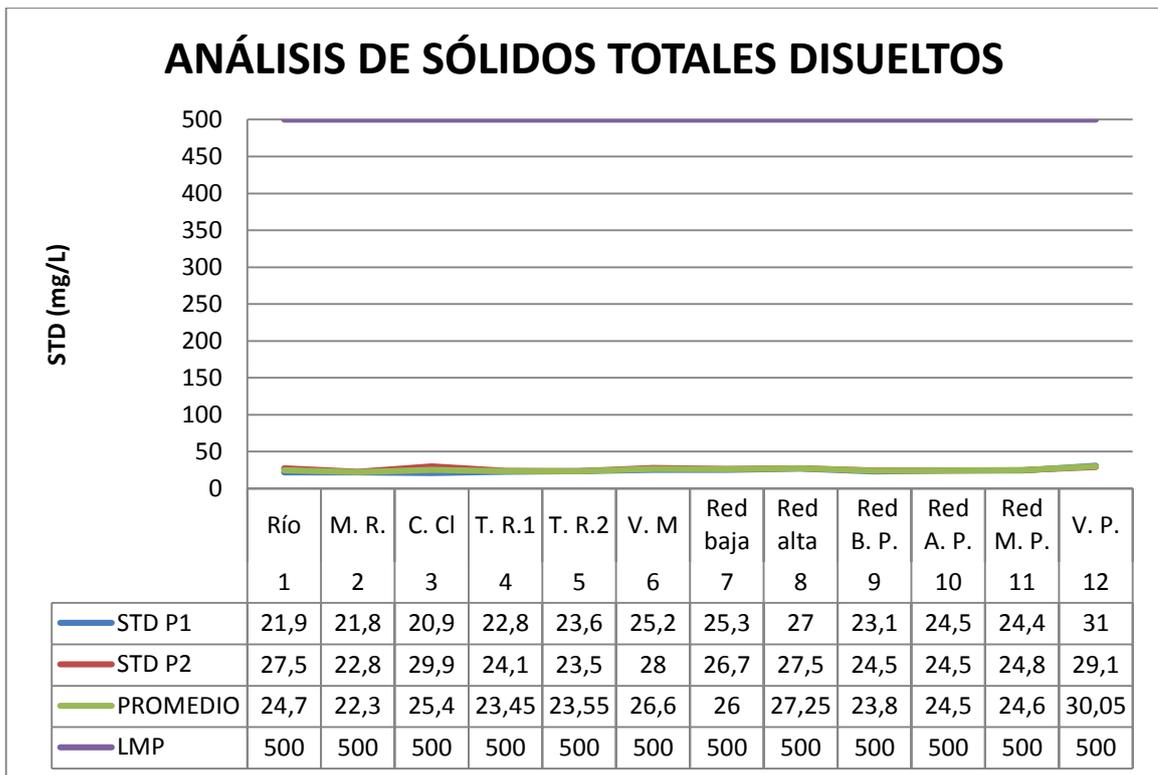


Gráfico 3-7: Análisis de STD
Realizado por: Michele Escobar

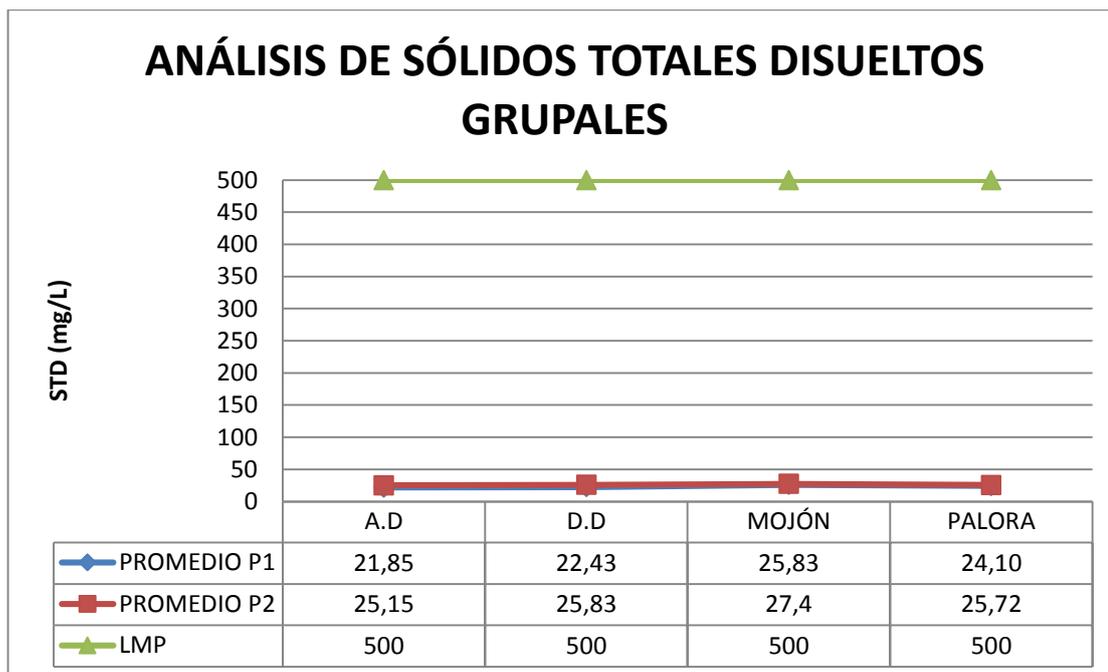


Gráfico 3-8 Análisis de STD grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.4 *Análisis de resultados de sólidos totales disueltos según la normativa NTE INEN 1108*

En el análisis de las gráficas 3.7 y 3.8 de muestreo individual y grupal respectivamente, tenemos el análisis de los Sólidos Totales Disueltos (STD) donde todos los valores de cada punto de muestro en ambos periodos se encuentran relativamente bajos, este es un aspecto positivo que nos confiere calidad al encontrarse dentro encima del límite máximo permisible, los STD se relaciona directamente con la turbidez, ya que la presencia de sólidos en el agua ocasiona turbiedad. (Condocillo, 2010, p.433)

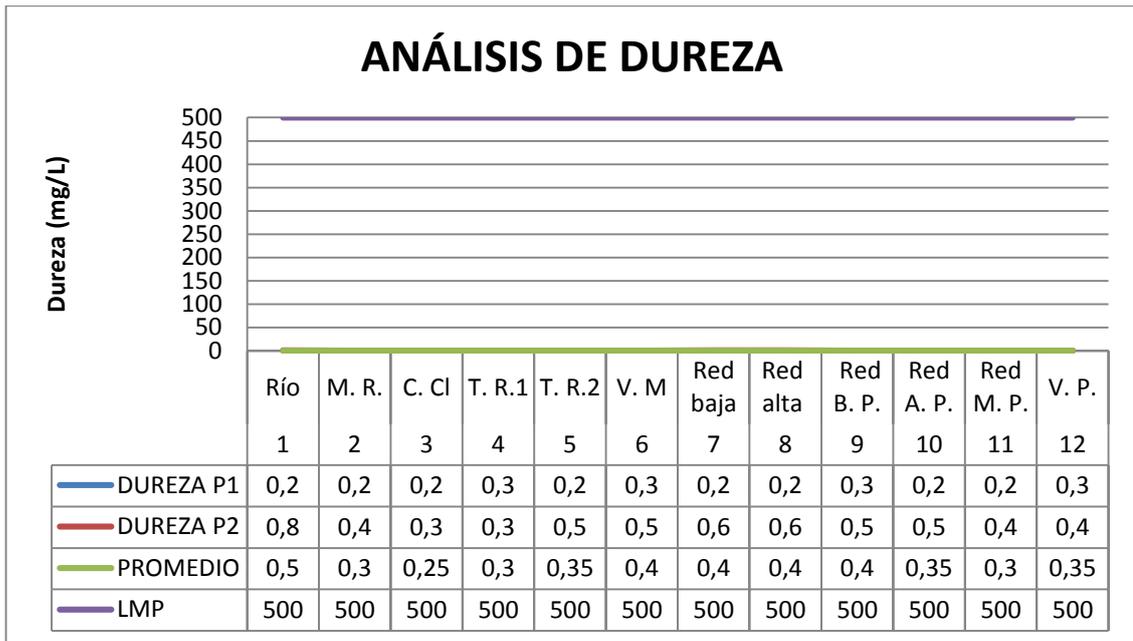


Gráfico 3-9: Análisis de Dureza
Realizado por: Michele Escobar

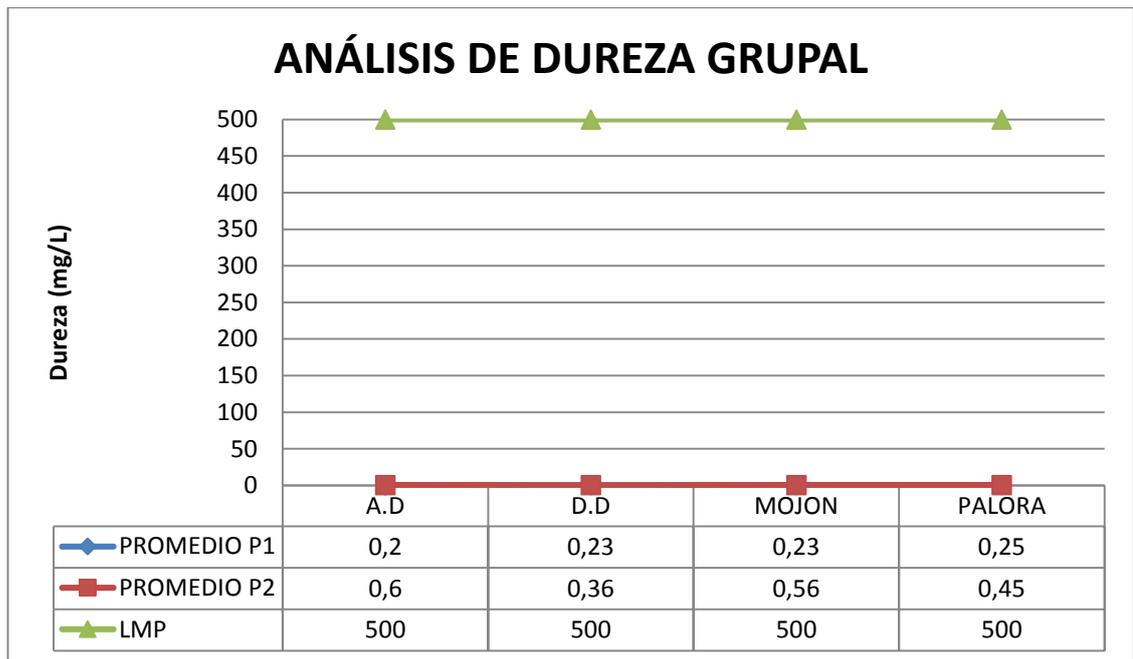


Gráfico 3-10 Análisis de Dureza grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.5 Análisis de resultados de dureza según la normativa NTE INEN 1108

