



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.

**PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO.**

TEMA:

**FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS
CUENCAS DE AGUA PARA CONSUMO EN LAS PARROQUIAS DE
HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA, PERTENECIENTES AL
CANTON ZARUMA, DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2013 Y
ENERO 2014.**

AUTOR:

JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ

TUTOR:

Dr. Segundo García Ledesma, Mg. Sc.

2015

CERTIFICACIÓN

Segundo Francisco García Ledesma, Dr. Profesor Principal de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, Tutor del presente trabajo de titulación, cuyo tema es: "FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA PARA CONSUMO EN LAS PARROQUIAS DE HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA, PERTENECIENTES AL CANTON ZARUMA, DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2013 Y ENERO 2014, desarrollado por JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ, certifico, que el mismo es elaborado por el autor en forma sistemático y sujeto a las normas establecidas para estos fines, y que revisado su contenido y forma, autorizo su presentación.

Machala, 21 de mayo de 2015.

Segundo García Ledesma, Dr.

Tutor

RESPONSABILIDAD

Yo, **JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ**, autor del presente trabajo de titulación, con el tema: “FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA PARA CONSUMO EN LAS PARROQUIAS DE HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA, PERTENECIENTES AL CANTON ZARUMA, DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2013 Y ENERO 2014”, Declaro que la investigación, resultados y conclusiones expuestas en el presente trabajo, son de mi absoluta responsabilidad.

JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ
AUTOR

CESIÓN DE DERECHO DE AUTORÍA

Yo, **JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ**, portador de la cédula de identidad No.**0704356989**, egresado de la Carrera de Bioquímica y Farmacia, de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del presente trabajo de titulación: **“FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA PARA CONSUMO EN LAS PARROQUIAS DE HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA, PERTENECIENTES AL CANTON ZARUMA, DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2013 Y ENERO 2014”**, efectuado durante los meses de octubre 2013 a octubre 2014, certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría, una vez que ha sido aprobado por mi tribunal de sustentación autorizo su presentación.

Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier plagio y cedo mis derechos de autor a la Universidad Técnica de Machala para que ella proceda a darle el uso que estime conveniente.

JONATHAN JOFFRE BLACIO VASQUEZ

C. I. No. 0704356989

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi director de tesis, Dr. Segundo García Ledesma por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. También me gustaría agradecer a mis padres, hermanos que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a mi madre que es el pilar fundamental durante mis años de estudio, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. De igual manera agradecer a mi profesor de Investigación y de trabajo de titulación, Dr. Segundo García Ledesma por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	2
RESPONSABILIDAD.....	3
CESION DE DERECHO DE AUTORÍA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
DEDICATORIA.....	6
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	10
SUMMARY.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
2	
PROBLEMA.....	14
ANALISIS.....	15
Objetivo General.....	16
Objetivos Especificos.....	16
Preguntas Cientificas.....	17
Hipotesis.....	17
MARCO TEORICO.....	18
1.1 EL AGUA.....	18-27
1.1.1. Propiedades fisicoquímicas.....	27-29
1.1.2. Características Físicas.....	29
1.1.3. Calidad del Agua.....	30
1.2. CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANTÓN ZARUMA.....	30
1.3. AGUAS SUPERFICIALES.....	31
1.3.1. Tipos de Aguas Superficiales.....	32
1.3.1.1. Aguas loticas o corrientes.....	32

1.3.1.2. Aguas lenticas	32
1.3.1.3. Artificiales o muy modificadas	32
1.3.1.4. Aguas superficiales en estado natural.....	33
1.3.1.4.1. Clasificación de las aguas superficiales	33
1.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	34
1.4.1. El Agua Tiene una Capacidad Limitada de Autodepuración.....	34
1.4.2. Causas de la contaminación del agua:.....	35
1.5. POTABILIZACIÓN DEL AGUA.	36
1.5.1. Tratamiento que Recibe el Agua en la Planta Potabilizadora.	37
1.5.1.1. Pre cloración y Floculación	37
1.5.1.2. Decantación.....	37
1.5.1.3. Filtración	37
1.5.1.4. Cloración y envío a la red	37
1.6. ANÁLISIS DE LABORATORIO APLICADOS AL AGUA POTABLE	37
1.6.1. Análisis Físico del Agua	37
1.6.1.1. pH del Agua	37
1.6.1.2. Temperatura del Agua	38
1.6.2. Análisis Químico	39
1.6.2.1. Cloruros en Agua	39
1.6.2.1.1. El método de Mohr. Descripción general y fuentes de error.	40
1.6.2.2. Salinidad del Agua	41
1.6.2.3. <i>Determinación de Fosfatos en Aguas por Espectrofotometría</i>	42
1.6.2.4. Espectrofotometría.....	43
2. METODOLOGÍA	48
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
2.1.1. Tipo de Investigación (Descriptiva)	49
2.2. MUESTREO	49

2.3. Métodos De Nivel Teórico:.....	49
2.3.1. Histórico-Lógico	49
2.3.2. Analítico-Sintético	49
2.3.3. Inductivo-Deductivo	49
2.3.4. Hipotético-Deductivo	49
2.3.5. Abstracción-concreción.....	50
2.3.6. Método de modelación icónico.....	50
2.3.7. Método Sistémico	50
2.3.8. Método Profesional	50
2.4. MATERIALES Y REACTIVOS A UTILIZAR	50
2.4.1. Materiales	50
2.4.2. Reactivos	50
3. RESULTADOS	51
3.1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA DE LAS PARROQUIAS DE HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA.....	52
3.2. CARACTERIZACIÓN GNOSEOLÓGICA Y METODOLÓGICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	53
3.3. VALORACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LAS PARROQUIAS: HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA.....	54
3.4. RECOMENDACIONES PARA UN CORRECTO SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	56
3.4.1. Fases de Implementación	58
4. CONCLUSIONES	59
5. RECOMENDACIONES	60
6. BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS	63

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue la determinación de los factores que inciden en la contaminación de las cuencas hidrográficas que abastecen los sistemas de potabilización que abastecen de líquido vital a las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba. Las cuencas de agua de esta zona se encuentran rodeadas por concesiones mineras las cuales inciden negativamente en la contaminación de origen físico y químico, aportando grandes concentraciones de metales pesados y turbidez al agua. La contaminación de las cuencas de agua se produce principalmente por: las diferentes actividades del sector minero, el desecho inadecuado de la basura, la evacuación inapropiada de las aguas residuales mineras y domésticas, el incorrecto sistema de potabilización del agua de consumo humano y la falta de programas de concientización para evitar la contaminación de las cuencas de agua en estas comunidades. La determinación de los factores que inciden en la contaminación de las cuencas hidrográficas del sector se la determino mediante la observación directa y análisis de laboratorio, que siendo la presencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos. El principal factor que afecta las cuencas de agua la explotación minera que existe en las riveras de las cuencas hidrográficas del sector y la falta de concientización a la población sobre los beneficios del contagio de los ríos.

Palabras claves: Agua, Contaminación, Cuencas, Potabilización, Minería.

SUMMARY

The main objective of this research was to determine the factors affecting pollution of watersheds that supply water purification systems that supply vital liquid to the parishes of Huertas, Muluncay and Arcapamba. Watersheds in this area are surrounded by mining concessions which adversely affect the physical and chemical contamination of source, providing high concentrations of heavy metals and water turbidity. Contamination of water basins is mainly caused by: different activities in the mining sector, inadequate garbage disposal, improper disposal of mining and domestic wastewater, improper system of potable water for human consumption and lack awareness programs to prevent pollution of water basins in these communities. The identification of factors affecting the pollution of watersheds in the sector determined by the direct observation by laboratory analysis, be demonstrating the presence of physical, chemical and microbiological contaminants. The main factor affecting watershed is mining there on the banks of the river basins of the sector and lack of awareness to the public about the benefits of no pollution of rivers.

Keywords: Water, Pollution, Watershed, Purification, Mining.

INTRODUCCIÓN

En el Cantón Zaruma, específicamente en las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, el proceso de potabilización del agua de consumo humano es deficiente, posiblemente debido a la escasa asignación presupuestaria del cabildo zarumeño, además la población en un porcentaje alto se dedica a la actividad minera, actividad que es creciente en la región y que desde hace aproximadamente tres décadas se viene realizando, tanto artesanalmente como en forma tecnificada. Como producto de la minería existe contaminación, observándose en forma más evidente en el agua y en la salud de sus habitantes.

Además de los factores mencionados se suman a la contaminación de las cuencas de agua en estas parroquias: el desecho inadecuado de la basura, la evacuación inapropiada de las aguas residuales de las casas, el incorrecto sistema de potabilización del agua de consumo humano y la falta de programas de concientización para evitar la contaminación de las cuencas de agua.

Con la finalidad de presentar una propuesta para enfrentar este problema que afecta enormemente a la calidad de vida de los habitantes de las parroquias mencionadas, se elaboró el presente trabajo que tiene como título: determinar los factores que inciden en la contaminación de las cuencas de agua para consumo en las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, pertenecientes al cantón Zaruma, durante los años: 2013-2014.

La conservación de las cuencas de agua y el abastecimiento del líquido vital ha sido una de las principales preocupaciones de los gobernantes del mundo; el constante crecimiento de las poblaciones ha traído consigo el incremento del parque automotriz y el industrial, además la expansión de las ciudades y la merma de los bosques, debido a la tala de árboles ilegal, está provocando la contaminación del ecosistema y por ende del agua.

En Ecuador la contaminación de las cuencas de agua se da principalmente debido a la explotación petrolera, minera, los desechos tóxicos de agro químicos utilizados en los diferentes cultivos, en especial del banano, además es de conocimiento general que en muchas comunidades el agua de consumo humano, no tiene la calidad que la población se merece.

En las comunidades de Huertas, Muluncay y Arcapamba, así como en otras comunidades del país existe contaminación de las fuentes de agua, tanto en las que se utiliza para consumo humano, como en otras cuencas, que en parte se utilizan para otros fines y en otra parte no puede utilizarse por su contaminación.

La contaminación de las cuencas de agua se produce principalmente por: las diferentes actividades del sector minero, el desecho inadecuado de la basura, la evacuación inapropiada de las aguas residuales de viviendas, el incorrecto sistema de potabilización del agua de consumo humano y la falta de programas de concientización para evitar la contaminación de las cuencas de agua en estas comunidades.

De información obtenida se conoce que luego de analizarse 16 puntos a lo largo de los ríos de la zona en estudio, en donde se encontró que los datos que sobrepasan los límites permisibles de calidad ambiental y sedimentales, así como bacterias coliformes, totales y fecales, esto como una muestra de la contaminación del agua del sector; existe presencia de cianuro en el agua, cuya presencia sobrepasa en promedio los límites permisibles (Alvarez, 2010)

PROBLEMA

Cómo prevenir la contaminación de las cuencas de agua para consumo en las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, pertenecientes al cantón Zaruma durante los meses diciembre 2013 y enero 2014.

La conservación de las cuencas de agua y el abastecimiento del líquido vital ha sido una de las principales preocupaciones de los gobernantes del mundo; el constante crecimiento de las poblaciones ha traído consigo el incremento del parque automotriz y el industrial, además la expansión de las ciudades y la merma de los bosques, debido a la tala de árboles ilegal, está provocando la contaminación del ecosistema y por ende del agua.

En nuestro País la contaminación de las cuencas de agua se da principalmente debido a la explotación petrolera, minera, los desechos tóxicos de agro químicos utilizados en los diferentes cultivos, en especial del banano, además es de conocimiento general que en muchas comunidades el agua de consumo humano, no tiene la calidad que la población se merece.

