



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA RURAL DE CUBIJÉS DEL CANTÓN RIOBAMBA

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: BYRON FABRICIO OLEAS LARA

TUTORA: Dra. SANDRA ESCOBAR

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

©2016, Byron Fabricio Oleas Lara

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

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

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA RURAL DE CUBIJÉS DEL CANTÓN RIOBAMBA”, de responsabilidad del señor Byron Fabricio Oleas Lara, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Félix Andueza
PRESIDENTE TRIBUNAL

Dra. Sandra Escobar
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos Espinoza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

NOTA TRABAJO ESCRITO

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

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

Riobamba, 03 de marzo del 2016

BYRON FABRICIO OLEAS LARA
060356423-8

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de compartirla con muchas y buenas personas cada día.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia por cumplir con esa gran responsabilidad de educar a jóvenes estudiantes deseosos de conocimiento, y el deber de mejorar continuamente para ser una institución de educación superior de excelencia.

De manera muy especial a la Dra. Sandra Escobar y al Dr. Carlos Espinoza, tutora y colaborador de mi trabajo de titulación, por todo el apoyo brindado para culminar el mismo.

Un especial agradecimiento a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR) por su colaboración y ayuda en éste trabajo de titulación.

Al GAD de la Parroquia Rural de Cubijés por todo el apoyo brindado, así como a los pobladores de la parroquia por la apertura y colaboración.

A todos quienes de una u otra manera ayudaron a la realización y culminación de éste trabajo de titulación.

Byron Fabricio Oleas Lara

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado para toda mi familia y amigos que siempre han estado ahí, cuando los he necesitado y me han ayudado durante el transcurso de mi vida.

A mi padre Byron Y mi abuelito Carlos que desde el cielo me cuidan y acompañan siempre.

En especial va dedicado a mi madre Piedad que ha sido el ejemplo vivo de esfuerzo, tenacidad, dedicación, amor y comprensión, y me ha apoyado durante toda mi vida. A mis hermanos Carlos. Mariela, Jaime y mi sobrina Javierita gracias por todo su apoyo y cariño, los quiero mucho.

A Fátima gracias por todo el amor que me brindas día a día.

Byron Fabricio Oleas Lara

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural Cubijés del cantón Riobamba, para poder determinar si es apta para el consumo humano. Se realizaron cuatro muestreos durante los meses de enero y febrero del 2016, cada uno con ocho puntos de muestreo que comprendían dos vertientes, un tanque de almacenamiento y treinta y dos viviendas de la cabecera parroquial. El muestreo se llevó a cabo siguiendo lo establecido en la norma NTE INEN 2176:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Los parámetros determinados fueron físicos (temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos), químicos (pH, nitritos, nitratos y fluoruros) y microbiológicos (Coliformes fecales), como lo exige la norma NTE INEN 1108:2014 Agua Potable. Requisitos. A todas las muestras para su análisis se les aplicó métodos estandarizados como el Método Hach, Método de Filtración por Membrana y el Método Estándar para el análisis de agua y aguas residuales. Se pudo demostrar que el agua que consumen los pobladores de la parroquia rural Cubijés en cuanto a los parámetros químicos cumple con lo dispuesto en la norma, mientras que los parámetros físicos superan lo establecido en la norma lo cual puede causar molestias en la población; el análisis microbiológico muestra un crecimiento de Coliformes fecales en el 100% de las muestras siendo lo establecido en la normativa <1 es decir que no exista ningún crecimiento. Por lo tanto se concluye que el agua que consumen los pobladores de Cubijés no es apta para el consumo, no es inocua por la contaminación que presenta en las vertientes, tanque de almacenamiento y viviendas ya que la tubería se encuentra en un pésimo estado. Se recomienda realizar un tratamiento de desinfección con cloro en el tanque para que no exista contaminación en las viviendas, así como la construcción de infraestructura para proteger las vertientes que se encuentran al aire libre.

PALABRAS CLAVE: Calidad del Agua, Parámetros Físicos, Parámetros Químicos, Parámetros Microbiológicos, Coliformes Fecales, Parroquia Cubijés.