Analizando la gráfica 3.9 y 3.10 se observa los resultados de dureza en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde se obtuvo en su totalidad resultados extremadamente bajos al LMP (500mg/L). Cuando el agua muestra altas cantidades de dureza es debido a la presencia de minerales como sales de magnesio y calcio, el agua analizada es potabilizada, es decir, ha pasado por un sistema de floculación donde se ha filtrado toda clase de partículas en el agua por ende no se puede hablar de agua dura. (Sariel y Palmar, 2009, p.221)

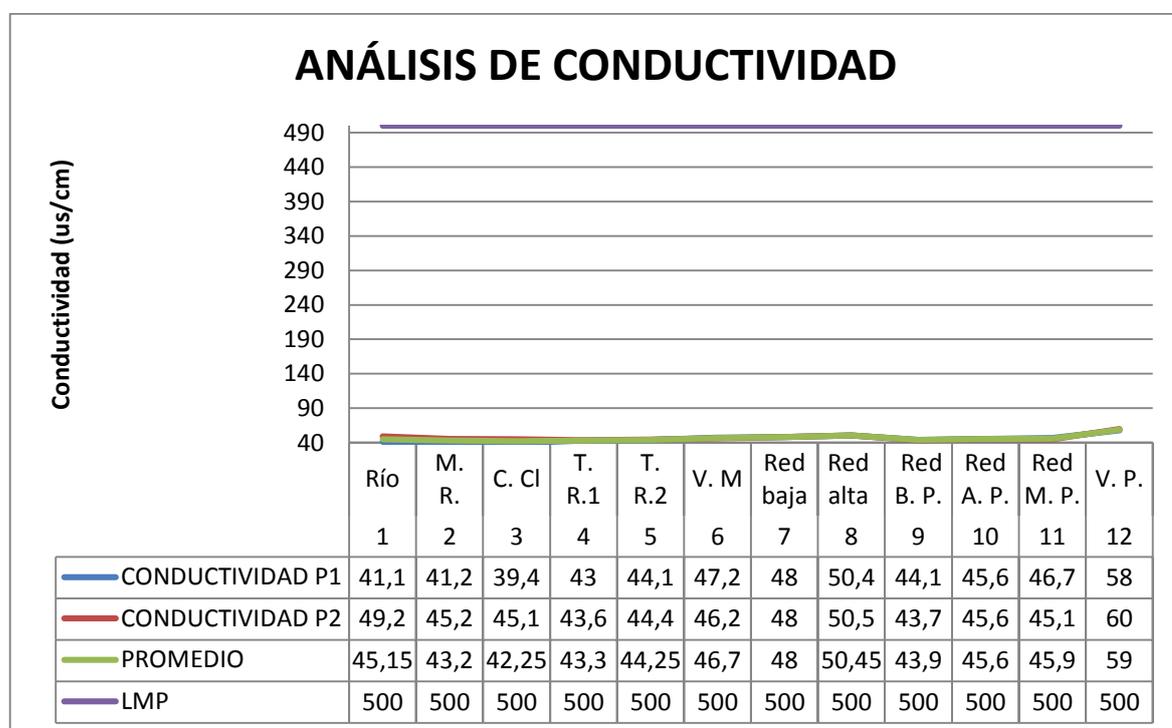


Gráfico 3-11: Análisis de Conductividad
Realizado por: Michele Escobar

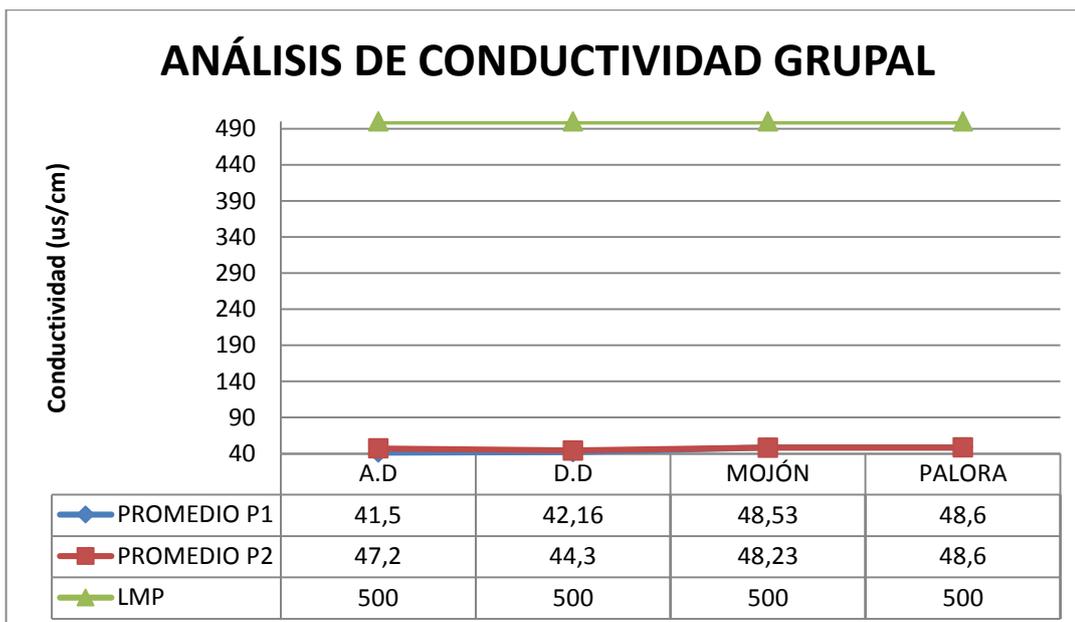


Gráfico 3-12 Análisis de Conductividad grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.6 Análisis de resultados de conductividad según la normativa NTE INEN 1108

Las gráficas 3.11 y 3.12 se observa los resultados del análisis de conductividad del agua de manera individual y grupal respectivamente, donde todos los resultados se encuentran dentro del LMP (500us/cm) en los dos periodos y en cada grupo. La conductividad se debe a la presencia de metales en el agua que por su movimiento transmiten energía o calor. Este parámetro se asocia directamente proporcional con los STD, como se trata de agua potable existe un número extremadamente bajo de STD y por ende se transfiere poca conductividad. (Sariel y Palmar, 2009, p.220)

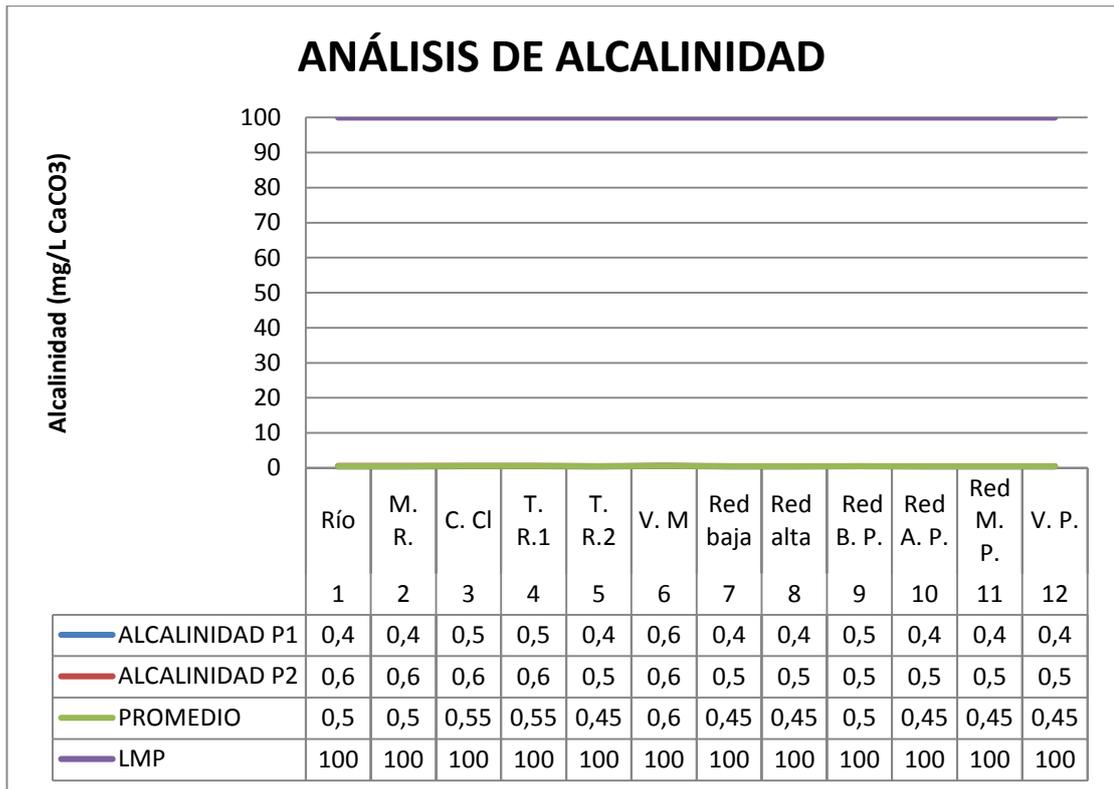


Gráfico 3-13: Análisis de Alcalinidad
Realizado por: Michele Escobar

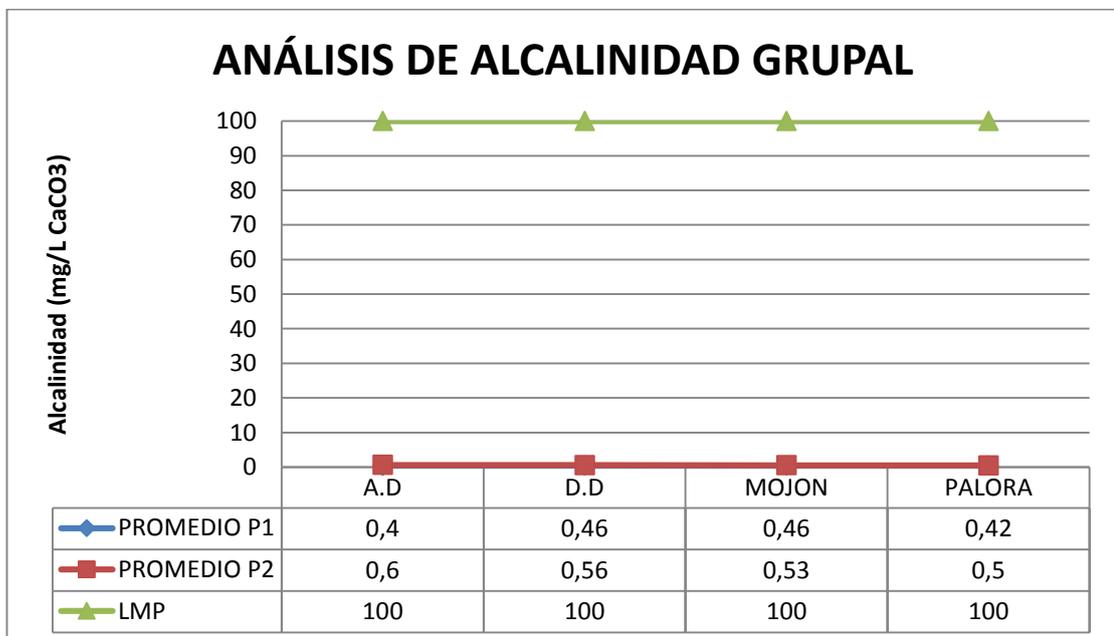


Gráfico 3-14 Análisis de Alcalinidad grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.7 Análisis de resultados de alcalinidad según la normativa NTE INEN 1108