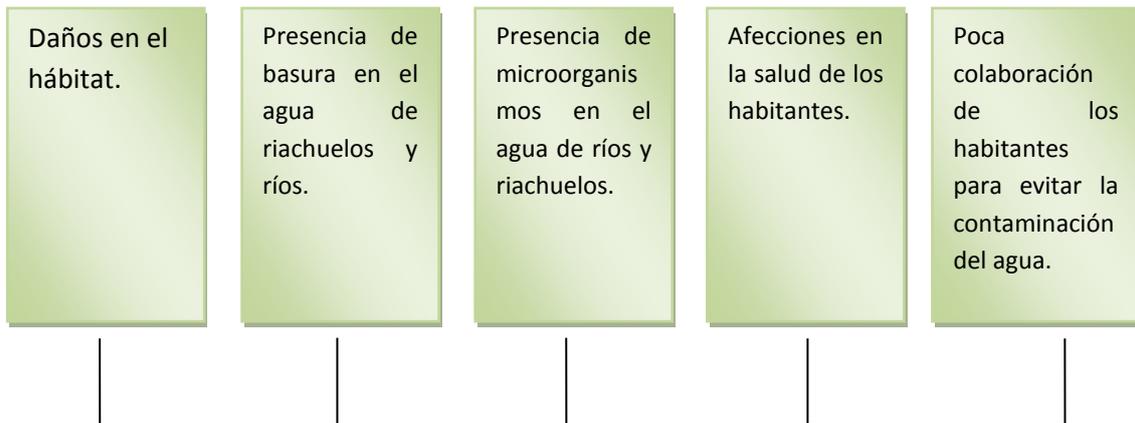
En las comunidades de Huertas, Muluncay y Arcapamba, así como en otras comunidades del país existe contaminación de las fuentes de agua, tanto en las que se utiliza para consumo humano, como en otras cuencas, que en parte se utilizan para otros fines y en otra parte no puede utilizarse por su contaminación.

La contaminación de las cuencas de agua se produce principalmente por: las diferentes actividades del sector minero, el desecho inadecuado de la basura, la evacuación inapropiada de las aguas residuales de viviendas, el incorrecto sistema de potabilización del agua de consumo humano y la falta de programas de concientización para evitar la contaminación de las cuencas de agua en estas comunidades.

ANÁLISIS: A continuación se presenta el análisis del problema mediante un árbol, donde observamos las causas de primer nivel y sus respectivos efectos.

Figura 1. Árbol del problema de la contaminación de las cuencas hidrográficas

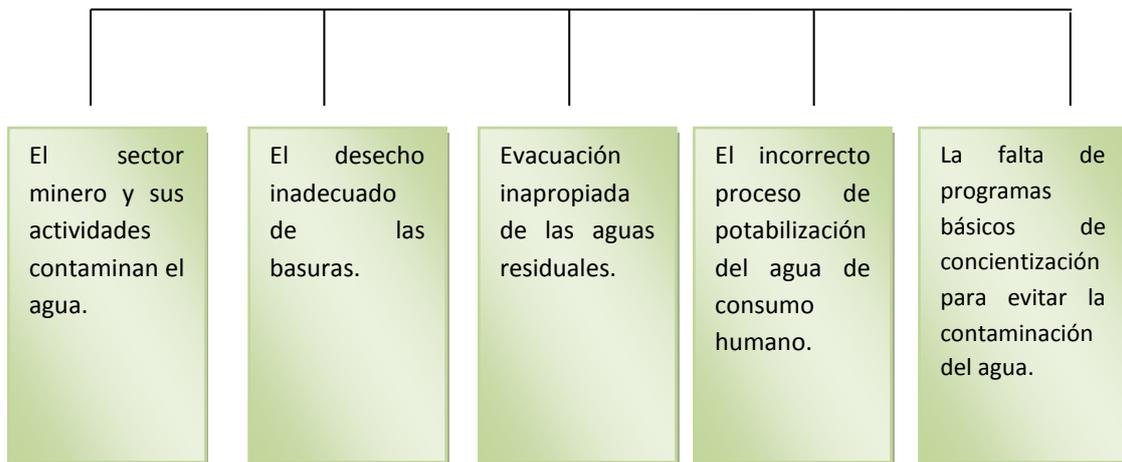
EFFECTOS:



PROBLEMA:

¿Cuáles son los factores que inciden en la contaminación de las cuencas de agua para consumo en las Parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, pertenecientes al Cantón Zaruma, durante los años 2012 - 2013.

CAUSAS:



Objetivo General

Determinar los factores que inciden en la contaminación de las cuencas de agua para consumo humano en las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba pertenecientes al cantón Zaruma.

Objetivos Específicos

- Establecer los factores que inciden en la contaminación de las cuencas de agua para consumo de las Parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba.
- Caracterizar Gnoseológica y Metodológicamente el sistema de potabilización.
- Valorar la situación actual de la contaminación de las cuencas de agua para consumo humano en las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, correspondiente a los meses diciembre 2013 y enero 2014.
- Recomendar un correcto sistema de potabilización.

Preguntas Científicas.

- 1.- Las actividades mineras de la zona contribuyen a la contaminación de El sector minero y sus actividades contaminan el agua?
- 2.- Existe inadecuada de posición de los desechos mineros en la zona de estudio?
- 3.- Cual es el tipo de tratamiento que se les da a las aguas residuales de las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba?
- 4.- Es eficiente el proceso de potabilización del agua de consumo humano?
- 5.- Existen programas de concientización para evitar la contaminación de las cuencas del agua del sector?

Hipótesis

El sector minero, el manejo inadecuado tratamiento de desechos, las aguas residuales, el incorrecto proceso de potabilización y distribución del agua y la falta de programas básicos, son factores que inciden en la contaminación de las cuencas de agua para consumo en las Parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, del Cantón Zaruma.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. EL AGUA

El agua es una sustancia esencial para la vida, pero de escasa disponibilidad en los sitios poblados de nuestro planeta. Al respecto del total de agua dulce, alrededor del 75% se encuentra al estado sólido en los casquetes polares (Auge, 2007).

El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa que llamamos vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre (CIA, 2008).

El agua es el componente principal de la materia viva. El citoplasma, que representa el componente esencial de las células está formado por agua en la que se disuelven o mueven grasas, proteínas, carbohidratos y minerales. El agua no solo disuelve estas sustancias también las combina y transporta a los lugares requeridos, lo mismo fuera de la célula que al núcleo de la misma (Perera, 2011).

Cada ser vivo tiene sus propias exigencias de agua a tal punto que si esta contiene sustancias extrañas altera sus procesos vitales y en casos extremos causa su muerte. Por ejemplo: los peces de agua dulce mueren en agua salada y los peces de agua salada mueren en agua dulce (a excepción de ciertos peces salmónidos) (Polanco, 2000).

Los vegetales terrestres mueren si se inunda su hábitat y los acuáticos mueren si se los arranca de su medio. En los humanos y en otros organismos el agua regula la temperatura corporal. Si rebasa ciertos límites de temperatura se alteran las enzimas que regulan la vida y morimos (Alvarez, 2010).

Las bajas temperaturas son letales. Sin agua no es posible ninguna forma de vida en la tierra. Los responsables de la gestión del agua y quienes se encargan de establecer la política de precios se encuentran con una serie de limitaciones prácticas, debidas fundamentalmente a la falta de información que les permita llevar a la toma de decisiones óptimas.

En el marco de la Unión Europea la política de precios del agua de los países miembros se orienta de tal manera que persigue alcanzar una recuperación íntegra de los costes, incorporando no sólo aspectos estrictamente financieros, sino también elementos tales como los costes del recurso, o los costes de los daños ambientales (Delgado, 2001).

Ello requiere, en primer término, el previo conocimiento de dichos componentes, para que éstos puedan ser integrados posteriormente en el precio del agua. La investigación llevada a cabo ha sido desarrollada en dos etapas, una teórica y una empírica. En la primera etapa, se realiza una aproximación al conocimiento de los elementos que intervienen en el ciclo completo del agua.

Éste se explica a través de un examen documental de los antecedentes existentes sobre literatura relacionada con los fallos de mercado asociados a los usos del agua, los métodos de valoración económica del recurso natural y los instrumentos de intervención pública aplicables para solucionar los fallos de mercado, con especial atención sobre la utilización de tributos y gravámenes sobre las aguas, lo que permite asimismo poner de relieve cuál es el marco jurídico existente en los diversos niveles implicados: internacional, comunitario, estatal, autonómico y local.

Debido a la multitud de disciplinas que se ven involucradas, dicha aproximación teórica se establece a través de varios aspectos, desde un plano ambiental, económico-teórico y jurídico-tributario, se proporciona una guía en la selección de factores y variables que serán aplicadas en la investigación, así como un marco para su medición, validez y confiabilidad. Como resultado se obtiene un marco teórico complejo aunque necesario, debido a la diversidad de facetas que

se ven envueltas en los procesos de decisión asociados a la política sobre las aguas. (Mejías, 2006).

Los antiguos consideraban el agua como uno de los "cuatro elementos", los otros eran la tierra, el fuego y el aire. Hasta una época relativamente reciente no se ha reconocido que es una sustancia compuesta. "Lord Henry Cavendish, en 1781, fue el primero que preparó agua quemando hidrógeno en el aire (Guevara, 2006).

El agua es el compuesto más abundante y más ampliamente extendido. En estado líquido, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre, con una profundidad aproximada de hasta once kilómetros en algunos sitios. Está presente en el aire en forma de vapor, a menudo en cantidad de cerca de 18000 toneladas, en el aire que gravita sobre cada km² de la superficie de la tierra. Y en estado sólido, en forma de hielo, cubre las regiones más frías de la tierra.

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos con trancos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. (Mejía, 2006).

Así mismo defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencia o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes. Además existen factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentración de desinfectante y material de las tuberías

La determinación de microorganismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de patógenos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua (Guevara,2006).

Estos microorganismos deben cumplir diferentes requisitos como: ser inofensivos para humanos, permanecer más tiempo que los microorganismos patógenos y con su ausencia demostrar un agua segura libre de microorganismos patógenos. Además, un buen indicador de contaminación fecal debe hallarse en forma constante en las heces y estar asociado a las aguas residuales.

Asimismo, debe ser fácilmente aislable, identificable y enumerable en el menor tiempo posible y con el menor costo. Debe ser capaz de crecer en los medios de cultivo comunes, estar distribuido al azar en las muestras y ser resistente a la inhibición de su crecimiento por otras especies (Moreta, 2008).

El objetivo de las normas y estándares es el de controlar la cantidad de un determinado microorganismo en el agua, siendo este microorganismo la causa de una enfermedad específica o un indicador de las condiciones dentro de las cuales de podría transmitir esa enfermedad. Los microorganismos indicadores contemplados por la Norma Técnica Nacional (NTN ITINTEC 214.003) son tres: Bacterias Heterotróficas, Coliformes totales y Coliformes fecales.

Las Bacterias Heterotróficas están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, éstas son indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento, principalmente de la desinfección. El grupo coliforme abarca los géneros Klebsiella, Escherichia, Enterobacter, Citrobacter y Serratia. Cuatro de estos géneros (Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter y Serratia) se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos) no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud (Pardinas, 2006).

Las bacterias coliformes, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, y si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior. Se ha demostrado que las especies de *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan con frecuencia las superficies interiores de las cañerías de agua y tanques de almacenamiento (a menudo llamado "rebrote") y crecen formando una biopelícula cuando las condiciones son favorables, es decir, presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento (Nielsen, 2003).

En este sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento. Los coliformes fecales (termorresistentes) se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°-45°C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Los coliformes termorresistentes distintos de *E. coli* pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Como los organismos coliformes termoresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales (Nielsen, 2003).

Existen microorganismos que están considerados como "otros indicadores", los cuales no están contemplados en la NTN. Entre estos se encuentran *Pseudomonas aeruginosa* y el grupo de los *Streptococos* fecales.