SUMMARY

This research aimed to assess the physical, chemical and microbiological quality of water for human consumption in Cubijíes rural parish in Riobamba in order to determine if the water is suitable for human consumption. Four samples were carried out during January and February in 2016 which each one has eight sample points with two watershed, a storage tank and thirty-two households in the parish center. The sampling was performed as it is established in NTE INEN 2176:2013 Water Standard, Water quality, Sampling, Sample techniques. The determined parameters were: physical (temperature, conductivity and total solids dissolved), chemical (pH, nitrites, nitrates and fluorides) and microbiological (fecal coliform), as NTE INEN 1108: 2014 drinking water standard suggested, Requirements. To analyze all samples Standardized methods such as: Hach method, membrane filtration method and the Standard method were applied to water and wastewater study. It was shown that the water consumption by people at Cubijíes rural parish is related to chemical parameters met the standard, meanwhile, physical parameters exceed the established in the standard in which could cause discomfort in the parish. Microbiological analysis show fecal coliforms growth in 100% of samples, being <1 set out by the norm, it means that there is no growth. Thus, it is concluded that water consumed by inhabitants at Cubijíes is not suitable for human consumption neither safe because of watersheds pollution, storage tank and households for the pipe is in a critical state. It is recommended to apply a disinfecting with chlorine treatment in the tank in order to avoid households pollution, as well as the infrastructure construction to protect the outdoors watersheds.

KEYWORDS: Water quality, Physical parameters, Chemical parameters, Microbiological parameters, Fecal Coliforms, Cubijíes Parish.



TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	7
SUMARY	8
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO 1

1.	MARCO TEÓRICO	16
1.1.	Antecedentes de la investigación	16
1.2.	Fundamentación teórica	19
1.2.1.	<i>Importancia del agua</i>	20
1.2.2.	<i>Calidad del agua</i>	20
1.2.3.	<i>Fuentes de agua en la naturaleza</i>	22
1.2.3.1.	<i>Agua de superficie</i>	22
1.2.3.2.	<i>Agua subterránea</i>	22
1.2.3.3.	<i>Manantial</i>	23
1.2.4.	Contaminación del agua	23
1.2.5.	Enfermedades producidas por la contaminación del agua	24
1.2.5.1.	<i>Las bacteria más comunes</i>	24
1.2.6.	Agua potable	25
1.2.7.	La calidad del agua	25
1.2.7.1.	<i>Parámetros de carácter físico</i>	25
1.2.7.2.	<i>Parámetros de carácter químico</i>	25
1.2.7.3.	<i>Análisis microbiológico de las agua</i>	30

CAPÍTULO 2

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1.	Lugar de investigación	32

2.2.	Determinación del tamaño muestral	33
2.3.	Unidad de análisis o muestra	34
2.4.	Criterios de selección de la muestra	34
2.5.	Técnica de recolección de datos	35
2.6.	Metodología	36
2.6.1.	Análisis físico del agua	36
2.6.1.1.	<i>Color (NTE INEN 970)</i>	36
2.6.1.2.	<i>Turbiedad (NTE INEN 971)</i>	37
2.6.1.3.	<i>Sólidos totales</i>	38
2.6.1.4.	<i>Conductividad</i>	39
2.6.1.5.	<i>Temperatura</i>	39
2.6.2.	Análisis químico del agua	39
2.6.2.1.	<i>pH (NTE INEN-ISO 10523)</i>	39
2.6.2.2.	<i>Nitritos</i>	40
2.6.2.3.	<i>Nitratos</i>	41
2.6.2.4.	<i>Cloro libre residual</i>	41
2.6.3.	Análisis microbiológico	42
2.6.3.1.	<i>Coliformes fecales</i>	42

CAPÍTULO 3

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1.	Parámetros físicos	46
3.1.1.	<i>Temperatura</i>	46
3.1.2.	<i>Conductividad</i>	48
3.1.3.	<i>Sólidos totales disueltos</i>	50
3.2.	Parámetros químicos	52
3.2.1.	<i>pH</i>	52
3.2.2.	<i>Fluoruros</i>	55
3.2.3.	<i>Nitritos</i>	57
3.2.4.	<i>Nitratos</i>	59