La gráfica 3.13 y 3.14 se observa los resultados del análisis de alcalinidad del agua de manera individual y grupal respectivamente, donde todos los resultados se encuentran dentro del LMP (500mg/L) en los dos periodos y en cada grupo. La alcalinidad detecta el contenido de sales alcalinas carbonadas especialmente los bicarbonatos, este parámetro es esencial para la prevención de obtener agua corrosiva aunque en valores altos provoca dureza. (Sariel y Palmar, 2009, p.223)

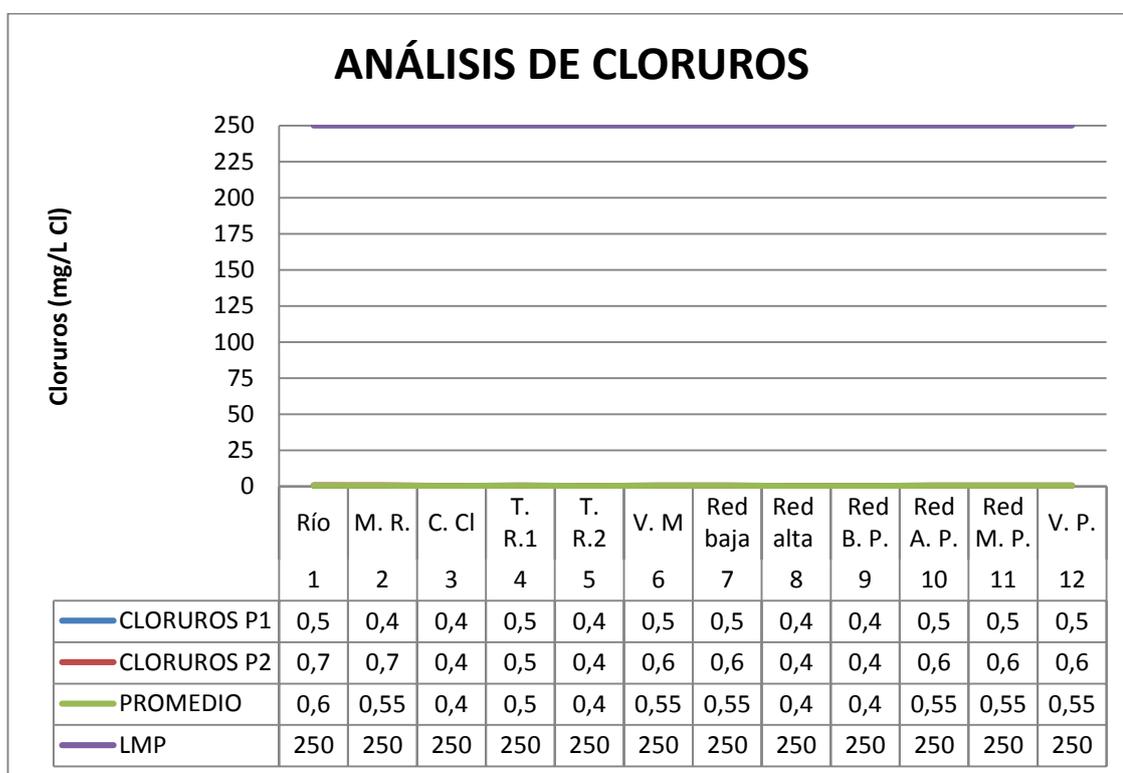


Gráfico 3-15: Análisis de Cloruros
Realizado por: Michele Escobar

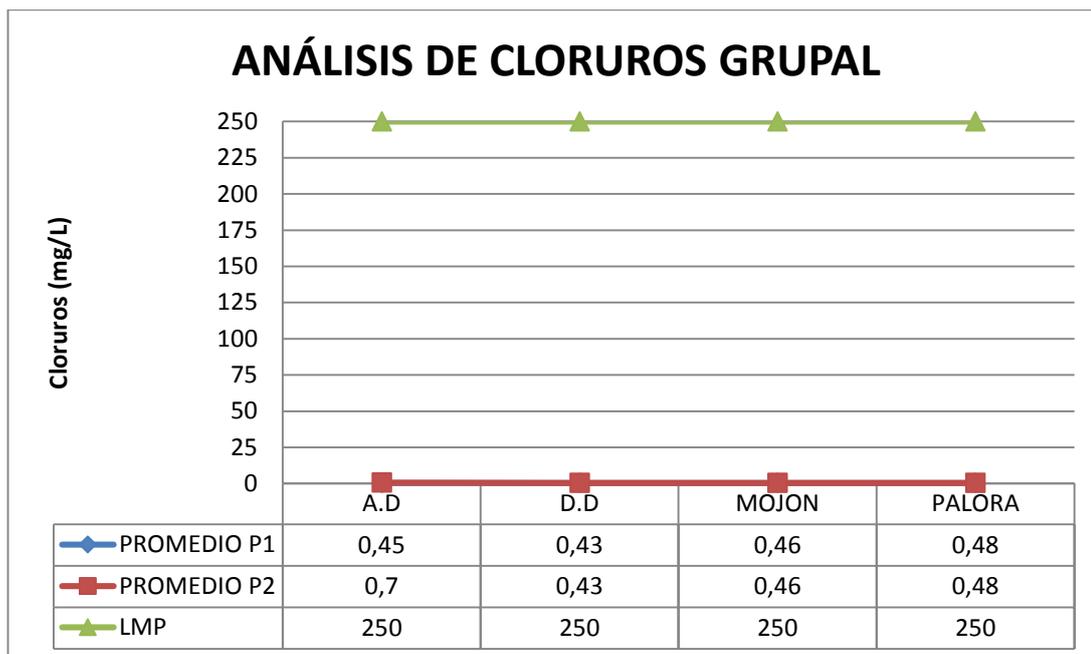


Gráfico 3-16 Análisis de Cloruros grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.8 Análisis de resultados de cloruros según la normativa NTE INEN 1108

Las gráficas 3.8 y 3.21 demuestran los resultados del análisis de cloruros en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde todos los resultados se encuentran dentro del LMP (520mg/L) en los dos periodos y en cada grupo. El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos más concentrados en el agua por ello es un indicador de contaminación, en altas concentraciones provoca corrosividad. (Sariel y Palmar, 2009, p.225)

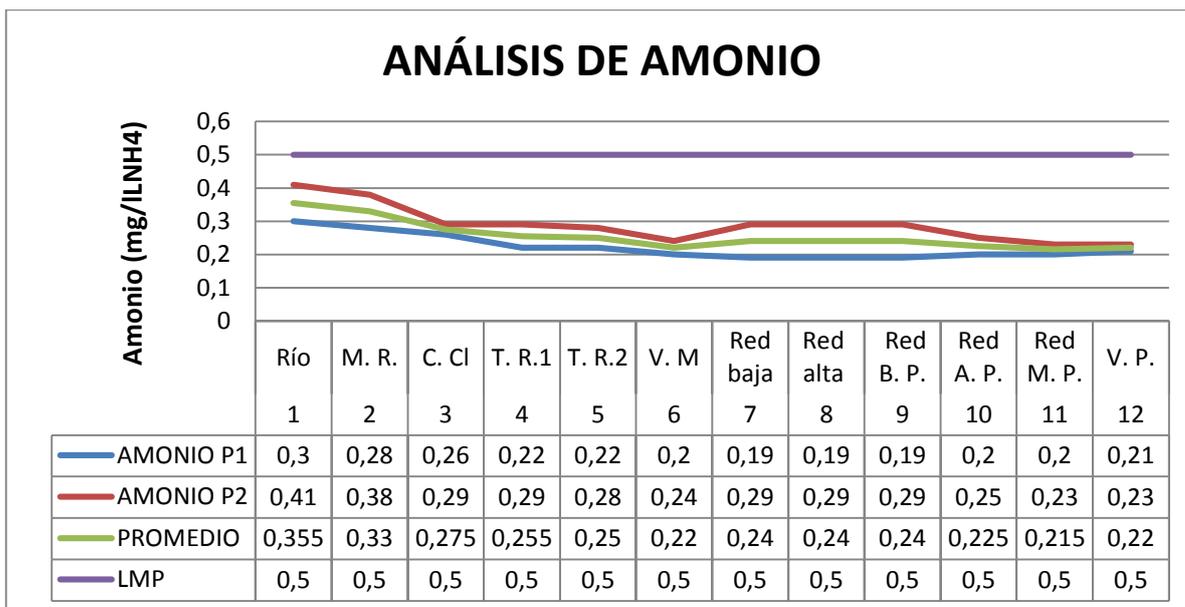


Gráfico 3-17: Análisis de Amonios
Realizado por: Michele Escobar

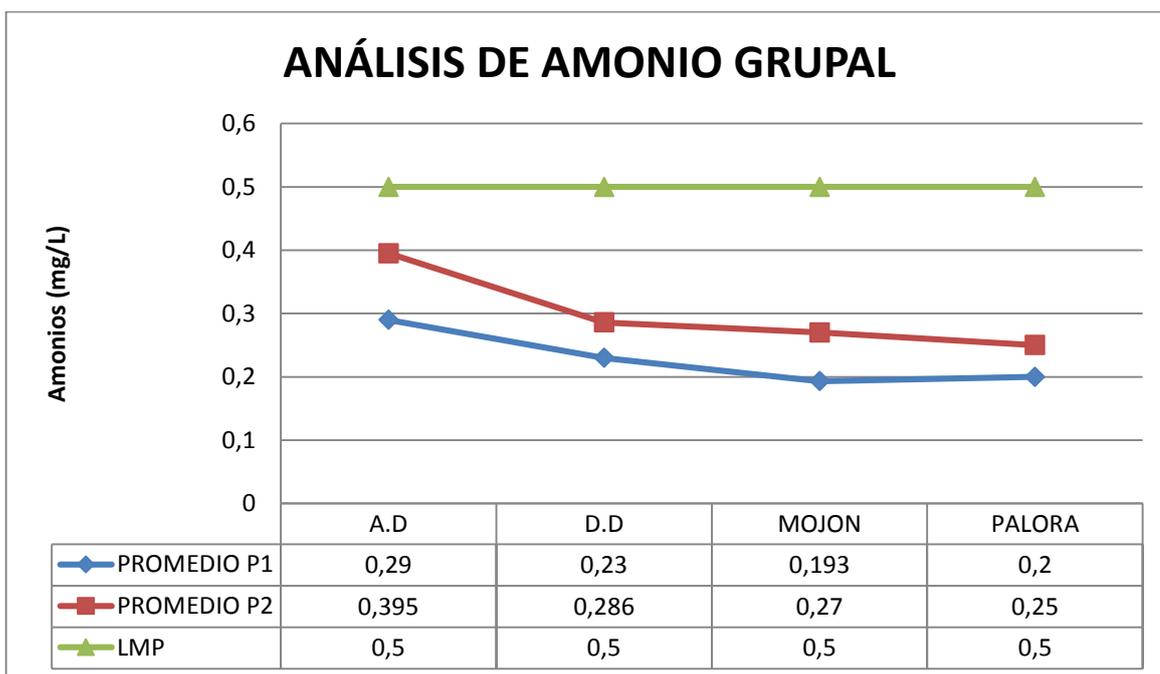


Gráfico 3-18 Análisis de Amonios grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.9 Análisis de resultados de amonios según la normativa NTE INEN 1108.