El grupo *Pseudomonas* está constituido por bacilos aerobios gramnegativos y móviles, algunos de los cuales producen pigmentos solubles en agua. Las especies del género *Pseudomonas* se identifican sobre la base de varias características fisiológicas. Una de las propiedades más notables de *Pseudomonas* es la gran variedad de compuestos orgánicos que utilizan como fuentes de carbono y energía *Pseudomonas aeruginosa*, no es un parásito obligatorio, puede ser fácilmente encontrada en el suelo.

Los patógenos oportunistas están presentes naturalmente en el medio ambiente y no están catalogados como agentes patógenos en sentido propio, aunque pueden causar enfermedades a las personas cuyos mecanismos de defensa locales o generales son deficientes, por ejemplo a los ancianos, a los lactantes, quienes han sufrido quemaduras o heridas extensas, a los enfermos sometidos a un tratamiento inmunosupresor o a los que padecen el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

Si el agua que esas personas utilizan para la bebida o el baño contiene un gran número de estos microorganismos oportunistas puede producirles diversas infecciones cutáneas y de las membranas mucosas del ojo, oído, nariz y garganta. Ejemplos de estos agentes son *Pseudomonas aeruginosa* y en menor grado especies de *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* y *Aeromonas* así como ciertas micobacterias de desarrollo lento (Romero, 2008).

El hallazgo de *Pseudomonas aeruginosa* en balones de agua destilada de hospitales y su presencia en reservorios de agua potable (tanques domiciliarios, tanques cisterna, depósitos de medios de transporte) con mayor frecuencia y en concentraciones más elevadas que las detectadas en los sistemas de distribución, ha sido atribuido a la posible multiplicación y mayor supervivencia de la misma, en relación con las demás bacterias comúnmente aisladas del agua.

Se ha demostrado que *Pseudomonas aeruginosa* es capaz de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas, esto debido a una densa capa polisacárida la cual establece una barrera no solo física sino química capaz de proteger a la bacteria de las moléculas e iones de Cloro libre residual. En el Perú se efectuó estudios para evaluar la resistencia de *Pseudomonas aeruginosa* al Cloro libre residual obteniendo resultados que demuestran que el tiempo de reducción del 99% de bacterias a la concentración de 1 mg/l de Cloro libre residual a pH 9 es aproximadamente dos veces menos efectivo que a pH 7, siendo de 100 y 35 minutos respectivamente (Ibídem, 2008) .

Por lo que concluye que la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua potable es de alto riesgo para la salud, en especial de los neonatos, pacientes hospitalizados e inmunodeficientes; debiendo ser considerado como un indicador de eficiencia de la desinfección, y ser incluida su detección y cuantificación en los análisis de rutina. En resumen, la presencia de este microorganismo es un indicador de la calidad del agua ya que su resistencia al cloro es superior a la de otros microorganismos aislados del agua (Auge, 2007).

La importancia de *Pseudomonas* se tornó mayor cuando se comprobó su capacidad de inhibir los coliformes, siendo los indicadores de contaminación de agua más usados en el mundo, se corre un gran riesgo de consumir agua con índice de coliformes cero los cuales podrían estar inhibidos por *Pseudomonas*. Se ha comprobado que especies de los géneros *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Proteus*, *Bacillus*, *Actinomycetos* y levaduras son microorganismos que influyen en la detección del grupo coliforme ya que ejercen sobre éstos una acción inhibitoria.

Estudios efectuados por Roberts, NC y colaboradores (1982) reportaron que especies del género *Pseudomonas* producen una sustancia denominada "Pseudocin" (PLS) que inhibe el crecimiento de *E. coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y *Klebsiella* sp. Por lo que se considera que aún cuando las aguas tratadas muestren estar libres de coliformes no se puede asegurar su potabilidad (Ontiveros, 1983). Le Chevallier (1985), encontró que especies de *Pseudomonas*, entre ellas *Pseudomonas aeruginosa* producen bacteriocinas con acción antibiótica frente a diversos coliformes como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter agglomerans* (Epa, 2014).

Asimismo, Contreras realizó un estudio comparativo para evaluar el establecimiento poblacional de *Pseudomonas aeruginosa* y Coliformes fecales en agua de consumo humano, encontrando que al aumentar la proporción entre *Pseudomonas aeruginosa* y Coliformes fecales, éstos últimos disminuyen, demostrando que los catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* (piocinas) tienen efecto bactericida sobre coliformes, principalmente *Escherichia Coli*.

Wheater y colaboradores investigando *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, en aguas dulces, residuales domésticas y de hospital encontraron que en excretas de diferentes animales no se encontró *Pseudomonas aeruginosa*, pero si en las excretas humanas, lo que demuestra que este organismo se encuentra relacionado con efluentes de fuentes humanas y confirman el punto de vista de Cabelli, Kenedy y Levin (1976) de que cuentas de *E. coli* mayores a 1000/100 mL. Con ausencia de *Pseudomonas aeruginosa* sugieren que la fuente de contaminación fecal es de tipo animal más que humana.

Robertson evaluando *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* y *Vibrio parahemolyticus* llegó a la conclusión de que *Pseudomonas aeruginosa* es un indicador complementario a coliformes totales y fecales en aguas, además de estar más asociado, en comparación con los coliformes, a residuos fecales humanos más que de animales (Guevara, 2006)

De Vicente estudiando la relación entre *Pseudomonas aeruginosa* y coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en playas marinas de Málaga, España, llegó a la conclusión de que los residuos domésticos son una mayor fuente de *Pseudomonas aeruginosa* habiendo una relación directa entre la densidad de *Pseudomonas aeruginosa* en los residuos domésticos y la densidad de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en las aguas de río y mar, contaminadas por dichos residuos.

En Canadá, bacteriólogos que tradicionalmente utilizaban coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales como indicadores bacteriológicos de calidad del agua, comenzaron a determinar otros microorganismos tales como *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans* para poder garantizar la calidad microbiana.

En el Perú, en un estudio realizado por Torres se indica que la ausencia de bacterias coliformes en las muestras de agua de cisternas y tanques, no significan la ausencia de riesgo microbiológico, pudiéndose encontrar *Pseudomonas aeruginosa* como patógeno oportunista (Romero, 2008).

Los estreptococos son bacterias esféricas grampositivas que forman pares o cadenas durante el crecimiento. Algunos forman parte de la microbiota normal humana, otros se relacionan con importantes enfermedades humanas atribuibles a una sensibilización hacia ellos. La clasificación de los estreptococos se ha establecido tomando en consideración la morfología de la colonia las reacciones hemolíticas, la especificidad serológica (clasificación de Lancefield), las reacciones bioquímicas, la resistencia a factores físicos y químicos y finalmente a sus características ecológicas (Alvarez, 2010).

El grupo de los Enterococos es un subgrupo de los Estreptococos fecales e incluye a especies como *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. gallinarum* y *S. avium*. Los Enterococos son diferenciados de otros estreptococos fecales por su habilidad de crecer en medios con 6,5% de Cloruro de Sodio, a pH 9,6, a 10° C y a 45°C (APHA, 1995). Debido a su resistencia a estos factores que permiten un mayor tiempo de supervivencia (CABELLI et al, 1976) son considerados como indicadores de contaminación fecal antigua en contraste con la presencia de coliformes que indican contaminación fecal reciente.

El uso de Estreptococos fecales como indicadores de contaminación fecal del agua de consumo humano no es reciente. En 1928, Green luego de un estudio prolongado concluyó que *Streptococcus faecalis* tenía un mayor significado sanitario que *Escherichia coli*, Recientemente los estreptococos fecales han sido considerados como organismos de supervivencia superior a los coliformes en aguas. A puntos distantes de la fuente de contaminación, ellos fueron muchas veces los únicos indicadores de contaminación fecal.

Los estreptococos fecales han sido utilizados con los coliformes fecales para diferenciar la contaminación fecal del hombre de otros animales de sangre caliente La razón entre coliformes fecales (CF) y estreptococos fecales (EF) proveen información acerca de la fuente de contaminación. Un rango mayor de 4 es considerado indicativo de contaminación fecal humana, un rango menor a 0,7 sugiere contaminación por una fuente no humana (Epa, 2014).

Los estreptococos fecales rara vez se multiplican en agua contaminada y son más persistentes que E. coli y las bacterias coliformes. Además los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser utilizados para realizar controles sistemáticos después de la colocación de nuevas tuberías maestras o la reparación de los sistemas de distribución, así como para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales (Peña, 2007).

Cabelli et al (1982), llevaron a cabo una investigación epidemiológica de la calidad de agua y sus efectos a la salud en playas marinas. Muestras de agua fueron analizadas para determinar la presencia de coliformes, Enterococos, Pseudomonas aeruginosa y Clostridium perfringens, como posibles indicadores. Se demostró una correlación entre los niveles de Enterococos en el agua y una mayor incidencia en enfermedades gastrointestinales en nadadores de estas aguas.

Estudios realizados por Fleisher y col. (1993) en playas marinas y en agua dulce, demostraron que existe una relación matemática entre la densidad de Estreptococos fecales y la aparición de casos de gastroenteritis, no hallando asociación entre esta enfermedad y Coliformes fecales. Asimismo en Israel, analizando aguas marinas para la presencia de Escherichia coli, Enterococos y Coliformes fecales, concluyeron que es mayor el riesgo de contraer enfermedades entéricas en aguas con un alto nivel de Enterococos (Pardinas, 2006).

1.1.1. Propiedades fisicoquímicas

Sin duda alguna, el agua es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista fisicoquímico, hasta tal punto que sus temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos, a pesar de que su punto de congelación y ebullición sean anormales, debido a las asociaciones moleculares.

A temperatura ambiente, el agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de

onda larga (rojo, amarillo, naranja) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando lentamente estas otras, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables.

Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en la industria tienen lugar entre sustancias disueltas en agua.

El agua es una sustancia compuesta y no un elemento. Estos resultados fueron anunciados por Antoine - Laurent de Lavoisier (1743 – 1794) en la Academia Francesa en 1783, dando a conocer que el agua estaba formada por oxígeno e hidrógeno. En 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac (1778 – 1794) y el naturalista y geógrafo alemán Alexander von Humboldt (1769 – 1859) publicaron un documento científico que demostraba que el agua estaba formada por dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno (H₂O) (Cavendish, 1810).

Entre las moléculas de agua se establecen enlaces por puentes de hidrógeno debido a la formación de dipolos electrostáticos que se originan al situarse un átomo de hidrógeno entre dos átomos más electronegativos, en este caso de oxígeno. El oxígeno, al ser más electronegativo que el hidrógeno, atrae más los electrones compartidos en los enlaces covalentes con el hidrógeno, cargándose negativamente, mientras los átomos de hidrógeno se cargan positivamente, estableciéndose así dipolos eléctricos.

Los enlaces por puentes de hidrógeno son enlaces por fuerzas de van der Waals de gran magnitud, aunque son unas 20 veces más débiles que los enlaces covalentes, los enlaces por puentes de hidrógeno entre las moléculas del agua pura son responsables de la dilatación del agua al solidificarse, es decir, su disminución de densidad cuando se congela.

En estado sólido, las moléculas de agua se ordenan formando tetraedros, situándose en el centro de cada tetraedro un átomo de oxígeno y en los vértices dos átomos de hidrógeno de la misma molécula y otros dos átomos de hidrógeno de otras moléculas que se enlazan electrostáticamente por puentes de hidrógeno con el átomo de oxígeno.

El hielo representa seis formas alotrópicas, en las que una sola, el hielo ordinario, es más ligero que el agua sólida. Esta estructura cristalina es muy abierta y poco compacta, menos densa que en estado líquido. El agua tiene una densidad máxima de 1 g/cm^3 cuando está a una temperatura de $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$, característica especialmente importante en la naturaleza que hace posible el mantenimiento de la vida en medios acuáticos sometidos a condiciones exteriores de bajas temperaturas.

La dilatación del agua al solidificarse también tiene efectos importantes en los procesos geológicos de erosión. Al introducirse agua en grietas del suelo y congelarse posteriormente, se originan tensiones que rompen las rocas.