3.3.	Parámetro microbiológico	61
3.3.1.	<i>Coliformes fecales</i>	61

CONCLUSIONES	64
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	66
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Enfermedades y síntomas producidos por bacterias.....	23
Tabla 2. Requisitos físicos y químicos del agua potable.....	28
Tabla 3. Requisitos microbiológicos.....	30
Tabla 4. Periodos de muestreo y número de muestras.....	33
Tabla 5. Resultados del Análisis Físico, Químico y Microbiológico del agua de cubijies..	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Mapa de las parroquias rurales de Riobamba.....	31
Figura No. 2 Ubicación de las vertientes de agua de Cubijíes.....	33
Figura No. 3 Valores de Temperatura.....	45
Figura No. 4 Valores de Conductividad del agua de la parroquia Cubijíes.....	47
Figura No. 5 Valores de Sólidos Totales Disueltos del agua de la parroquia Cubijíes.....	49
Figura No. 6 Valores de pH del agua de la parroquia Cubijíes.....	51
Figura No. 7 Valores de Fluoruros del agua de la parroquia Cubijíes.....	54
Figura No. 8 Valores de Nitritos del agua de la parroquia Cubijíes.....	56
Figura No. 9 Valores de Nitratos del agua de la parroquia Cubijíes.....	58
Figura No. 10 Valores de Coliformes Fecales del agua de la parroquia Cubijíes.....	60

INTRODUCCIÓN

El agua es casi tan antigua como el planeta, y a pesar que desde el exterior la Tierra tiene una coloración verdeazulada y parece tener en grandes cantidades éste elemento, no toda el agua que existe está disponible para el consumo de los seres humanos: el 97 % es salada, el 2 % está congelada y apenas el 1 % fluye como agua dulce bajo la tierra o sobre ésta. Cabe añadir que el agua no se distribuye equitativamente a todas las poblaciones del mundo; es decir, en unos sitios hay mucha y en otros es escasa. Alrededor de mil millones de personas en el mundo carecen de este recurso y deben recorrer grandes distancias diariamente para obtenerla. (ADLER, CARMONA Y BOJALIL, 2008).

Al existir un porcentaje muy bajo del agua que puede ser apta para el consumo humano, se hace necesario realizar constantes análisis y evaluaciones para asegurar la calidad e inocuidad del agua que consumen en las diferentes poblaciones del mundo, para de esta manera garantizar la salud de sus habitantes.

La parroquia rural Cubijés del cantón Riobamba tiene una población de 2514 habitantes, distribuidos en la cabecera cantonal y sus diferentes comunidades, cuenta con 675 hogares lo que significa que existen 4 miembros por cada hogar. (INEC. Censo de población y vivienda 2010).

En ésta parroquia rural el agua proviene de vertientes naturales por lo que podemos denominarla como agua entubada, según la junta parroquial que es la encargada del cuidado, mantenimiento y distribución del agua no existe un tratamiento de potabilización o desinfección que se aplique actualmente en el agua que consumen sus moradores, ésta es la razón por la que se hace necesario realizar una evaluación de la calidad que presenta ésta agua que consumen los pobladores de dicha parroquia.

Según el Plan de Desarrollo de la parroquia de Cubijés tenemos una morbilidad alta como es la Parasitosis con un 17.17 % y la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) con un 7.16 % que pueden ser causadas por el consumo de agua entubada o poco tratada en la parroquia.

La calidad del agua está dada por el contenido de sustancias minerales junto con las propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es un concepto, de alguna manera

relativo, ya que no se puede hacer una clasificación absoluta de la “calidad”. Esto es porque el grado de calidad del agua dependerá de los usos a que se destina. La calidad necesaria para cada uso varía, al igual que los criterios utilizados para evaluarla. Por ejemplo, para el agua potable se exigen altos estándares de calidad, mientras que se admite una menor calidad para su uso en los procesos industriales. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua inocua y saludable para el consumo humano y de este modo, proteger la salud de las personas. (PNUMA, 2008).

La evaluación de la calidad del agua que consumen los pobladores de la parroquia de Cubijés tiene como finalidad conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de la misma y de ésta manera dar a conocer a la población de ésta parroquia si dicha agua es apta o no para su consumo. Actualmente la parroquia de Cubijés no posee un sistema de agua potable, por lo que su población consume agua proveniente de vertientes subterráneas, lo cual podría ser muy perjudicial para su salud.