Analizando la gráfica 3.17 y 3.18 se observa los resultados de la presencia del ion amonio en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde se obtuvo los valores dentro del LMP (0.5mg/L). El amoniaco es un indicador de una posible contaminación procedente de las reacciones metabólicas de las bacterias o fertilizantes, cuando este parámetro químico se encuentra elevado puede reducir la eficacia de la desinfección del agua provocando la formación de nitrito en la red de distribución, bloqueando la eliminación de Mn en la filtración y produciendo cambios organolépticos. (Sariel y Palmar, 2009, p.219)

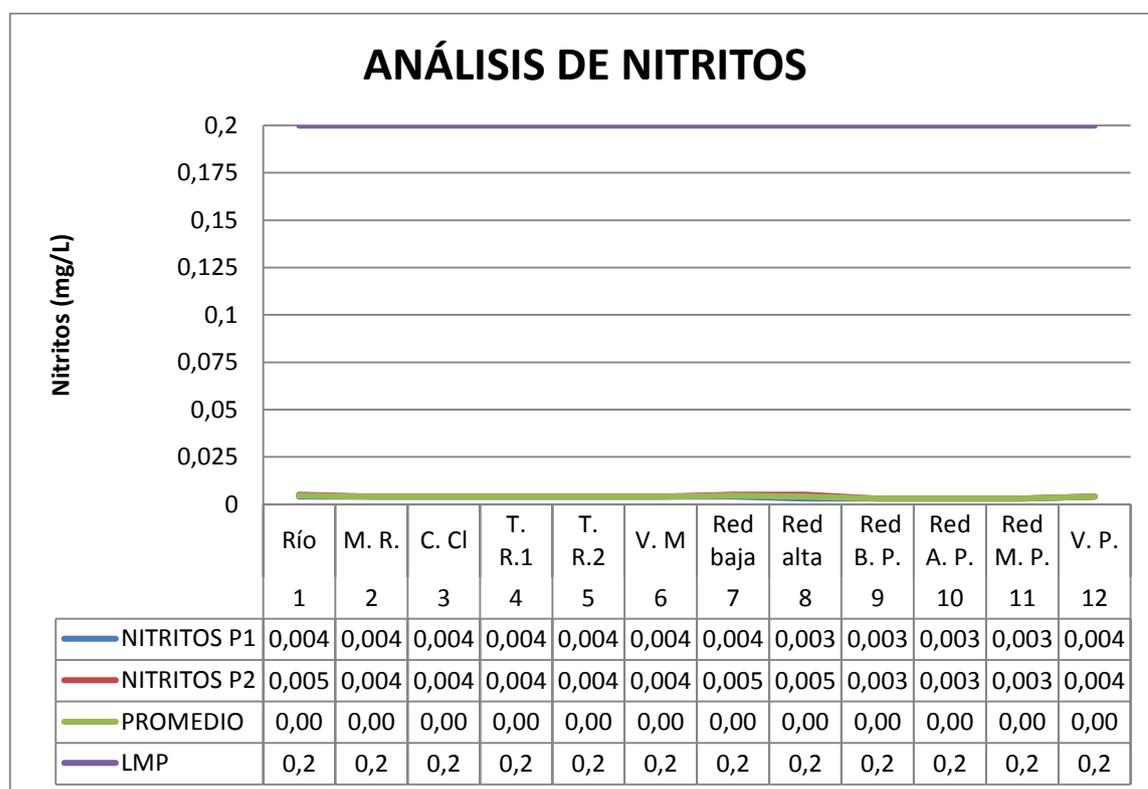


Gráfico 3-19: Análisis de Nitritos
Realizado por: Michele Escobar

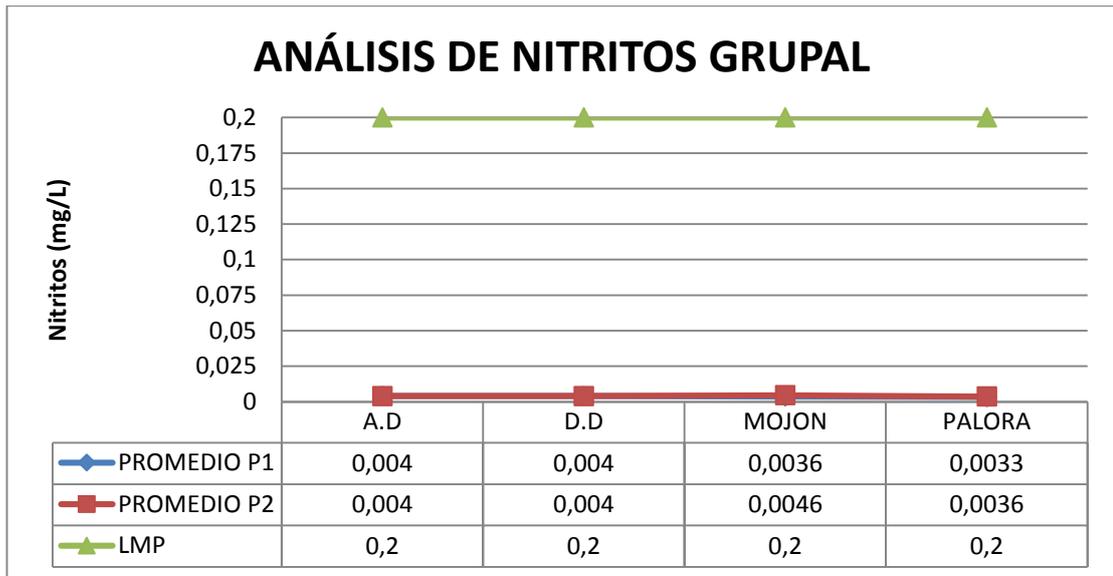


Gráfico 3-20 Análisis de Nitritos grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.10 Análisis de resultados de nitritos según la normativa NTE INEN 1108.

Analizando las gráficas 3.19 y 3.20 se observa los resultados de nitritos presentes en el agua en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde se obtuvo en su totalidad valores dentro del LMP (0.2mg/L). Los nitritos es un indicador de contaminación precedente de procesos biológicos de carácter fecal, en altas concentraciones puede ser cancerígeno y tóxico para el ser humano. (Sariel y Palmar, 2009, p.227)

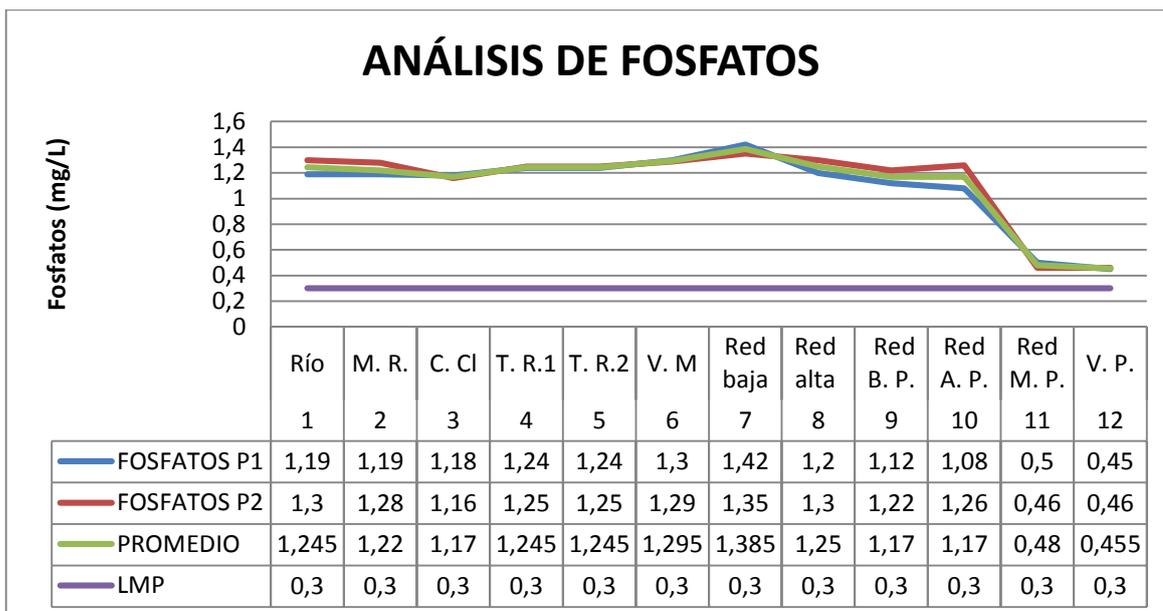


Gráfico 3-21: Análisis de Fosfatos
Realizado por: Michele Escobar

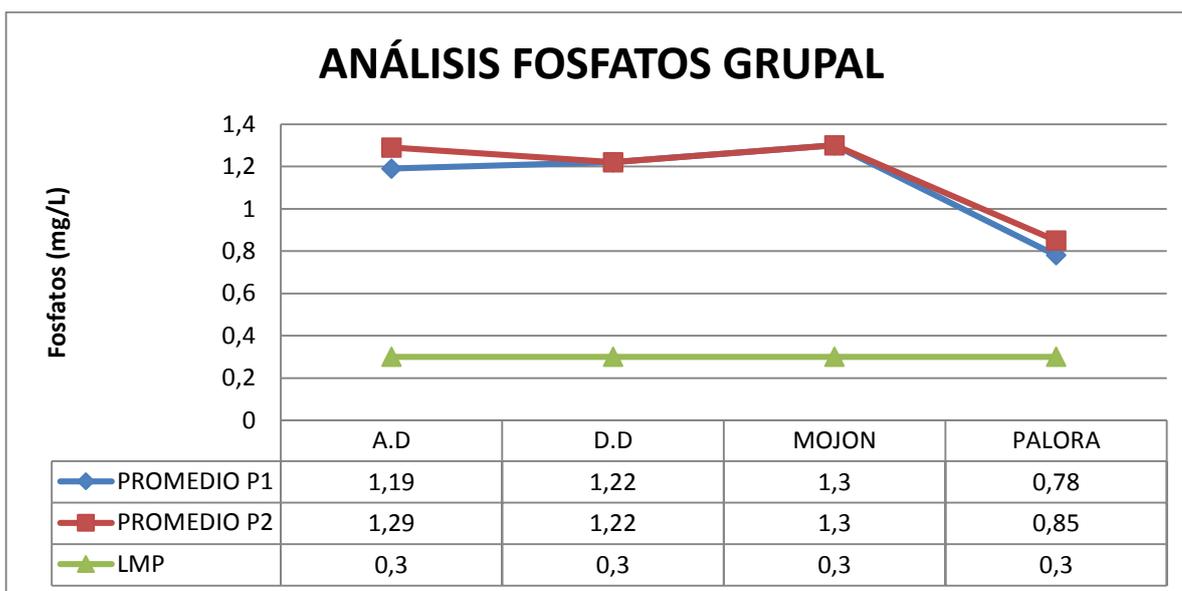


Gráfico 3-22 Análisis de Fosfatos grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.11 Análisis de resultados de fosfatos según la normativa NTE INEN 1108.