1.1.2. Características Físicas

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad;
- sólidos solubles e insolubles;
- color;
- olor y sabor;
- temperatura, y
- pH

1.1.3. Calidad del Agua

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (OMS, 1996).

1.2. CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANTÓN ZARUMA.

La ciudad de Zaruma se encuentra en la cabecera de la cuenca del Río Puyango, entre los ríos Calera y Amarillo, en el pie de la misma está la ciudad de Tumbes entre el río Tumbes y el Océano Pacífico.

El norte de la cordillera forma la cuenca del Río Jubones, en cuyo origen está la ciudad de Cuenca, a 2600 msnm y en su desembocadura la ciudad de Machala. El flanco sur de la cordillera forma la cuenca del río Catamayo y en el vértice sur oriental de ella se inicia la cuenca del río Zamora. En el origen de estas dos cuencas está la ciudad de Loja, a 2000 msnm EL flanco occidental de la Cordillera de Chilla define el borde de la planicie costera de Jambelí (Peña, 2007).

La planicie costera de Jambelí, las cuencas de los ríos Jubones y Catamayo y las ciudades de Tumbes, Cuenca y Loja, forman los bordes y los vértices de un triángulo en el centro del cual está la ciudad de Zaruma como núcleo de una región formado por el conjunto cordillerano de Chilla y la cuenca del río Puyango.

La región de Zaruma involucra pisos climáticos desde los 500 a los 3500 m.s.n.m. que incluyen: cimas, laderas, mesetas y valles de diversas

características biológicas, como resultado de una compleja orografía perfilada por flujos de agua y de viento, con distintas intensidades y direcciones.

El Cantón está regado por un sistema hidrográfico cuyos principales componentes son: en el sector oriental y como límite del Cantón se encuentra el Río Calera, que tiene como tributario y origen el Río Salado, y las quebradas Arcapamba, Santa Bárbara, Cascajo y Zaruma Urcu entre otras.

En el sector occidental se encuentran los Ríos Ortega y Salvias que son los tributarios que conforman el Río Amarillo. Las principales quebradas tributarias son: Quebrada Honda, Sinsao, Quebrada de la Máquina, Loma Larga, Las Chontas, entre otras (Agentes Forestales de Extremadura, 2003) .

1.3. AGUAS SUPERFICIALES.

Son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, y océanos.

Para propósitos regulatorios, suele definirse al agua superficial como toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial. Una vez producida, el agua superficial sigue el camino que le ofrece menor resistencia. Una serie de arroyos, riachuelos, corrientes y ríos llevan el agua desde áreas con pendiente descendente hacia un curso de agua principal.

La calidad del agua está fuertemente influenciada por el punto de la cuenca en que se desvía para su uso. La calidad de corrientes, ríos y arroyos, varía de acuerdo a los caudales estacionales y puede cambiar significativamente a causa de las precipitaciones y derrames accidentales. Los lagos, reservorios, embalses y lagunas presentan en general, menor cantidad de sedimentos que los ríos, sin embargo están sujetos a mayores impactos desde el punto de vista de actividad microbiológica (Ibídem, 2003).

1.3.1. Tipos de Aguas Superficiales

Se pueden distinguir dos tipos de aguas superficiales.

1.3.1.1. Aguas loticas o corrientes

Son las masas de agua que se mueven siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos.

1.3.1.2. Aguas lenticas

Se denominan aguas lenticas a la interiores quietas o estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos

Desde otro punto de vista pueden clasificarse en:

1.3.1.3. Artificiales o muy modificadas

Las aguas superficiales pueden clasificarse como artificiales, (una masa de agua superficial creada por la actividad humana) o muy modificadas, (se trata de una masa de agua superficial que, como consecuencia de alteraciones físicas producidas por la actividad humana, ha experimentado un cambio sustancial en su naturaleza).

En estos casos las aguas superficiales se ven involucradas en alguno de los siguientes casos:

- Se han producido cambios importantes en las características hidromorfológicas de la masa de agua. Esto se produce cuando se construyen obras destinadas a la navegación, instalaciones portuarias o actividades recreativas, suministro de agua potable, producción de energía o riego, regulación del agua, protección contra inundaciones, drenaje de terrenos u otras actividades de carácter económico o no (Agentes Forestales de Extremadura, 2003).

1.3.1.4. Aguas superficiales en estado natural

Se definen así las masas de agua superficial que no han sido modificadas por acciones antrópicas.

1.3.1.4.1. Clasificación de las aguas superficiales

La categorización de las masas de aguas superficiales tiene la finalidad de facilitar la gestión de cada una de ellas. Uno de los primeros pasos en la caracterización de cada cuenca hidrográfica es la diferenciación de las masas de agua superficial en:

Clase 1

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

Clase 2

- a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.
- b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

Clase 3

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto (Apha , 2005).

1.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

La Organización Mundial de la Salud, dio la siguiente definición de la polución del agua dulce:

“Debe considerarse que el agua esta polucionada cuando su composición o su estado, están alterados de tal modo que ya no reúne las condiciones para el uso a que se hubiera destinado en su estado natural”.

El agua se contamina por:

- Desechos provenientes de actividades domésticas.
- Fecalismo a cielo abierto.
- Extracción de minerales de forma artesanal.
- Sustancias formadas en la atmósfera como resultado de la reacción de los gases por la combustión de los mismos, que al reaccionar con el agua de la atmósfera, luego se precipitan bajo la forma de lluvias (Barbor, 2010).

1.4.1 El Agua Tiene una Capacidad Limitada de Autodepuración.

En el agua existen microorganismos llamados reductores capaces de degradar o descomponer pequeñas cantidades de desperdicios y purificarla en corto tiempo.

La vegetación acuática y el fitoplancton con la luz realizan la fotosíntesis y oxigenan el agua. Los seres vivos superiores acuáticos como los peces, al nadar mantienen el agua en movimiento facilitando su mezcla con el oxígeno ambiental.

El viento mueve las capas superficiales de las masas de agua permitiendo su oxigenación (Moreta, 2008).

1.4.2 Causas de la contaminación del agua:

- Los desechos de las casas y las aguas servidas, que se arrojan a los ríos y riachuelos, son causa del cultivo para microorganismos que causan la putrefacción del agua.
- Los productos químicos utilizados en la agricultura, fungicidas, insecticidas, abonos químicos que alteran la composición química del agua.
- Al lavar los establos, el agua arrastra abundante materia orgánica que al descomponerse y podrirse daña el agua desprendiendo olores desagradables.
- Al lavar la ropa, el agua se altera con los residuos del jabón y detergentes.
- El agua de los lavaderos de carros arrastra grasas, aceites, restos de combustibles.

El agua contaminada atenta contra la salud del ser humano y contra toda forma de vida. En el agua contaminada proliferan toda clase de bacterias, amebas, hongos, áscaris y lombrices intestinales, si el ser humano bebe esta agua se expone a adquirir enfermedades tales como hepatitis, gastroenteritis, cólera, tifoidea, poliomielitis (Pardinas, 2006).

1.5 POTABILIZACIÓN DEL AGUA.

Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales. Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en un stripping de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. En algunas zonas se construían y construyen cisternas que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y sin luz, la que favorecería el desarrollo de algas.

En Europa se calcula con un gasto medio por habitante de entre 150 y 200 litros de agua potable al día aunque se consumen como bebida tan sólo entre 2 y 3 litros. En muchos países el agua potable es un bien cada vez más escaso y se teme que puedan generarse conflictos bélicos por la posesión de sus fuentes. De acuerdo con datos suministrados por el Banco Mundial, el 45% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable.

En otras fuentes se habla de mil millones de personas sin acceso al servicio, en tanto dos mil quinientos millones no cuentan con servicio de purificación. En los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo (Romero, 2008).

La purificación del agua para pueblos y ciudades es un problema práctico para el Bioquímico, los métodos adoptados varían con las condiciones locales, para la eliminación de gérmenes y bacterias se agrega al agua pequeñas dosis de oxidantes como cloro, ozono, etc. Un buen método de purificación y desinfección del agua contribuye a la existencia de una población sana.

Por lo descrito antes de que llegue el agua a nuestros hogares, es necesaria que sea tratada en una planta potabilizadora. En estas plantas el agua se limpia y se trata hasta que esté en condiciones de ser consumida.

Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestras casas a través de una red de tuberías que llamamos red de distribución o de abastecimiento (Quezada, 2006).

1.5.1 Tratamiento que Recibe el Agua en la Planta Potabilizadora.

Para que el agua que es captada en embalses, lagos, etc., sea apta para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este tratamiento se llama potabilización y se realiza en una planta potabilizadora. Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización, aunque en todos ellos se realizan las siguientes fases o etapas:

1.5.1.1 Pre cloración y Floculación

Después de un filtrado inicial para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño. Se añade cloro (para eliminar los microorganismos del agua) y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando flóculos o copos.

1.5.1.2 Decantación

En esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas que se encuentran en el agua.

1.5.1.3 Filtración

Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la arena y otras partículas que aun que pudieran quedar eliminando a la vez la turbidez del agua.

1.5.1.4 Cloración y envío a la red

Para eliminar los organismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red (Quezada, 2006).

1.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO APLICADOS AL AGUA POTABLE

1.6.1 Análisis Físico del Agua.

1.6.1.1 PH del Agua.

La medición del pH del agua de riego y de la solución del suelo tiene gran importancia, y realmente puede determinar el éxito o el fracaso de la cosecha. El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H) en el agua. Se define como $-\log (H^+)$. será el valor del pH. La escala del pH va desde 0 a

14 donde: El agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de H^+); El agua con un pH superior a 7 se considera básica (menor concentración de iones de H^+); El agua con un pH de 7,0 se considera neutral.

1.6.1.2 Temperatura del Agua

La temperatura de la superficie del mar (TSM, o SST en inglés) es la temperatura en la superficie. En términos prácticos, el significado exacto de "superficie" variará de acuerdo al método de medida usado.

Un satélite radiométrico "ve" un mapa de temperatura representando el milímetro superior; un termómetro en el océano, "vería" aproximadamente la capa superior de 1 metro; las medidas hechas rutinariamente desde los barcos se hacen del agua que entra en el motor, y que puede estar a 5 metros bajo la superficie (EPA 2007).

1.6.2 Análisis Químico

1.6.2.1 Cloruros en Agua

1.6.2.1.1 El método de Mohr. Descripción general y fuentes de error.

El método de determinación de cloruros que hoy denominamos método de Mohr fue establecido por Karl Friedrich Mohr en 1856 (Mohr y Chem, 1856). De la lectura del procedimiento general en las fuentes bibliográficas más antiguas que he podido consultar, se puede inferir que en origen se trata de un método que permite determinar la cantidad de cloruros solubles en muestras sólidas.

Los textos más modernos (ya sí establecen versiones del método adaptadas al análisis de aguas. No obstante y sobre este aspecto, decir que no se ha realizado un verdadero estudio bibliográfico que, por otra parte, se aleja de las pretensiones de este trabajo.

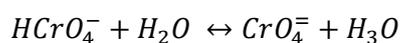
En volumetría que se engloba en las llamadas argentometrías. Son procedimientos de titulación que se basan en la formación de una sal de plata relativamente insoluble.

Para ello se procede a la valoración de la muestra con una disolución contrastada de nitrato de plata que conlleva (en nuestro caso) a la formación de cloruro de plata, un precipitado blanco insoluble.

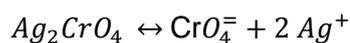
El punto final de la valoración de cloruros con nitrato de plata puede ser establecido de diferentes maneras cada una de las cuales da lugar a un método distinto. Entre los métodos oficiales de análisis tenemos el procedimiento potenciométrico y el método de Mohr. El procedimiento potenciométrico permite establecer el punto final midiendo el potencial que se desarrolla en la disolución mediante una combinación apropiada de electrodos.

El método de Mohr, que más adelante será establecido con mayor detalle, se basa en añadir a la disolución a valorar una pequeña cantidad de cromato de potasio, estableciéndose el punto final de la valoración cuando aparezca en la disolución un precipitado rojo de cromato de plata, sustancia que empieza a precipitar cuando prácticamente todo el cloruro ya ha precipitado como cloruro de plata (Nielsen, 2003).

Todo lo que aumente la solubilidad de la sustancia indicadora del punto final, el cromato de plata, disminuye la sensibilidad del método. Uno de los factores a controlar es el pH. Si la disolución a valorar es ácida, aunque sea ligeramente, la concentración de hidrogeniones puede hacer que el equilibrio correspondiente a la segunda ionización del ácido crómico.



Se desplace hacia la izquierda con la consiguiente disminución de la concentración de cromato en disolución y, en consecuencia, la disolución del precipitado de cromato de plata por desplazamiento a la derecha del equilibrio

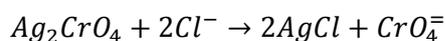


En efecto, el valor de pK_2 para el ácido crómico es 6,488, por lo que un pH ligeramente ácido influye. Por otra parte, si la disolución a valorar es muy alcalina se favorece la precipitación de hidróxido de plata antes que la precipitación del cromato de plata. En definitiva, el pH de la disolución a valorar debe estar controlado y mantenerse en unos valores que van desde 7 a 10.

También es evidente que el método de Mohr no se puede utilizar como tal si en la disolución a valorar hay otro anión, además del cloruro, que precipite con plata. Interfieren por tanto, entre otros, los aniones bromuro, ioduro, cianuro, sulfuro y fosfato. En cuanto a los metales, el hierro interfiere si su concentración es superior a 10 mg/L pues enmascara el punto final.

Dado que estos aniones, además del hierro, son sustancias que no deben estar presentes en niveles apreciables en aguas dedicadas al consumo humano, en este trabajo se da por hecho que las muestras analizadas no contenían estas especies (por ejemplo, el hierro no debe estar en cantidades superiores a 0,2 mg/L en aguas aptas para el consumo).

Otra fuente de error se debe al hecho de que el precipitado de cromato de plata se forma el primero, cuando la gota de nitrato de plata toca la disolución. La reacción de la plata con los cloruros es más lenta y es necesario recurrir durante la valoración al desplazamiento.



Es decir, a la redisolución del precipitado de cromato de plata para que precipite el cloruro. Esto se consigue con una agitación continuada durante la valoración y después de haber establecido el punto final, para asegurarse así que el color rojizo del cromato de plata es permanente.

1.6.2.2 Salinidad del Agua

La salinidad es la medida más comúnmente usada de la salobridad del agua de mar y se define como el número total de gramos de sales inorgánicas disueltas en 1 Kg de agua de mar (Cl).

La salinidad promedio del agua de mar es 35‰ lo que es equivalente a 35 g de sales en 1 Kg de agua de mar. El símbolo ppm se lee "partes por mil" o "g/1000g" o "g/kg".

En la práctica, la salinidad es difícil de medir. Sin embargo, el descubrimiento de la constancia en la proporcionalidad de los elementos mayores realizado por Marcet ayudó a superar esta dificultad. Esta observación, que se denomina "principio de Marcet" o "la regla de las proporciones constantes" postula que "independientemente de que la salinidad pueda variar de un lugar a otro, los elementos mayores del agua de mar en océano abierto, se encuentran en proporciones constantes entre sí".

Por lo tanto, la determinación de la salinidad se podría hacer a través de la medición química de su componente más importante, el cloruro. De esta manera, en términos generales, se definió la clorinidad como la cantidad total en gramos de iones cloruros más los bromuros y yoduros transformados en sus equivalentes químicos de cloruro, contenidos en un kilogramo de agua de mar (Cl).

La salinidad, en sus inicios, fue definida como la cantidad total en gramos de sales disueltas contenidas en un kilogramo de agua de mar, si todos los carbonatos se convierten en óxidos, todos los bromuros y los yoduros en cloruros, y todas las sustancias orgánicas se oxidan. Hacia 1902, la relación entre la salinidad y la clorinidad se determinó de la siguiente manera:

$$S = 0,03 + 1,805 \text{ Cl}$$

Durante la década de los años 60 se ajustó la relación entre la clorinidad y la salinidad, la cual quedó dada por la relación:

$$S = 1,80655 \text{ Cl}$$

En 1978, cuando las técnicas físicas para determinar la salinidad a partir de medidas de conductividad eléctrica y temperatura se desarrollaron, la definición de la salinidad se revisó de nuevo. La "Escala Práctica de Salinidad" define a la salinidad en términos de una relación entre conductividades de una muestra de agua de mar normal y la de un agua de mar de 35 g de sal por kilogramo de agua de mar.

La salinidad práctica es una razón y por lo tanto no tiene unidades, pero se suele utilizar la denominación "psu" que en castellano significa "unidad práctica de salinidad" (Castro, Mascareñas, R., & Collins, 2000).

1.6.2.3 Determinación de Fosfatos en Aguas por Espectrofotometría

El método propuesto para determinar fosfatos se basa en la formación de un heteropoliácido con el reactivo vanado-molíbdeno (de color amarillo y soluble en agua) cuya absorción de luz se mide a 420 nm. Para el ortofosfato, la formación de este complejo tiene lugar según la reacción:

El fosfato inorgánico puede crearse por hidrólisis del pirofosfato (PP_i):



En esta identificación interfieren concentraciones apreciables de Fe (III), silicato y arseniato, entre otras especies. Es decir, estas especies absorben luz a la longitud de onda utilizada (420 nm, absorción del P (VMo11O40) 3-). Para eliminar dicha interferencia se preparará un blanco (sin fosfato) cuya absorbancia se restará de la del resto de las muestras.

Adicionalmente, es posible que la absorbancia del complejo se vea afectada por efectos de matriz. La matriz puede potenciar o atenuar la absorbancia de luz por

efecto, aplicaremos el método de adiciones estándar, que consiste en la adición de cantidades crecientes del analito de interés (fosfato en nuestro caso) a una cantidad fija de muestra.

Este procedimiento resulta más efectivo que un calibrado externo (recta de calibrado con disoluciones patrón) cuando la matriz interfiere en la detección. En esta práctica estudiaremos la importancia de los efectos de matriz, determinando la concentración de fosfato mediante ambos métodos y comparando los resultados.

1.6.2.4 Espectrofotometría

La espectrofotometría es una de las técnicas experimentales más utilizadas para la detección específica de moléculas de distinta naturaleza (contaminantes, biomoléculas, etc.) y estado de agregación (sólido, líquido, gas). El fundamento físico-químico de la espectrofotometría está relacionado con la capacidad de las moléculas de absorber energía luminosa y almacenarla en forma de energía interna. Esto permite que se inicien ciclos vitales de muchos organismos, entre ellos el de la fotosíntesis en plantas y bacterias (Harris, 2001).

1.6.2.5. Hierro en Agua

Las muestras que contienen material particulado o materia orgánica, generalmente requieren pre tratamiento antes del análisis espectroscópico. Éstas se deben someter a un pre tratamiento previo de digestión, para liberar todo el hierro presente, que puede estar formando parte de la materia suspendida o coloidal. Para muestras de agua potable, transparentes, incoloras e inodoras, con turbiedad < 1 UNT, puede obviarse el pre- tratamiento de digestión para analizar por EAA con lectura directa. Para esta condición, luego que la muestra se recolecta, se acidifica a pH (SSSDF, 2007).

La adición de solución 1,10 - fenantrolina a una porción de ensayo y medición fotométrica del complejo naranja - rojo en una longitud de onda de unos 510 nm. Si determina hierro total o hierro soluble total, se añade cloruro de hidroxilamonio

para reducir el hierro (III) a hierro (II). Si están presentes hierro disuelto, óxido de hierro o complejo de hierro, es necesario un pre tratamiento para llevar los compuestos a solución. El hierro complejo (II) - 1,10-fenantrolina es estable en el intervalo de pH de 2,5 a 9 y la intensidad del color es proporcional a la cantidad de hierro (II) presente. La relación entre la concentración y la absorbancia es lineal hasta una concentración de 5,0 mg de hierro por l. Absorbancia máxima se produce en alrededor de 510 nm [coeficiente de absorción molar $1 \times 10^4 \text{ l} / (\text{mol} \cdot \text{cm})$] (INEN, 2013).

1.6.3. Análisis Microbiológicos del Agua

Se puede definir el análisis microbiológico como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua.

1.6.3.1. Coliformes fecales

El grupo coliforme es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que el grupo coliforme se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; conforme mayor sea el número de coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente.

Fundamento.- La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 h., utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares.

Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa. En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono.

Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante. La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h.

La búsqueda de *Escherichia coli* se realiza a partir de los tubos positivos de caldo EC, los cuales se siembran por agotamiento en medios selectivos y diferenciales (Agar Mac Conkey, Agar eosina azul de metileno) y posteriormente realizando las pruebas bioquímicas básicas (IMViC) a las colonias típicas (Camacho, y otros, 2009).

Relevancia de su presencia en el agua de consumo

Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una re proliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas (Ashbolt, Grabow, & Snozzi, 2001).

1.6.3.2. Cryptosporidium en Agua

Los coccidios del género *Cryptosporidium* son parásitos intracelulares obligados con un ciclo biológico complejo, que incluye la reproducción sexual y asexual. Produce ooquistes de pared gruesa de 4 a 6 Pm de diámetro que se eliminan por las heces. El género *Cryptosporidium* está compuesto por unas ocho especies. *C.parvum* es la responsable de la mayoría de las infecciones en el ser humano, aunque otras especies también pueden causar enfermedades.

Cryptosporidium es uno de los mejores ejemplos de microorganismo causante de una «enfermedad emergente». Hasta 1976 no se descubrió que infectaba a las personas y la transmisión por el agua se confirmó por vez primera en 1984.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo.- La función del agua de consumo en la transmisión de Cryptosporidium está bien documentada, también en brotes epidémicos grandes. Por lo tanto, es importante prestar atención a estos organismos. Los ooquistes son extremadamente resistentes a desinfectantes oxidantes como el cloro, pero investigaciones basadas en pruebas de infectividad han demostrado que la irradiación con luz ultravioleta inactiva los ooquistes.

En un PSA, las medidas de control orientadas a reducir el riesgo potencial derivado del Cryptosporidium deben centrarse en la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos y procedentes del ganado, el tratamiento adecuado del agua y la protección durante su distribución. Debido a su tamaño relativamente pequeño, la eliminación de los ooquistes mediante procesos de filtración con medios granulares es problemática; sólo con sistemas bien diseñados y gestionados puede conseguirse una eliminación aceptable.

Los procesos de filtración de membrana que proporcionan una barrera física directa pueden constituir una alternativa viable para la eliminación eficaz de ooquistes de Cryptosporidium. Dada la excepcional resistencia de los ooquistes a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) como índice de la presencia o ausencia de ooquistes de Cryptosporidium en los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (OMS, 2002).

1.6.3.3. Giardia en Agua

El género *Giardia* está formado por protozoos flagelados que parasitan el aparato digestivo del ser humano y de ciertos animales. El género *Giardia* comprende diversas especies, pero la infección que afecta a las personas (*giardiasis*) suele atribuirse a la especie *G. intestinalis*, también conocida como

G. lamblia o G. duodenales. El ciclo biológico de Giardia es relativamente sencillo: comprende un trofozoíto flagelado que se reproduce en el aparato digestivo y un quiste infeccioso de pared gruesa que se elimina de forma intermitente, pero en grandes cantidades, en las heces. Los trofozoítos presentan simetría bilateral y tienen forma elipsoidal. Los quistes son ovoides y su diámetro es de 8 a 12 Pm

Relevancia de su presencia en el agua de consumo

Se han relacionado brotes de giardiasis transmitida por el agua con sistemas de abastecimiento de agua de consumo durante más de 30 años; en cierta etapa, Giardia fue la causa identificada más frecuente de brotes transmitidos por el agua en los EE. UU. Los quistes de Giardia son más resistentes a los desinfectantes oxidativos, como el cloro, que las bacterias entéricas, pero no tanto como los ooquistes de Cryptosporidium.