La gráfica 3.21 y 3.22 demuestra los resultados de fosfatos presentes en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde todos los resultados se encuentran fuera del LMP (0.3mg/L) en los dos periodos y en cada grupo. Según un estudio sobre el análisis de determinación de fosfatos del Departamento de aplicación de laboratorio de Hach Lange, el ion fosfato es una forma de encontrar el fósforo en el agua, esto se debe a la adición de fertilizantes

o pesticidas en los terrenos que terminan desembocando en las aguas naturales más cercanas. Altas concentraciones de fosfatos pueden incrementar el crecimiento de organismos dependientes del fósforo como algas provocando eutrofización, en el agua de consumo puede ocasionar daños renales y osteoporosis en el hombre. (Petra Pütz, 2010, http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87050/fosfatos.pdf)

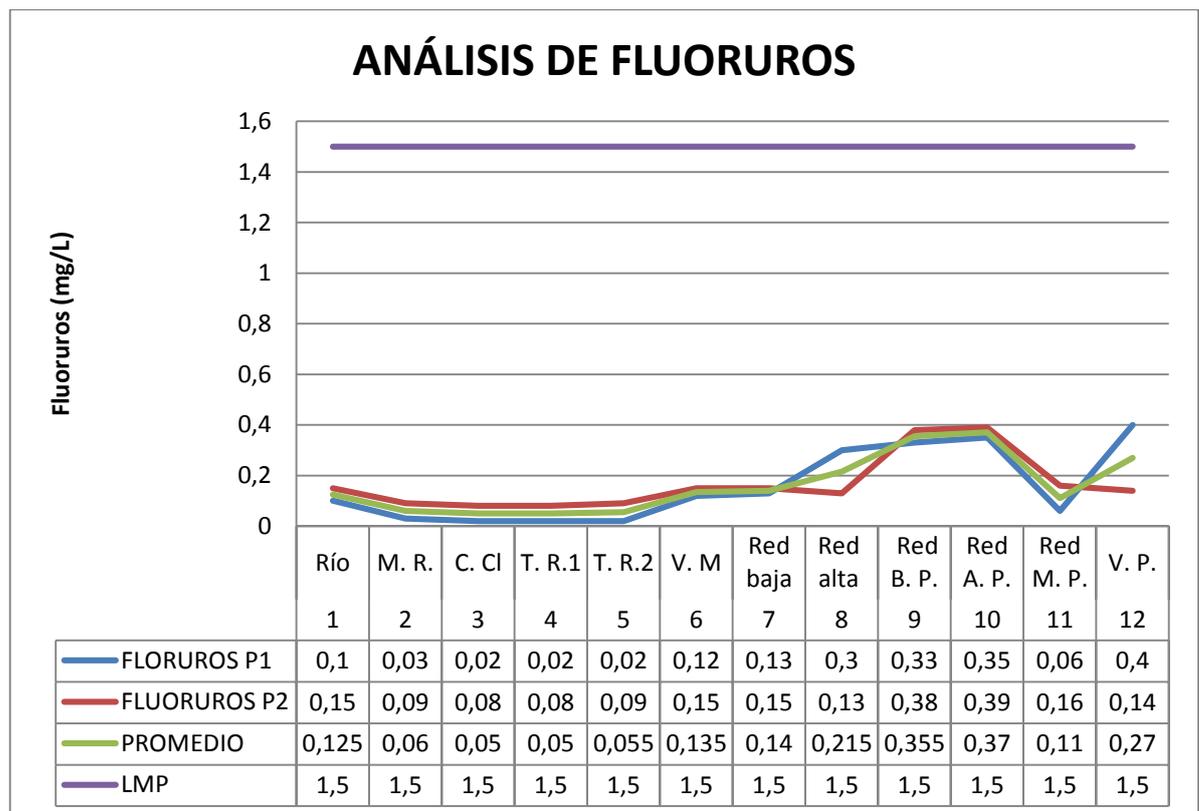


Gráfico 3-23: Análisis de Fluoruros
Realizado por: Michele Escobar

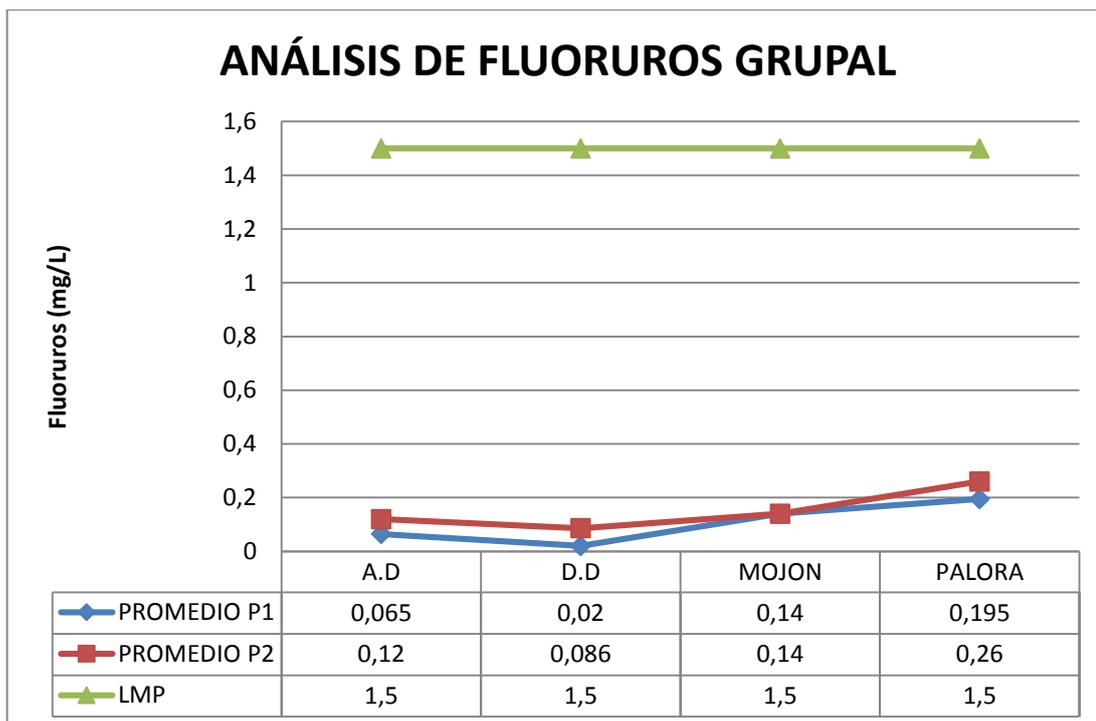


Gráfico 3-24 Análisis de Fluoruros grupal
Realizado por: Michele Escobar

3.2.12 Análisis de resultados de fluoruros según la normativa NTE INEN 1108.

Analizando las gráficas 3.12 y 3.25 se observa los resultados de fluoruros presentes en el agua en el agua de manera individual y grupal respectivamente, donde se obtuvo en su totalidad valores dentro del LMP (1.5mg/L). El fluoruro es un elemento que se encuentra ampliamente en el agua y en el suelo en forma combinada con otros elementos que por su elevada electronegatividad es difícil de oxidar, en altas concentraciones puede ser tóxico para la salud del ser humano ocasionando fluorosis dental y esquelética. (Sariel y Palmar, 2009, p.230)

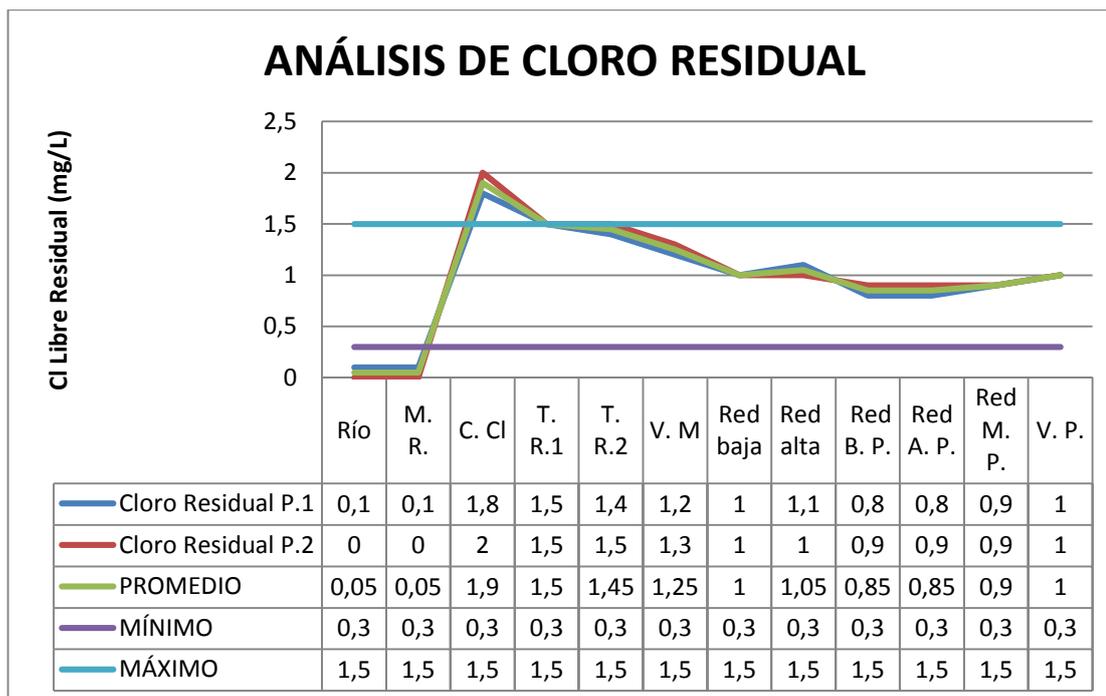


Gráfico 3-25: Análisis de Cloro Libre Residual
Realizado por: Michele Escobar

3.2.13 Análisis de resultados de cloro residual según la normativa NTE INEN 1108.

El análisis del cloro residual se realizó a partir del punto 3, ya que en los dos primeros puntos (Río y Mezcla rápida) no existe aún desinfección. La gráfica 3.25 demuestra los resultados del cloro residual presente en el agua en cada punto, donde los valores del punto 3 perteneciente al cuarto de cloración se encuentran por encima del LMP (1.8 y 1.9 mg/L) en los dos periodos respectivamente ya que es el lugar de aplicación del cloro, mientras que en los puntos restantes se encuentran dentro de rango permisible (1.5 mg/L). Esta gráfica de resultados nos indica que a medida que el agua toma su recorrido pierde gradualmente la concentración de cloro cumpliendo su función de desinfección.