Se necesitan de 25 a 30 min para inactivar el 90% de los microorganismos en agua con una concentración residual de cloro libre de 1 mg/l. En un PSA, pueden aplicarse como medidas de control para gestionar el riesgo potencial derivado de Giardia la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos y animales, su posterior tratamiento y desinfección adecuada, y la protección del agua durante su distribución.

Dada la resistencia de los quistes a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de E. coli (o bien de coliformes termotolerantes) como índice de la presencia o ausencia de Giardia en sistemas de abastecimiento de agua de consumo (OMS, 2002).

2 METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se la realizo en las parroquias: Huertas, Muluncay y Arcapamba, pertenecientes al cantón Zaruma, situadas en ubicado en la parte sur-oriental de la Provincia de El Oro. Se encuentra a una altitud de 1.200 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la provincia del Azuay, al sur con el cantón Piñas, al este con el cantón Portovelo y al oeste con los cantones Chilla y Atahualpa.

Coordenadas

Latitud a 3°41 sur

Longitud 79°36 occidental

Figura 2. Mapa político del cantón Zaruma



Fuente: (Peña, 2007).

2.1.1. Tipo de Investigación (Descriptiva)

El presente estudio fue de carácter descriptivo en el cual se estudió las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de las cuencas hidrográficas que abastecen las planta de potabilización del aguas de las parroquias Huertas, Muluncay y Arcapamba, por otro lado se aplicó observación directa para determinar los principales factores responsables de la contaminación de estas cuencas.

2.2. MUESTREO

Para la realización de la toma de muestras de agua se toman unas cuatro muestras por cada punto a ser evaluado, cada una de ellas consta de una mezcla de varias muestras a diferentes horas (07 h00 – 12h00 – 17h00 – 20 h00).

2.3. Métodos De Nivel Teórico:

2.3.1. Histórico-Lógico

Para determinar la evolución contaminación de las cuencas de agua en el proceso de potabilización.

2.3.2. Analítico-Sintético

Para la caracterización del correcto uso de proceso de potabilización, así como la información obtenida con los métodos empíricos utilizados.

2.3.3. Inductivo-Deductivo

Para la propia caracterización del objeto y campo y para la interpretación de los datos recogidos en la muestras.

2.3.4. Hipotético-Deductivo

Durante el transcurso de toda la investigación.

2.3.5. Abstracción-concreción

Durante el estudio de mi situación problemática y para la caracterización del objeto y campo.

2.3.6. Método de modelación icónico

El correcto proceso de potabilización para las pruebas de laboratorio.

2.3.7. Método Sistémico

Para el proceso de potabilización.

2.3.8. Método Profesional

Para la caracterización del campo, fundamentación teórica de mi objeto y el respectivo proceso de potabilización de agua.

2.4. MATERIALES Y REACTIVOS A UTILIZAR

2.4.1. Materiales

- Caja Petri estándar
- Tubos de ensayo
- Lámpara de alcohol
- Tubo de vidrio esmerilado
- Pipeta.
- Gradillas.
- Incubadora.
- Esterilizador.
- Microscopio.
- Calentadores.

2.4.2. Reactivos

- Medios de cultivo.
- Caldo lactosado.
- Caldo EC.
- Caldo Bilis verde brillante
- Agar EMB.

3. RESULTADOS

3.1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA DE LAS PARROQUIAS DE HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA.

El factor más importante de contaminación del agua son las actividades antropogénicas como la remoción de tierra que genera la minería, la cual deja expuesto el suelo a la erosión, aumentando de esta manera la turbiedad del agua especialmente cuando existen precipitaciones. A continuación en el cuadro 1 se muestra los factores que inciden en la contaminación de las cuencas hidrográficas de las parroquias: Huertas, Muluncay y Arcapamba.

Cuadro 1. Factores que inciden en la contaminación del agua

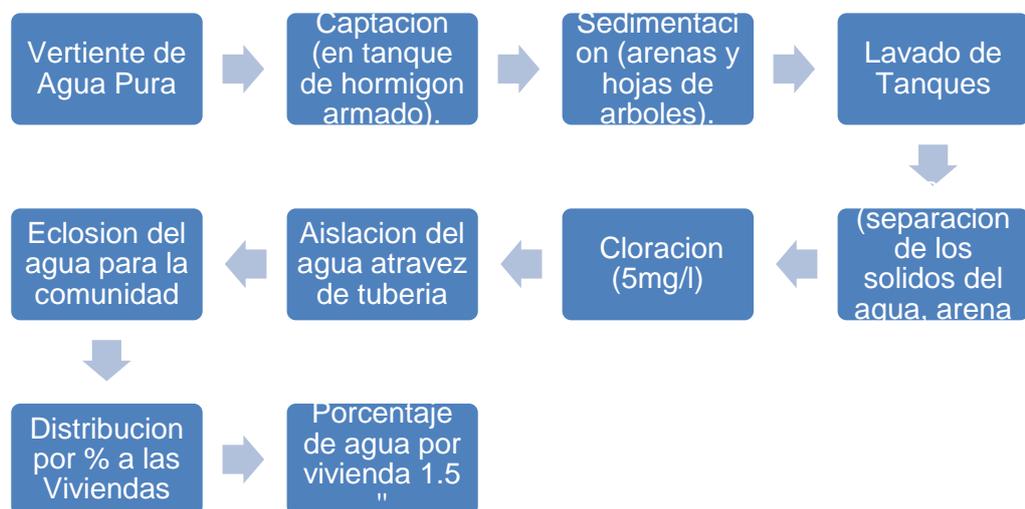
FACTORES	INADECUADO	ADECUADO	OBSERVACIONES
Desechos mineros	Si	No	Deposición inadecuada relaves mineros
Aguas residuales	Si	No	Falta de tratamiento de las aguas residuales No existe alcantarillado sanitario en las periferias de la parroquia
Ineficiente proceso de potabilización	Si	No	Deficiente sistema de potabilización del agua
Sistema de distribución de agua	Si	No	Sistema antiguo con varias rupturas
Falta de programas básicos de cuidado de las cuencas hidrográficas	Si	No	Concientizar a la población sobre no contaminar el agua

Fuente: Blacio, 2015

Como se puede apreciar en el cuadro 1 existen 5 factores principales que son los responsables de la contaminación física, química y biológica del agua que es utilizada para el consumo humano, la más importante son los desechos mineros que son depositados en lugares inadecuados para su deposición y por efectos de las lluvias son arrastrados hasta las cuencas hidrográficas del sector, generando de esta manera contaminación de carácter fisicoquímico.

3.2 CARACTERIZACIÓN GNOSEOLÓGICA Y METODOLÓGICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de potabilización del agua



*LMP: Límite máximo permisible

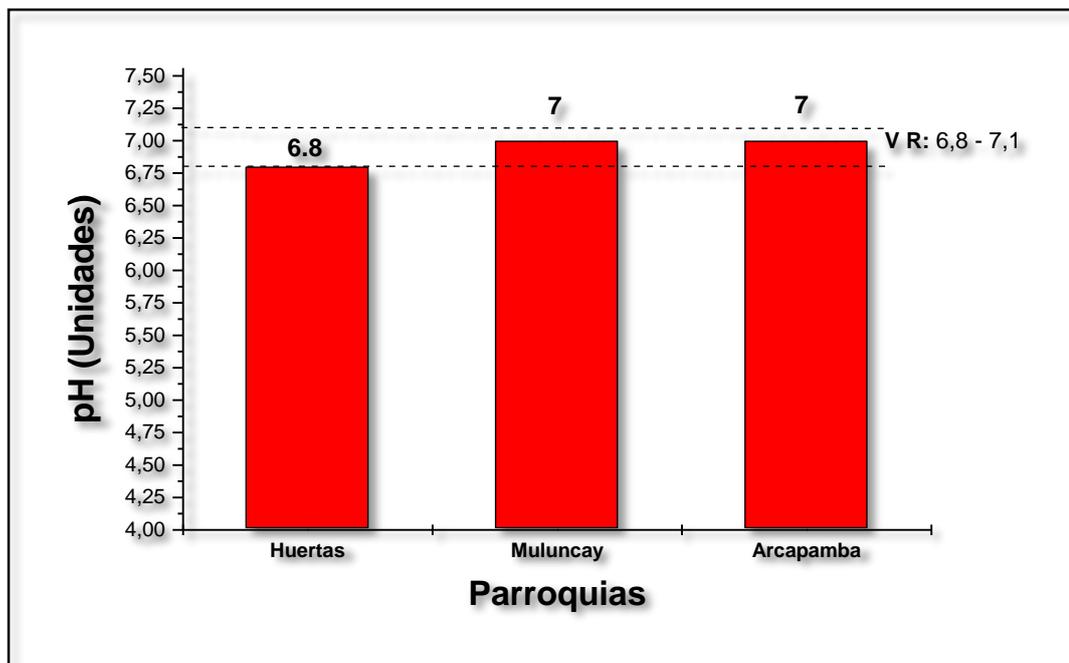
Fuente: Blacio, 2015.

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo propuesto para el sistema de potabilización de agua para las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, parroquias provista de una vertiente de agua el cual consiste en la captación, sedimentación, lavado de tanques, filtración, cloración, aislación, eclosión para la comunidad, distribución y finalmente el % para las viviendas en cantidades iguales la cual brinda la potabilización del agua ya que este es el procedimiento para lo cual las suministro de agua a la población de estas tres parroquias antes mencionadas ya que es líquido vital que no cumple con los requisitos establecidos por la norma INEN1108; 2014.

3.3 VALORACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS CUENCAS DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LAS PARROQUIAS: HUERTAS, MULUNCAY Y ARCAPAMBA

Mediante la realización de análisis fisicoquímicos del agua se estableció el pH de las cuencas que alimentan el sistema de potabilización de estas tres parroquias en estudio. A continuación en la figura 2 se muestran los análisis de pH del agua.

Figura 2. Valores de pH de las aguas de las hidrográficas de las tres parroquias en estudio



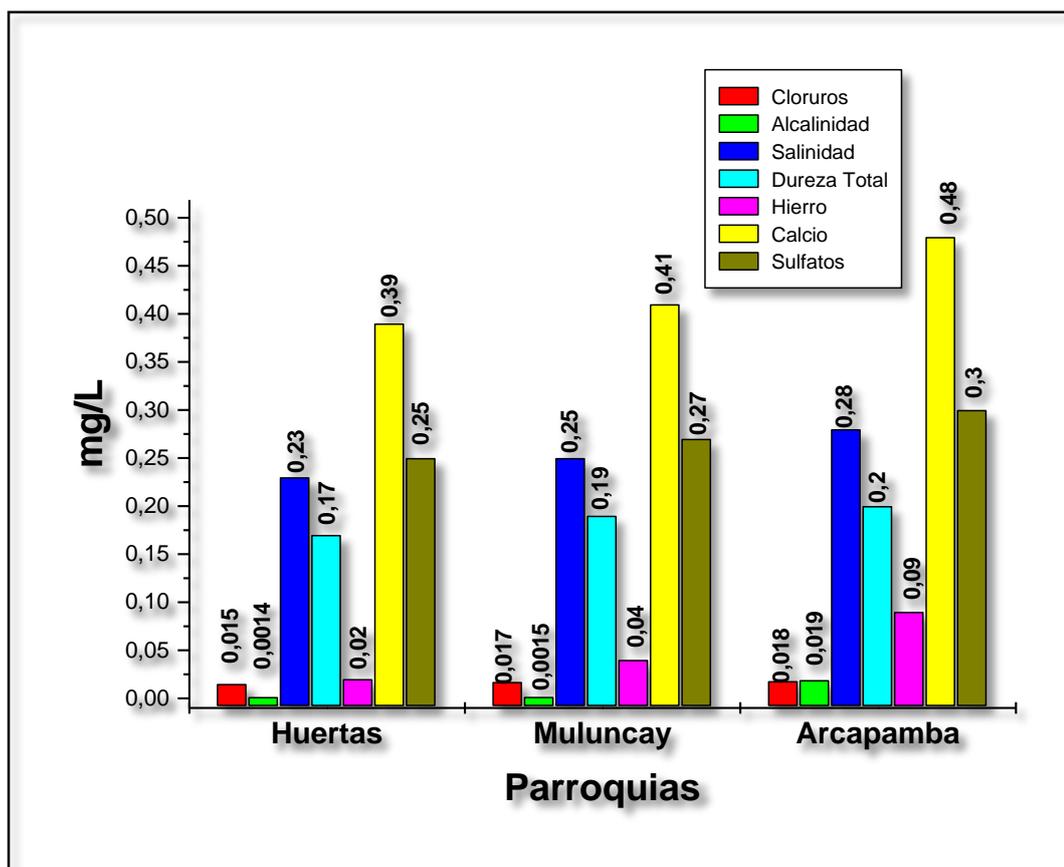
pH medido a 24 °C

Fuente: Blacio, 2015.