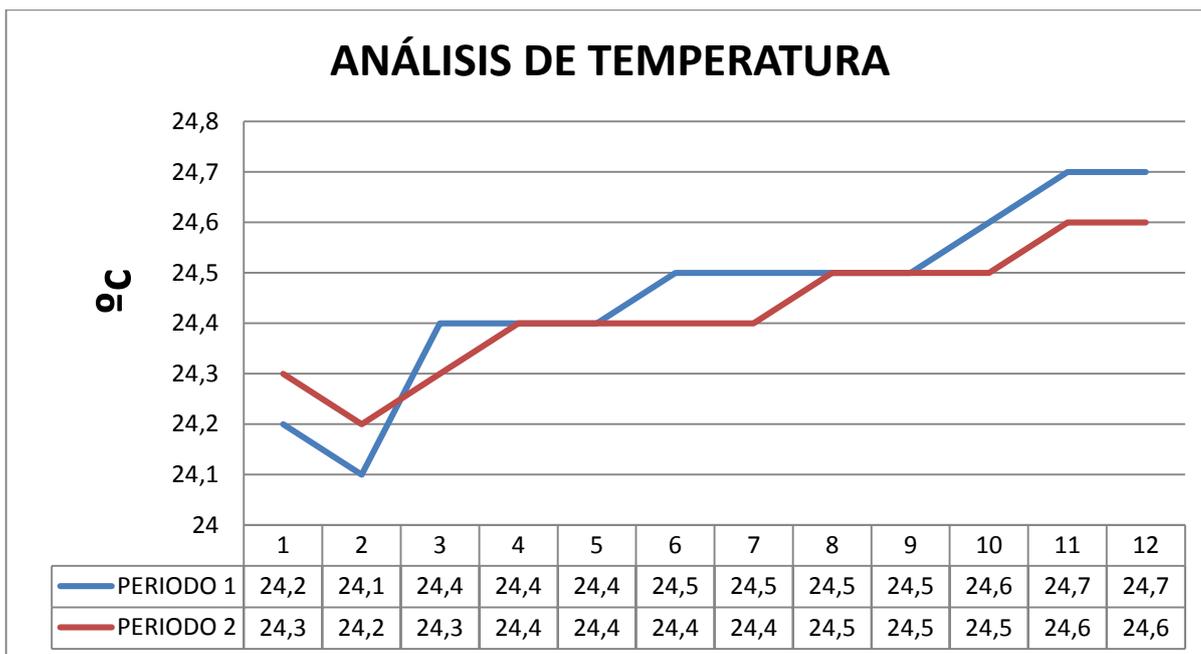


Gráfico 3-26 Análisis de temperatura
Realizado por: Michele Escobar

3.2.14 Análisis de resultados de temperatura según la normativa NTE INEN 1108.

La temperatura es un parámetro físico que no es considerable como índice de calidad en el proceso de potabilización del agua, ya que la temperatura varía en cada planta de tratamiento en función a las condiciones climáticas y ambientales que esta se encuentre ubicada, por ello no se adoptado un valor de referencia de la temperatura para el análisis de la misma. La gráfica 3.26 demuestra los resultados de la temperatura en cada punto, donde los valores no varían significativamente en cada uno de ellos ni en cada periodo, los resultados oscilan alrededor de 24 °C.

Tabla 3.1 Análisis Microbiológico-Periodo 1

	<i>E. coli</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>	Otros parásitos
PUNTO 1 (común)	Presencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i> <i>Entoameba histolytica</i> Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>
PUNTO 2 (común)	presencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i>
PUNTO 3 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 4 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Trichuris trichiura</i>
PUNTO 5 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>
PUNTO 6 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 7 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 8 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 9 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 10 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 11 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 12 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba histolytica</i>

Realizado por: Michele Escobar

Tabla 3.2 Análisis microbiológico-Periodo 2

	<i>E. coli</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>	Otros parásitos
PUNTO 1 (común)	Presencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i> <i>Entoameba histolytica</i>
PUNTO 2 (común)	presencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i>
PUNTO 3 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 4 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i>
PUNTO 5 (común)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i>
PUNTO 6 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 7 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 8 (Mojón)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 9 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 10 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	(NP)
PUNTO 11 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba coli</i>
PUNTO 12 (Palora)	ausencia	Ausencia	No Presenta (NP)	<i>Entoameba histolytica</i>

Realizado por: Michele Escobar

3.3 Análisis de resultados microbiológicos según la normativa NTE INEN 1108

- Para el análisis de *Escherichia coli* que representa al grupo de coliformes fecales se utilizó el método del número más probable (NMP), donde los tubos de caldo verde bilis brillante dieron positivos en las series -1 y -2 perteneciente los puntos de muestreo 1 y 2 (Río y Mezcla rápida) en los dos periodos, dando como resultado turbidez y producción de gas en la campana de Durham, mientras que en los puntos restantes los tubos dieron negativos en cada serie.

Tabla 3.3 Número más probable (NMP)

COMBINACION DE TUBOS POSITIVOS	NMP	Límite de confianza del 95%	
		Límite Inferior	Límite Superior
0-0-0	< 3		
0-0-1	3	< 0.5	9
0-1-0	3	< 0.5	13
0-2-0	-		
1-0-0	4	< 0.5	20
1-0-1	7	1	21
1-1-0	7	1	23
1-1-1	11	3	36
1-2-0	11	3	36
2-0-0	9	1	36
2-0-1	14	3	37
2-1-0	15	3	44
2-1-1	20	7	89
2-2-0	21	4	47
2-2-1	28	10	150
2-3-0	-		

Fuente: Bernal P. 2010, p.14

Según la lectura de la tabla del NMP el resultado de los tubos positivos en las tres series realizada (-1, -2, -3) la combinación fue: **1-1-0** en el punto de muestreo 1 y 2, lo que demuestra que existe *7 UFC de E.coli* en un mL de muestra.

Para la confirmación de las pruebas positivas en el NMP se sembró en agar Eosina Azul de Metileno, donde en las cajas Petri de los primeros dos puntos de muestreo dio como resultado el crecimiento de colonias pequeñas con un color verde metálico.

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

Para la determinación de los parásitos que nos exige la normativa se utilizó el método de flotación para *Giardia spp* y el método de centrifugación para *Cryptosporidium spp*. Los resultados fueron negativos para los dos parásitos en cada punto de muestreo donde se observó ausencia en *Cryptosporidium spp* y no presenta (NP) en *Giardia spp*.

CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación física – química y microbiológica del agua en dos periodos distintos en función del clima, de acuerdo a la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 quinta revisión 2014 bajo el consentimiento del Gerente General de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Palora.
- Los parámetros que estuvieron fuera del rango permisible según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 fueron el pH, fosfatos y cloro residual en el punto 3, mientras que el color, dureza, turbiedad, alcalinidad, conductividad, STD, cloruros, amonios, nitritos y fluoruros se encuentran dentro del límite máximo permitido en todos los puntos de ambos periodos. En cuanto al análisis microbiológico se comprobó la presencia de *E. coli* en los dos primeros puntos de muestreo (Río y Mezcla rápida) mediante el método del número más probable.
- Se elaboró un análisis parasitario para la determinación de, *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* siguiendo el método, flotación y centrifugación respectivamente, donde se verificó la ausencia de los dos parásitos en todos los puntos de muestreo.
- Se realizó un análisis para identificación de otro parásitos por la técnica de sedimentación en la cual se comprobó la presencia de *Entoameba coli*, *Entoameba histolytica*, *Trichuris trichiura* y Huevos de *Ascaris lumbricoides* en distintos puntos, en la cual se determinó que los puntos de muestreo en común entre Palora y El Mojón como el río y mezcla rápida existen parásitos incluyendo los tanques de reserva, cabe recalcar que los tanque de reserva se dirigen solamente al cantón Palora por lo cual en la válvula y un domicilio de este cantón se encontró amebas, mientras que en la válvula y domicilios del sector El Mojón se comprobó la ausencia de parásitos, ya que esta agua no proviene de los tanques de reserva sino es la trayectoria directa de la desinfección.
- Con los resultados obtenidos se pudo interpretar este trabajo de titulación concluyendo que el agua del Cantón Palora perteneciente a la Provincia de Morona Santiago no es apta para el consumo de la población por la alteración de los parámetros pH, fosfatos y la presencia de parásitos en el agua.

RECOMENDACIONES

- Para neutralizar el pH ácido del agua se recomienda la adición de sales alcalinas correctoras de pH como carbonato de calcio, esto puede ayudar a la normalización de este parámetro y así mejorar su calidad evitando la formación de agua corrosiva por su acidez.
- Solucionando el problema de los valores elevados de fosfatos presentes en el agua se aconseja utilizar procesos de floculación y precipitación utilizando sulfato de hierro, de esta manera los dos compuestos pueden cambiar sus iones dando como resultado la eliminación del ion fosfato.
- Se recomienda un mantenimiento adecuado del canal de agua entre el río y la planta de tratamiento (planta de captación), ya que está formado por material oxidado y en mal estado, lo que podría ser responsable del carácter ácido del agua.
- Se debe realizar una limpieza continua de los tanques de reserva ya que se existe la presencia de varios parásitos en los dichos tanques que pueden causar varias patologías en el ser humano.

BIBLIOGRAFÍA

AGUA Y SANEAMIENTO ARGENTINOS S.A. *El agua* [en línea]. Buenos Aires, 2005 Distribución Mundial. [Consulta: 02 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.aysa.com.ar/index.php?id_contenido=323&id_seccion=0

AGDELO MARINA. *El agua, recurso estratégico del siglo XXI.* [En línea] 2005, vol 3, pp. 2-7; 11-13. Colombia. [Consulta: 02 de enero de 2017]. ISSN 0120-386X
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/120/12023109.pdf>.

AGBAR. *Análisis de cloro residual en agua potable.* [En línea], Venezuela 2014. . [Consulta: 13 de enero 2016]. Disponible en: <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>

AFFUM Y ADOMAKO. *Total coliforms, arsenic and cadmium exposure through drinking wáter in the Western Region of Ghana: application of multivariate statistical technique to roundwater quality.* PubMed. Vol. 187(3). 2015. Ghana. pp. 1017-1048.