En la figura 2 se puede apreciar que el agua que alimenta los sistemas de potabilización de agua para Huertas, Muluncay y Arcapamba, se encuentran dentro de los valores de pH establecidos para el agua potable (EPA, 2014).

A continuación en la figura 3 se muestran los resultados de los análisis químicos realizados a las cuencas de agua de la parroquia Huertas, Muluncay y Arcapamba.

Figura 3. Composición química del agua de las cuencas hidrográficas de Huertas, Muluncay y Arcapamba

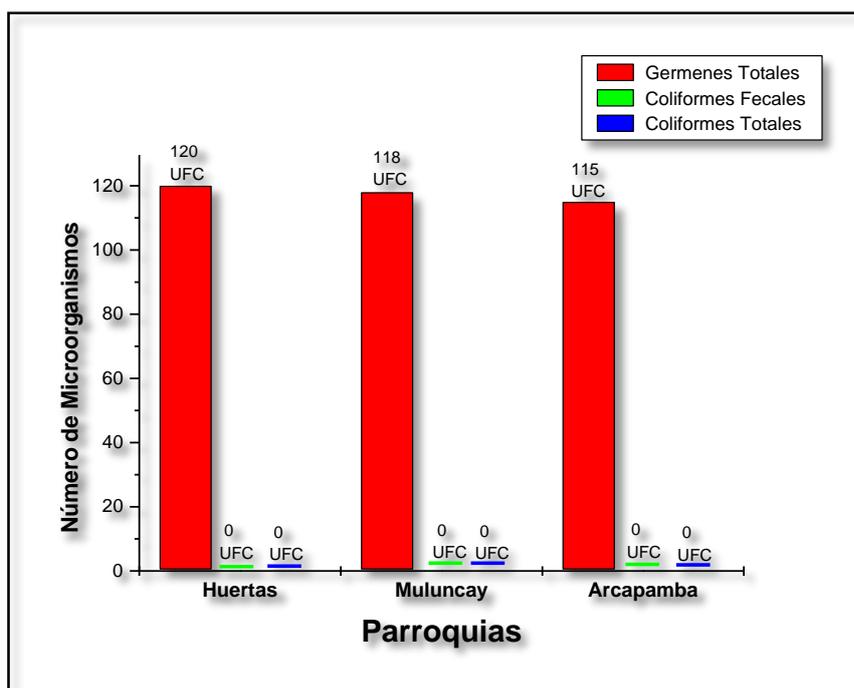


Fuente: Blacio, 2015.

Como se puede observar en la figura 3, si existe presencia de contaminantes de origen químico que se encuentran en forma de trazas (<50 ppm) pero no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Norma INEN 1108: 2014.

A continuación en la figura 4 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos del agua de las cuencas que alimentan el sistema de distribución de agua de las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba.

Figura 4. Análisis microbiológicos del agua de las cuencas en las Parroquias Huertas, Muluncay y Arcapamba.



Fuente: Blacio, 2015.

Como se puede ver en la figura 4, realizados en el laboratorio del IESS del Cantón Zaruma, si existe una cantidad significativa de gérmenes totales y ausencia de coliformes fecales y coliformes totales, encontrándose dentro de los límites máximos permisibles por la norma INEN 1108:2014 (INEN, 2014).

3.4 RECOMENDACIONES PARA UN CORRECTO SISTEMA DE POTABILIZACIÓN

La normativa técnica ecuatoriana ha establecido un conjunto de criterios básicos que permitan la implementación de plantas potabilizadoras de agua, en sistemas públicos de abastecimiento de agua potable, en el territorio ecuatoriano (INEN, 2012). A continuación se muestran las fases de implementación de un correcto sistema de potabilización de agua.

3.1.1. Fases de Implementación

A continuación en el cuadro 2 se muestran las principales recomendaciones que establece la norma INEN 2655, para el correcto sistema de potabilización de agua potable.

Cuadro 2. Recomendaciones para la implementación de un correcto sistema de potabilización de agua

Diseño	La caracterización y tratabilidad del agua cruda,
	Justificación técnica, económica, y ambiental de la alternativa propuesta del proceso de tratamiento
	Diseños definitivos
	Documentos de la propuesta técnica y económica del proveedor
Construcción	Se deben de cumplir con todos los requerimientos exigidos por la norma INEN 2655:2012. (Anexo 1).
Operaciones iniciales de transferencia tecnológica	El fabricante debe proveer el personal, dotación de insumos químicos, costos de energía y ejecución de todas las actividades necesarias para la instalación de la planta, efectuar las pruebas de funcionamiento.
	Entre las actividades iniciales se incluirá obligatoriamente la desinfección del sistema de tratamiento y en especial de los lechos filtrantes.
	El personal mínimo que el fabricante debe proveer a tiempo completo durante el período de prueba será el

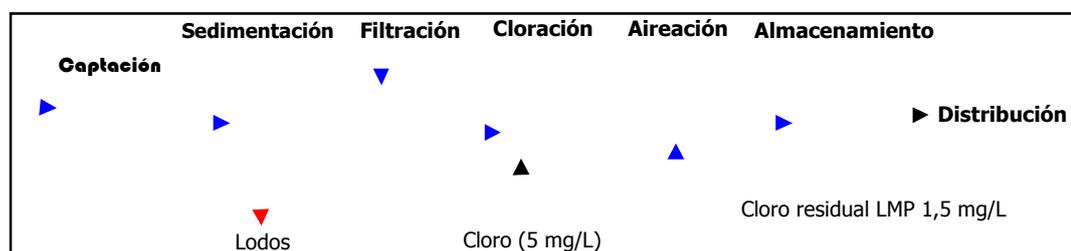
	siguiente: - Ingeniero químico o sanitario, encargado de procesos. - Laboratorista.
	Durante el período de prueba, se debe disponer todos los químicos requeridos para la operación de la planta de tratamiento y cubrir los costos de energía eléctrica.
	Las pruebas consisten en la comprobación minuciosa del adecuado funcionamiento de todos los equipos, procesos y en la ejecución de los ajustes, calibraciones y reparaciones necesarios para alcanzar tal objetivo.

Fuente: (INEN, 2012).

Como nos indica el cuadro 2 existe una normativa establecida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2655), para los sistemas de potabilización del agua, toda planta debe de seguir estas recomendaciones de diseño, construcción y operaciones tecnológicas para producir líquido vital apto para el consumo humano.

Para este proceso se necesitó tener el conocimiento técnico sobre las características que debe poseer el agua para consumo humano, tomando como referencia la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014. A continuación en la figura 1 se muestra la caracterización gnoseológica y metodológica propuesta para el sistema de potabilización de agua de las parroquias Huertas, Muluncay y Arcapamba.

Figura 5. Diagrama de flujo propuesto para el sistema de potabilización del agua



*LMP: Límite máximo permisible

Fuente: Blacio

, 2015.

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo propuesto para el sistema de potabilización de agua para las parroquias de Huertas, Muluncay y Arcapamba, parroquias provista de un rudimentario e ineficiente sistema de potabilización de agua el cual consiste en la captación, filtración y esporádica cloración, lo cual provee a la población de estas tres parroquias de líquido vital que no cumple con los requisitos establecidos por la norma INEN1108; 2014.

4. CONCLUSIONES

- Se determinó mediante la observación directa que existen 5 factores principales que son los responsables de la contaminación física, química y biológica del agua que es utilizada para el consumo humano, la más importante son los desechos mineros que son depositados en lugares inadecuados para su deposición y por efectos de las lluvias son arrastrados hasta las cuencas hidrográficas del sector, generando de esta manera contaminación de carácter fisicoquímico.
- Las parroquias de Huertas , Muluncay y Arcapamba parecen de sistemas de potabilización de agua y solo disponen de un sistema de almacenamiento y distribución por lo consiguiente se propone el diagrama de flujo básico para el sistema de potabilización de agua y de esta manera la población reciba líquido vital libre de contaminante de origen físico, químico y microbiológico
- Los análisis de laboratorio realizados en el IESS del Cantón Zaruma al agua muestran que existe presencia de contaminantes de origen químico que se encuentran en forma de trazas (<50 ppm) pero no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Norma INEN 1108: 2014.
- Para producir agua potable los sistemas de distribución de las parroquias Huertas, Muluncay y Arcapamba deben cumplir en con lo que establece el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2655), para los sistemas de potabilización del agua, las cuales están enfocadas en el diseño, construcción y operaciones tecnológicas para producir líquido vital apto para el consumo humano.