ALARCÓN, Marlén., & Cárdenas, Marta. *Parasitosis.* Scientific World. Vol. 5(5). 2000. Chicago. pp.355-365.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. *Técnicas de microbiología.* 5ta ed. Colombia 2014: Biology, pp.17

ANDRES CHULDE. *Agua potable y saneamiento.* [En línea], Bogotá-Colombia 2014. [Consulta: 20 diciembre 2016]. Disponible en: <http://181.198.77.140:8080/bitstream/123456789/292/1/48%20PROBLEMAS%20DE%20SALUD%20RELACIONADOS%20CON%20EL%20CONSUMO%2>

APHA., AWWA., WPCF., *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.*, 17 ed. Madrid – España, Editorial Días de Santos, 1992. ISBN 84-7978-031-2 Editorial Días de Santos, pp. 2-10; 18-19; 79-87; 88-90; 187-199; 229-235.

ARBOLEDA, J. *Teoría y Práctica de la purificación del agua.* 3ra ed. Bogotá – Colombia: McGraw – Hill., 1999, pp. 44 – 56.

BIOLOGÍA MANUAL. *Número más probable.* México. [Consulta: 23 de diciembre de 2016]. Disponible en:<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-nmpenumeracion.pdf>

BRITANIA. *Caldo Verde Bilis Brillante.* Colombia: Caiser, 2012. [Consulta: 03 de enero 2017]. Disponible en: <http://www.britanialab.com/productos/B02107%20REV%2001-VERDE%20BRILLANTE%20BILIS%202%25%20CALDO.pdf>

BUCKALEW JAMES, SCOTT LISA, REED PAU, *Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador.* Ecuador: Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica, 1998. [Consulta: 23 de diciembre de 2016]. Disponible en: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/6/44576/04_EC-evaluacion-recursos-agua.pdf

CARBOTENCIA, *Análisis de sólidos disueltos.* Granada 2016. [Consulta: 06 de enero 2017]. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds>

CORTEZ PABLO. *Derechos del agua: Humanidad y agua* [en línea]. Buenos Aires-Argentina 2010. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=PA4&dq=agua+potable&hl=es419&s=onepage&q=agua%20potable>

FLORES VAQUERO. *Segundo Informe del derecho humano al agua* [en línea]. Nicaragua 2014. [Consulta: 15 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.ingenieria.ambiental.2343.oms-urbano/org.>

GALVAÑ VARÓ. *Importancia del agua:* 3ª ed. Alicante-España: Publicaciones UA.ES, 2009, pp. 33-35.

GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. *Organización Mundial de la Salud.* 20a ed. Suiza: 2006, pp. 11-12, 23-49.

HERMES MIGUEL, HYAGNA CABELLO, JOSÉ REYES. *Campaña de cambio social para incrementar la conciencia ambiental sobre la contaminación de las aguas en el consejo popular no.14, puerto padre* Puerto Padre: 2013. [Consulta: 03 de diciembre del 2017].
Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1304/index.htm>

JAIRO GONZALES. *Guía comunitaria para la salud ambiental.* [En línea]. Santiago-Chile 2011. [Consulta: 20 de diciembre de 2016]. Disponible en: http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap05.pdf.

JOSÉ OBÓN, *Análisis microbiológico del agua.* [En línea]. México 2013. [Consulta: 06 de enero 2017]. Disponible en: https://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf

LEE JONG. *Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud* [En línea], Región de las Américas: Organización Mundial de la salud, 2004. Agua, saneamiento y salud. [Consulta: 28 de diciembre del 2015]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/

LÓPEZ Y YEFER. *Importancia del agua potable y saneamiento.* [En línea]. Granada- España 12 de SEPTIEMBRE de 2012. [Consulta: 20 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://conocimientosgeneralesdelagua.blogspot.com/>.

LOZANO PATRICIA. *Calidad de agua: Tratamiento de aguas* [en línea]. Santiago-Chile 2012.

[Consulta: 17 de diciembre de 2016]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=8JHG4QOv_KYC&printsec=frontcover&dq=derechos+del+agua&hl=es.

MARCO CUELLO. *Tinción Gram* En. [En línea]. Valencia: 2009. [Consulta: 04 de enero 2016].

Disponible en: <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/tincion-de-gram-13399>

MARIMÓN. *Escherichia coli.* 7ma ed. 2014. Barcelona – España: LTU, pp.44.

MEJÍA, MARIO RENÉ. *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* [En línea].2005, pp 14-18; 23-25; 48-52. [Consultado: 20 de diciembre de 2016.] <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0602E/A0602E.PDF>

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

NTE INEN 1108. *Agua potable. Requisitos.* [En línea], Parte 1: 2011. [Consultado: 20 de diciembre de 2016.]. Disponible en:
<http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>

NTE INEN 1108. *Agua potable. Requisitos.* [En línea], Parte 4: 2011. [Consultado: 20 de diciembre de 2016.]. Disponible en:
<http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>

OMS. *Problemas de Salud: Guías para el agua potable.* México: Marla Sheffer. Vol 2. 2015, pp. 82

ORELLANA, J. *Características del agua potable* [en línea]. 2005. [Consulta: 10 de enero 2017].
Disponible en:
www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Calidad del agua potable* [en línea]. Región de las Américas: 2015. Programas y Proyectos, pp 34-45. [Consulta: 03 de diciembre del 2017]. ISSN: 978 92 4 356263 6.
Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/es/
.

PANCHANO GORF. *Clasificación de aguas.*2da ed. Buenos Aires – Argentina: Editorial Latina, 2010, pp.565

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

PROBIOTEK. *Eosina Azul de Metileno*: [en línea]. Santiago-Chile 2012. [Consulta: 17 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.probiotek.com/producto/agar-con-eosina-y-azul-de-metileno-emb/>

QUINTERO DIANA, HERRERA INDIRA. *Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar-cesar* [en línea]. Valledupar: 2009, Facultad de ciencias, Programa de microbiología [Consulta: 17 diciembre 2016].
Disponible en: <http://www.corpocesar.gov.co/files/MICROB%20SUR%20VUP.PDF>)

RAMOS, RAUDEL. *El agua en el medio ambiente muestreo y análisis*. Francisco Villalobos: México 2003. pp. 24.

REASCOS BLANCA, YAR BRENDA. *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas*. [en línea]. Universidad Técnica del Norte, Ecuador, 2010. [Consulta: 11 Diciembre 2015].
Disponible en:
[file:///C:/Users/User/Downloads/03%20REC%20123%20CONTENIDO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/03%20REC%20123%20CONTENIDO%20(1).pdf)

ROMERO, JORGE. *Calidad del agua*. 3ra ed. Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 1999, pp. 31-32

ROS GUISEPINA. *Ambientalista en aguas* [En línea]. México 2000 [Consulta: 22 diciembre 2016]. Disponible en: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/6/44576/04_EC-evaluacion-recursos-agua.pdf.

SARANGO DIEGO. *Tipos de agua*. 2da ed. Buenos Aires – Argentina: Editorial Latina, 2013, pp.120

SAHUQUILLO ANDRÉS. *La importancia de las aguas subterráneas* En: Andrés Sahuquillo Herráiz. *El agua subterránea*, [en línea]. Valencia: 2009, pp. 98-99. [Consulta: 17 diciembre 2016].
Disponible en: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00923.pdf>

SANCHEZ LINA. *Agua cruda*. [En línea]. USA 2014. [Consulta: 20 de enero 2017].
Disponible en: <https://prezi.com/xptxsou9uyhf/que-es-agua-cruda/>.

SAUL Manuel; & Córdoba. *Tinción Gram*. 6ta ed. Caracas Venezuela: Editorial Latina, 2015 pp. 120

SEBANO RODRIGUEZ PALCO. *El agua es un derecho*: 6ª ed. México: Publicaciones Elit 2014, pp. 156-157

SHAROC LUGO. *Métodos de concentración de flotación*. México: Caiser, 2012. . [Consulta: 03 de enero 2017]. Disponible en: <http://sharon-parasitologia.blogspot.com/2011/09/metodo-de-concentracion-por-flotacion.html>.

SEREVICHE CARLOS, CASTILLO MÁRLON, ACEVEDO LEONOR. *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas* [en línea]. Cádiz: Editorial Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para eumed.net, 2011, pp 13-14; 14-16; 20-22; 23-25; 37-40 [Consulta: 10 de enero de 2017].
Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

UNIVERSIDAD DE MURCIA. *Métodos de concentración de flotación*. Murcia: Paranio, 2015 . [Consulta: 03 de enero 2017]. Disponible en:
<http://elygomez.aprenderapensar.net/files/2014/11/T%C3%A9cnicas-de-laboratorio-en-Parasitolog%C3%ADa-Nem%C3%A1todos.pdf>.

VOET Y DONAL. *Fundamentos de bioquímica*. 2ªed. Madrid-España. Medica panamericana. 2007. pp. 23-24.

ANEXOS

Anexo A Análisis físico-químico del Cantón Palora

PARÁMETRO	PUNTO	PERIODO 1	PERIODO 2	PROMEDIO	LMP	CUMPLE	NO CUMPLE
pH	1	5,82	6,12	5.97	6.5-8.5		X
	2	5,84	6,10	5.97	6.5-8.5		X
	3	5,59	6,59	6.09	6.5-8.5		X
	4	5,45	6,42	5.935	6.5-8.5		X
	5	5,62	6,68	6.15	6.5-8.5		X
	6	5,61	6,41	6.01	6.5-8.5		X
	7	5,55	6,15	5.85	6.5-8.5		X
	8	5,64	6,12	5.88	6.5-8.5		X
	9	5,68	6,90	6.29	6.5-8.5		X
	10	5,65	6,08	5.865	6.5-8.5		X
	11	5,65	6,12	5.885	6.5-8.5		X
	12	5,51	6,54	6.025	6.5-8.5		X
TURBIEDAD (NTU)	1	0,7	0,9	0.8	5	X	
	2	0,5	0,8	0.65	5	X	
	3	0,2	0,4	0.3	5	X	
	4	0,3	0,4	0.35	5	X	
	5	0,2	0,5	0.35	5	X	
	6	0,2	0,4	0.3	5	X	
	7	0,2	0,4	0.3	5	X	
	8	0,2	0,4	0.3	5	X	

	9	0,4	0,4	0.4	5	X	
	10	0,2	0,4	0.3	5	X	
	11	0,2	0,4	0.3	5	X	
	12	0,4	0,4	0.4	5	X	
COLOR (Pt/Co)	1	40	30	35	15		X
	2	15	14	14.5	15	X	
	3	7	11	9	15	X	
	4	2	5	3.5	15	X	
	5	5	6	5.5	15	X	
	6	3	6	4.5	15	X	
	7	0	2	1	15	X	
	8	0	0	0	15	X	
	9	6	5	5.5	15	X	
	10	5	5	5	15	X	
	11	2	2	2	15	X	
	12	2	2	2	15	X	
STD (mg/L)	1	21,9	27,5	24.7	500	X	
	2	21,8	22,8	22.3	500	X	
	3	20,9	29,9	25.4	500	X	
	4	22,8	24,1	23.45	500	X	
	5	23,6	23,5	23.55	500	X	
	6	25,2	28,0	26.6	500	X	
	7	25,3	26,7	26	500	X	