5. RECOMENDACIONES

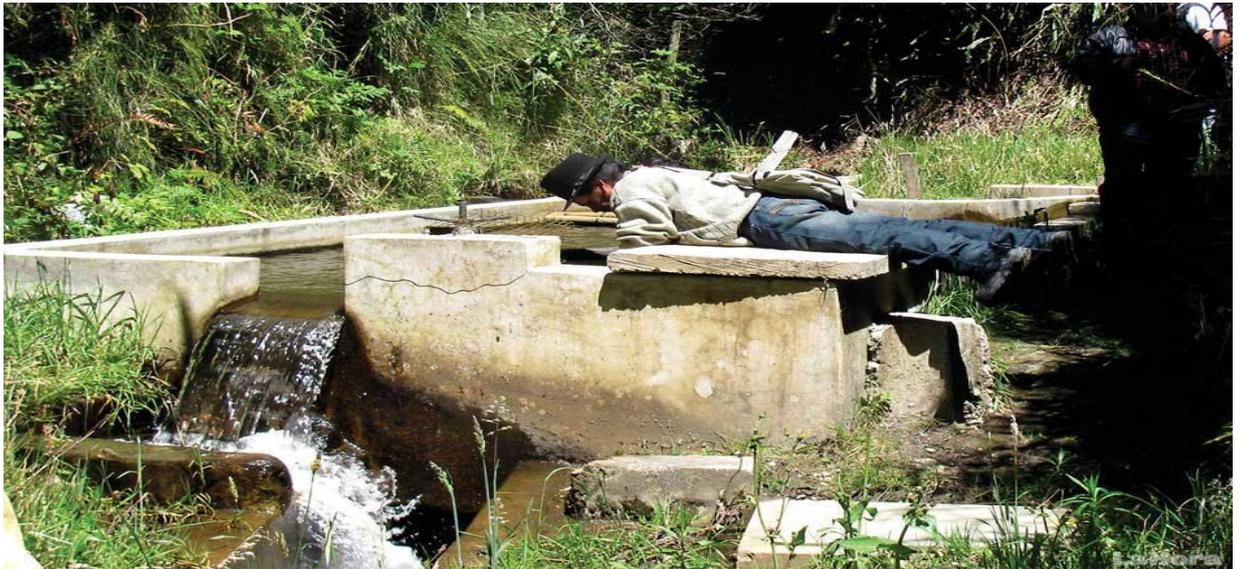
- Se recomienda que según los análisis de muestra de aguas residuales realizados en laboratorio así como también los estudios de suelos utilizados en el desarrollo del documento son confiables respecto a todos los parámetros, que se requieren de estos análisis; para un mejor diseño de una planta de tratamiento.
- Concluimos también que mediante los sondeos realizados para verificar posible desborde de quebrada, confirmamos que no será posible una inundación ya que debido a los fenómenos meteorológicos sufridos en nuestro país, la quebrada no muestra desbordamiento en sus paredes laterales, ni tampoco socavamiento; según inspección visual y entrevistas realizadas a los habitantes del lugar, ellos nos comentaron que las últimas crecidas de la quebrada no muestran mayor peligro de inundaciones en la zona, esto es posible debido a que posee pendientes pronunciadas el cual beneficia a la evacuación rápida de las agua pluviales de la región.
- Contar con un operador a tiempo completo durante el día para realizar las tareas de toma de datos, operación y mantenimiento de las aguas de estas parroquias, coordinando actividades que permitan el monitoreo y evaluación del sistema.
- Organizar talleres nacionales para mejorar la capacidad de respuesta de las comunidades en el aprovechamiento del agua. Los talleres deben incluir lo siguiente: entrenamiento de líderes comunales, promoción de la capacitación comunitaria en la protección de fuente, organización y capacitación de las mujeres para inculcar el uso racional del recurso a nivel del hogar.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Agentes Forestales de Extremadura. (2003). *El Agua*. (S. Edición, Ed.) Editorial MAD, S.L. ISBN: 84-665-2654-4.
2. Alvarez, M. (2010). El agua. *Ciencias naturales*.
3. Auge, G. (2007). Agua fuente de vida . Pág. 25.
4. Castro, R., Mascareñas, A., R. D., & Collins, C. (2000). Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 26 .
5. Cavendish, H. (1810). Composición del agua “el agua está compuesta por aire desflogistizado (oxígeno) unido al flogisto (hidrógeno)”. *Físico y químico británico*.
6. CIA. (2008). The world face book .
7. Delgado, F. (2001). El nuevo marco comunitario de la política de aguas. *La Directiva 2000/60/CE”, European Public Law Series, núm. XVIII*.
8. EPA. (2014). Niveles de pH del agua potable. *Agencia de Protección Ambiental* .
9. Guevara, R. (2006). Ecología Ecuatoriana. *Codiscili*.
10. Harris, D. H. (2001). Análisis Químico Cuantitativo. *2ª ed., Ed. Reverte*.
11. INEN. (2012). Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable: NTE INEN 2655:2012 . *Normativa Técnica Ecuatoriana*, Pág, 1.
12. INEN. (2014). Agua Potable Requisitos. *Normativa Técnica Ecuatoriana*, Pág. 3.

13. Moreta, P. J. (2008). La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Ibarra 2008. *Universidad Tecnica del Norte*, Pág. 11.
14. Nielsen, S. (2003). Food Analysis Laboratory Manual. *Kluwer Academic/Plenum Publishers*.
15. OMS. (1996). Guidelines for Drinking-Water Quality. (S. edición, Ed.) *Health criteria and other supporting information, Volume 2. .*
16. Pardinas, F. (2006). Metodología de la investigación científica.
17. Peña, P. M. (2007). Plan estratégico de desarrollo turístico para el cantón Zaruma” – Prov. El Oro. *Tesis de grado previa a la obtención del título de: ingeniero: de empresas turísticas y areas naturales*, Pág. 11.
18. Perera, R. (2011). *El Agua, Alimento Vital Para Sus Celulas*. Bloomington: Corpyright.
19. Polanco, E. (2000). Análisis del desarrollo de los cultivos: medio, agua y especies. *La Acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial*, Pág. 221.
20. Quezada, M. (2006). Diseños de proyectos de investigación.
21. Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua . *Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar .*

ANEXOS



Anexo 1



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2655:2012

IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS PREFABRICADAS EN SISTEMAS PÚBLICOS DE AGUA POTABLE

Primera edición

IMPLEMENTATION OF MANUFACTURED WATER TREATMENT PLANTS IN PUBLIC SYSTEMS

First edition

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS PREFABRICADAS EN SISTEMAS PÚBLICOS DE AGUA POTABLE	NTE INEN 2655:2012 2012-08
<p style="text-align: center;">1. INTRODUCCIÓN</p> <p>1.1 La norma que se presenta a continuación proporciona un conjunto de criterios básicos que permitan la implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas de agua, en sistemas públicos de abastecimiento de agua potable, en el territorio ecuatoriano. De manera que se realice dentro de un marco técnico, económico y ambiental, adecuado a la realidad ecuatoriana, y constituya una solución sostenible durante el período de diseño del sistema.</p> <p>1.2 Las plantas prefabricadas para la producción de agua potable constituirán una alternativa en los proyectos nuevos o sistemas existentes. Las entidades o instituciones contratantes desarrollarán los estudios integrales pertinentes que permitan la implementación de esta alternativa; así también, serán responsables del cumplimiento de los requisitos técnicos, económicos y ambientales exigidos por todas las instituciones o entes reguladores.</p> <p style="text-align: center;">2. OBJETO Y ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma establece los criterios y requisitos necesarios para el diseño, construcción e implementación de sistemas de tratamiento prefabricados de agua potable en el Ecuador que deben cumplir los fabricantes, proveedores e instituciones contratantes.</p> <p>2.2 El alcance de esta norma es a nivel nacional. Todas las instituciones públicas, gobiernos autónomos descentralizados, empresas públicas o juntas administradoras de agua potable y otras Instituciones u organismos no gubernamentales que decidan implementar plantas prefabricadas para la potabilización de agua en los sistemas públicos o comunitarios, deben cumplir obligatoriamente esta norma. En caso contrario, este tipo de plantas no podrán ser adquiridas ni instaladas en los sistemas públicos de abastecimiento de agua potable, tampoco podrán ser aprobadas por las instituciones nacionales o internacionales que financien u otorguen préstamos para la construcción de obras sanitarias.</p> <p>2.3 Esta norma se aplica a los sistemas prefabricados de potabilización de agua cuyo caudal de diseño este comprendido entre ocho litros por segundo hasta setenta y cinco litros por segundo, con lo cual será posible atender a poblaciones entre cinco mil y veinte mil habitantes.</p> <p>2.4 El tipo de alternativas contempladas están dirigidas a solucionar problemas de calidad del agua de fuentes superficiales mediante procesos que involucran la coagulación</p> <p>2.5 No se encuentran incluidas en la presente norma las plantas prefabricadas diseñadas y fabricadas con fines de atender situaciones de emergencia.</p>		

d) La evaluación comparativa de los costos de cada oferta considerando:

- Costos del sistema de tratamiento.
- Costo de las obras civiles particulares que requiere el sistema para su funcionamiento.
- Costos de la energía eléctrica a valor presente neto.

4.3 Construcción

4.3.1 Especificaciones constructivas generales para unidades hidráulicas de plantas prefabricadas en acero

4.3.1.1 Todos los elementos metálicos a ser empleados en la construcción de los tanques que constituyan unidades hidráulicas, consistirán de planchas, perfilería, tubería y accesorios de acero resistentes a la corrosión, que cumplan la normativa nacional o internacional correspondientes. Los espesores de cada elemento; así como, sus dimensiones serán los especificados en los planos de diseño proporcionados por el fabricante.

4.3.1.2 Corte de las planchas. Se puede emplear un plasma manual, método que consiste en añadir energía a un gas que entra en un estado de ionización, confiriéndole una condición térmica y conducción eléctrica muy elevadas mediante la cual se genera un arco con propiedades térmicas especiales en el centro de aplicación. Se podrá también utilizar el método de corte mediante oxiacetileno.

4.3.1.3 Soldadura de elementos. Las planchas de acero, perfilería de refuerzo y accesorios de acero se podrán soldar empleando una o más de las siguientes técnicas:

4.3.1.3.1 Soldadura MIG (Metal inert gas). Se emplea un equipo MIG, mediante el cual se genera un arco, bajo un gas protector con electrodo consumible, proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por medio de un gas inerte.

4.3.1.3.2 Sistema TIG. Es un sistema de soldadura al arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa. Utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte. El gas de protección tiene el objetivo de desplazar al aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y el nitrógeno presentes en la atmósfera. Como gas protector se pueden emplear argón o helio, o una mezcla de ambos.

4.3.1.4 Los cordones de soldadura en paneles o planchas soldadas entre sí, que constituyan los tanques de las unidades hidráulicas, deben ser continuos y a ambos lados de las mismas.

4.3.1.5 La perfilería empleada para el refuerzo de los tanques debe soldarse a los paneles o planchas mediante cordones discontinuos con una longitud que atienda los requisitos de resistencia estructural, considerando las condiciones extremas a las cuales estarán sometidas durante el transporte, montaje y operación.

4.3.1.6 El fabricante es responsable del diseño y ejecución de la soldadura; así como, de las pruebas no destructivas que garanticen la vida útil del sistema, debiendo certificar su cumplimiento a la entidad contratante.

Anexo 2

FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORUROS

$$\text{Cloruros} = \frac{\text{ml de NO}_3 \text{ Ag x N x } 0.03546 \times 1'000.000}{\text{Ml de Muestra}} = \text{g / lo p. p. m}$$

Cloruros Muestra # 1

$$\text{Cloruros} = \frac{\text{ml de NO}_3 \text{ Ag x N x } 0.03546 \times 1'000.000}{\text{ml de Muestra}} = \text{mg / l ó p. p. m}$$

$$\text{Cloruros} = \frac{0.4 \times 0.1 \times 0.03546 \times 100 = 1.4184}{100 \text{ ml}} = 0,014184 \text{ ppm Rta}$$

Cloruros Muestra # 2

$$\text{Cloruros} = \frac{\text{ml de NO}_3 \text{ Ag x N x } 0.03546 \times 1'000.000}{\text{Ml de Muestra}} = \text{mg / l ó p. p. m}$$

$$\text{Cloruros} = \frac{0.5 \times 0.1 \times 0.03546 \times 1'000.000 = 1.773}{100 \text{ ml}} = 0,01773 \text{ Rta}$$

Cloruros Muestra # 3

$$\text{Cloruros} = \frac{\text{ml de NO}_3 \text{ Ag x N x } 0.03546 \times 1'000.000}{\text{ml de muestra}} = \text{mg / l ó p. p. m}$$

$$\text{Cloruros} = \frac{0.6 \times 0.1 \times 0.03546 \times 1'000.000}{100 \text{ ml}} = \frac{2.1276}{100} = 0,021276 \text{ Rta}$$

FORMULA DE ALCALINIDAD (calcio)

$$\text{Alcalinidad} = \frac{\text{ml de HCL x } 0.05000 \times 1'000.000}{\text{ml de muestra}}$$

Muestra # 1

$$\text{Alcalinidad} = \frac{\text{ml de HCL x } 0.05000 \times 1'000.000}{\text{ml de muestra}}$$

$$\text{Alcalinidad} = \frac{0.3 \times 0.05000 \times 1'000.000}{100 \text{ ml}} = \frac{0.015}{100} = 0,00015 \text{ ml Rta}$$

Muestra # 2

$$\text{Alcalinidad} = \frac{\text{ml de HCL x } 0.05000 \times 1'000.000}{\text{ml de muestra}}$$

$$\text{Alcalinidad} = \frac{0.2 \times 0.05000 \times 1'000.000}{100 \text{ ml}} = \frac{0.01}{100} = 0,0001 \text{ Rta}$$