	8	27	27,5	27.25	500	X	
	9	23,1	24,5	23.8	500	X	
	10	24,5	24,5	24.5	500	X	
	11	24,4	24,8	24.6	500	X	
	12	31	29,1	30.05	500	X	
DUREZA (mg/L)	1	0,2	0,8	0.5	500	X	
	2	0,2	0,4	0.3	500	X	
	3	0,2	0,3	0.25	500	X	
	4	0,3	0,3	0.3	500	X	
	5	0,2	0,5	0.35	500	X	
	6	0,3	0,5	0.4	500	X	
	7	0,2	0,6	0.4	500	X	
	8	0,2	0,6	0.4	500	X	
	9	0,3	0,5	0.4	500	X	
	10	0,2	0,5	0.35	500	X	
	11	0,2	0,4	0.3	500	X	
	12	0,3	0,4	0.35	500	X	
CONDUCTIVIDAD (us/cm)	1	41,1	49,2	45.15	500	X	
	2	41,2	45,2	43.2	500	X	
	3	39,4	45,1	42.25	500	X	
	4	43,0	43,6	43.3	500	X	
	5	44,1	44,4	44.25	500	X	
	6	47,2	46,2	46.7	500	X	

	7	48,0	48,0	48	500	X	
	8	50,4	50,5	50.45	500	X	
	9	44,1	43,7	43.9	500	X	
	10	45,6	45,6	45.6	500	X	
	11	46,7	45,1	45.9	500	X	
	12	58,0	60,0	59	500	X	
ALCALINIDAD (mg/L)	1	0,4	0,6	0.5	100	X	
	2	0,4	0,6	0.5	100	X	
	3	0,5	0,6	0.55	100	X	
	4	0,5	0,6	0.55	100	X	
	5	0,4	0,5	0.45	100	X	
	6	0,6	0,6	0.6	100	X	
	7	0,4	0,5	0.45	100	X	
	8	0,4	0,5	0.45	100	X	
	9	0,5	0,5	0.5	100	X	
	10	0,4	0,5	0.45	100	X	
	11	0,4	0,5	0.45	100	X	
	12	0,4	0,5	0.45	100	X	
CLORUROS (mg/L)	1	0,5	0,7	0.6	250	X	
	2	0,4	0,7	0.55	250	X	
	3	0,4	0,4	0.4	250	X	
	4	0,5	0,5	0.5	250	X	
	5	0,4	0,4	0.4	250	X	

	6	0,5	0,6	0.55	250	X	
	7	0,5	0,6	0.55	250	X	
	8	0,4	0,4	0.4	250	X	
	9	0,4	0,4	0.4	250	X	
	10	0,5	0,6	0.55	250	X	
	11	0,5	0,6	0.55	250	X	
	12	0,5	0,6	0.55	250	X	
AMONIO (mg/L)	1	0,30	0,41	0.355	0.5	X	
	2	0,28	0,38	0.33	0.5	X	
	3	0,26	0,29	0.275	0.5	X	
	4	0,22	0,29	0.255	0.5	X	
	5	0,22	0,28	0.25	0.5	X	
	6	0,20	0,24	0.22	0.5	X	
	7	0,19	0,29	0.24	0.5	X	
	8	0,19	0,29	0.24	0.5	X	
	9	0,19	0,29	0.24	0.5	X	
	10	0,20	0,25	0.225	0.5	X	
	11	0,20	0,23	0.215	0.5	X	
	12	0,21	0,23	0.22	0.5	X	
NITRITOS (mg/L)	1	0,004	0,005	0.0045	0.2	X	
	2	0,004	0,004	0.0040	0.2	X	
	3	0,004	0,004	0.0040	0.2	X	
	4	0,004	0,004	0.0040	0.2	X	

	5	0,004	0,004	0.0040	0.2	X	
	6	0,004	0,004	0.0040	0.2	X	
	7	0,004	0,005	0.0045	0.2	X	
	8	0,003	0,005	0.0040	0.2	X	
	9	0,003	0,003	0.0030	0.2	X	
	10	0,003	0,003	0.0030	0.2	X	
	11	0,003	0,003	0.0030	0.2	X	
	12	0.004	0.004	0.0040	0.2	X	
FOSFATOS (mg/L)	1	1,19	1,30	1.245	0.3		X
	2	1,19	1,28	1.22	0.3		X
	3	1,18	1,16	1.17	0.3		X
	4	1,24	1,25	1.245	0.3		X
	5	1.24	1.25	1.245	0.3		X
	6	1.30	1.29	1.295	0.3		X
	7	1,42	1,35	1.385	0.3		X
	8	1,20	1,30	1.25	0.3		X
	9	1,12	1,22	1.17	0.3		X
	10	1,08	1,26	1.17	0.3		X
	11	0,50	0,46	0.48	0.3		X
	12	0,45	0,46	0.455	0.3		X
FLUORUROS (mg/L)	1	0,10	0,15	0.125	1.5	X	
	2	0,03	0,09	0.06	1.5	X	
	3	0,02	0,08	0.05	1.5	X	

	4	0,02	0,08	0.05	1.5	X	
	5	0.02	0.09	0.055	1.5	X	
	6	0,12	0,15	0.135	1.5	X	
	7	0,13	0,15	0.14	1.5	X	
	8	0,3	0,13	0.215	1.5	X	
	9	0,33	0,38	0.355	1.5	X	
	10	0,35	0,39	0.37	1.5	X	
	11	0.06	0.16	0.11	1.5	X	
	12	0,4	0,14	0.27	1.5	X	
COLOR RESIDUAL (mg/L)	1	0.1	0	0.05	0.3-1.5	X	
	2	0.1	0	0.05	0.3-1.5	X	
	3	1.8	2.0	1.9	0.3-1.5		X
	4	1.5	1.5	1.5	0.3-1.5	X	
	5	1.4	1.5	1.45	0.3-1.5	X	
	6	1.2	1.3	1.25	0.3-1.5	X	
	7	1.0	1.0	1.0	0.3-1.5	X	
	8	1.1	1.0	1.05	0.3-1.5	X	
	9	0.8	0.9	0.85	0.3-1.5	X	
	10	0.8	0.9	0.85	0.3-1.5	X	
	11	0.9	0.9	0.9	0.3-1.5	X	
	12	1.0	1.0	1.0	0.3-1.5	X	

Realizado por: Michele Esobar

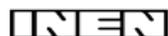
Anexo B Análisis físico-químico Grupal

PARÁMETRO	GRUPO	LUGAR	PROMEDIO PERIODO 1	PROMEDIO PERIODO 2	LMP	CUMPLE	NO CUMPLE
pH	1	A.D	5.83	6.11	6.5-8.5		X
	2	D.D	5.55	6.56	6.5-8.5	X	
	3	MOJÓN	5.6	5.6	6.5-8.5		X
	4	PALORA	5.62	5.6	6.5-8.5		X
TURBIEDAD (NTU)	1	A.D	0.60	0.4	5	X	
	2	D.D	0.23	0.43	5	X	
	3	MOJÓN	0.2	0.4	5	X	
	4	PALORA	0.3	0.4	5	X	
COLOR (Pt/Co)	1	A.D	27.5	22	15		X
	2	D.D	4.66	7.33	15	X	
	3	MOJÓN	1.00	2.66	15	X	
	4	PALORA	3.75	2.5	15	X	
STD (mg/L)	1	A.D	21.85	25.15	500	X	
	2	D.D	22.43	25.83	500	X	
	3	MOJÓN	25.83	27.4	500	X	
	4	PALORA	24.10	25.72	500	X	
DUREZA (mg/L)	1	A.D	0.2	0.6	500	X	
	2	D.D	0.23	0.36	500	X	
	3	MOJÓN	0.23	0.56	500	X	
	4	PALORA	0.25	0.45	500	X	
CONDUCTIVIDAD (us/cm)	1	A.D	41.5	47.2	500	X	
	2	D.D	42.16	44.3	500	X	
	3	MOJÓN	48.53	48.23	500	X	
	4	PALORA	48.6	48.6	500	X	
ALCALINIDAD (mg/L)	1	A.D	0.4	0.6	100	X	
	2	D.D	0.46	0.56	100	X	
	3	MOJÓN	0.46	0.53	100	X	

	4	PALORA	0.42	0.5	100	X	
CLORUROS (mg/L)	1	A.D	0.45	0.7	250	X	
	2	D.D	0.43	0.43	250	X	
	3	MOJÓN	0.46	0.46	250	X	
	4	PALORA	0.48	0.48	250	X	
AMONIO (mg/L)	1	A.D	0.29	0.395	0.5	X	
	2	D.D	0.23	0.286	0.5	X	
	3	MOJÓN	0.193	0.27	0.5	X	
	4	PALORA	0.2	0.25	0.5	X	
NITRITOS (mg/L)	1	A.D	0.004	0.004	0.2	X	
	2	D.D	0.004	0.004	0.2	X	
	3	MOJÓN	0.0036	0.0046	0.2	X	
	4	PALORA	0.0033	0.0036	0.2	X	
FOSFATOS (mg/L)	1	A.D	1.19	1.29	0.3		X
	2	D.D	1.22	1.22	0.3		X
	3	MOJÓN	1.3	1.3	0.3		X
	4	PALORA	0.78	0.85	0.3		X
FLUORUROS (mg/L)	1	A.D	0.065	0.12	1.5	X	
	2	D.D	0.02	0.086	1.5	X	
	3	MOJÓN	0.14	0.14	1.5	X	
	4	PALORA	0.195	0.26	1.5	X	

Realizado por: Michele Esobar

Anexo C Norma NTE INEN 1108



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

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

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
 * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
 ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Requisitos microbiológicos

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

APENDICE Y (Informativo)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Ane
xo D
Ace
ptac
ión
par
a
reali
zar
el
Tra
bajo
de
Títu
laci
ón



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Riobamba octubre 04 del 2016
Of. No. 643.EBF.2016

Ingeniero
Edgardo Mena

**GERENTE DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE PALORA EPMAPAPAL**

Presente

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la presente tiene por objeto evaluar la calidad del agua potable del Cantón Palora, provincia de Morona Santiago para determinar si es apta para el consumo directo de la población, para realizar el proyecto de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL CANTÓN PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO", presentado por la Srta. Michele Sthefanny Escobar Carcelén, el mismo que se realizará con la debida programación y socialización con las autoridades de la empresa.

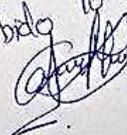
Las actividades antes mencionadas empezarán desde el mes de octubre del presente año, previa coordinación con su dignidad, cabe recalcar que este proyecto de investigación y vinculación con la empresa está a cargo de la Dr. Carlos Espinoza Docente de la institución y miembro del grupo de investigación, además la tesista cubrirán absolutamente todos los gastos que se generen en este proyecto.

Por la acogida que dará a la presente anticipo mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,


Dr. Augusto Yaulema
DIRECTOR DE LA ESCUELA
BIOQUÍMICA Y FARMACIA



Recibido 10-10-2016


Mónica K.

Anexo E Puntos de Muestreo





Anexo F Metodología (Físico-químico y microbiológico)