El objetivo 3 del Plan Nacional para el Buen Vivir “Mejorar la calidad de vida de la población”, busca las condiciones necesarias para la vida satisfactoria y saludable de todas las personas, familias y colectividades respetando su diversidad. Fortalece la capacidad pública y social para lograr una atención equilibrada, sustentable y creativa de las necesidades de ciudadanas y ciudadanos. En su inciso 3.6. “Garantizar vivienda y hábitat dignos, seguros y saludables, con equidad, sustentabilidad y eficiencia”; determina en sus literales g) Ampliar la cobertura y acceso a agua de calidad para consumo humano y a servicios de infraestructura sanitaria: agua potable, eliminación de excretas, alcantarillado, eliminación y manejo adecuado de residuos y h) Diseñar, implementar y monitorear las normas de calidad ambiental tanto en zonas urbanas como rurales, en coordinación con los diferentes niveles de gobierno y actores relacionados.

El Plan Nacional del Buen Vivir, en su política 4.2 establece que se debe “Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por cuenca hidrográfica, de aprovechamiento estratégico del Estado y de valoración sociocultural y ambiental”, así como la norma NTE INEN 1108:2014 de los requisitos del agua potable para consumo humano, justificando de ésta manera el proyecto que se ha planteado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel mundial los estudios, análisis y evaluación sobre la calidad físico-química y microbiológica de agua de consumo humano, tanto para agua potable como agua subterránea, son abundantes debido a que se trata del líquido vital para el normal desarrollo de la sociedad.

En las antiguas civilizaciones existen registros de métodos para mejorar la calidad del agua de consumo de su población pero en si no tenían conocimiento sobre análisis de la calidad del agua. Hace 4.000 años antes de Cristo se describen métodos para mejorar el sabor y olor del agua, los griegos recomendaban filtrar el agua a través de carbón, exponerla a los rayos solares y hervir el agua. En el antiguo Egipto decantaban el agua, utilizaban sustancias minerales y plantas para clarificar y precipitar partículas e impurezas. (Ramírez, 2015).

En Escocia, Paris e Inglaterra se diseñan plantas de tratamiento de agua en las que se incluyen procesos de sedimentación y filtración, en la mitad del siglo XX los científicos realmente obtienen importantes conocimientos a través del análisis de muestras, sobre fuentes y efectos de contaminantes del agua potable. En 1855 el cólera cobró la vida de varios ingleses, científicos llegaron a la conclusión que se trataba de una enfermedad de transmisión hídrica. Pasteur gracias a sus importantes investigaciones explica como los microorganismos podían transmitir enfermedades a través del agua. (Ramírez, 2015).

En el continente Africano, Ghana, Affum (2015) determinaron coliformes totales, metales pesados y características físico-químicas, en muestras de agua potable y subterránea de la región occidental de Ghana. Se recolectó muestras de 14 pozos durante el 2013 analizándose coliformes totales, *Escherichia coli*, mercurio, arsénico, cadmio y los parámetros físico-químicos. Llegaron a la conclusión que los elementos tóxicos y la fuerte contaminación son los factores principales que disminuyen y afectan directamente a la

calidad de las aguas subterráneas; además del intercambio catiónico, la disolución de minerales y silicato de meteorización que se producen dentro del agua. (Affum et al., 2015)

En el 2007, en el valle de Katmandú, la científica Prasai realizó un estudio para evaluar la calidad del agua potable del valle. Se recolectaron 132 muestras de agua potable de todo el valle determinándose parámetros microbiológicos obteniendo resultados contundentes, el recuento de coliformes reveló que el 82,6% y el 92,4% de las muestras de agua potable estaban por encima de los valores de la guía de la OMS para el agua potable, identificándose y aislándose bacterias como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, entre otras. Concluyéndose que era necesaria una respuesta inmediata por parte de autoridades para el control y mejoramiento de la calidad físico-química y microbiológica del agua que se consume en el valle de Katmandú. (Prasai y col., 2007).

En el año 2000 la investigación realizada por Sánchez en México realizó un estudio sobre la calidad bacteriológica del agua potable en Chiapas y su relación con diarreas y enteroparasitosis en niños de 1 a 14 años. Se recolectaron 99 muestras de agua a través de un muestreo aleatorio y 322 muestras de heces de niños de 1 a 14 años, se utilizó la técnica filtración por membrana. Se concluye que la calidad bacteriológica del agua y las enfermedades diarreicas no presentan asociación y solo el 31% de las muestras de agua poseen una mala calidad bacteriológica, se recomienda como medida capacitar a la población para mejorar la calidad del agua de la zona. (Sánchez y col., 2000)

En México en el 2004 se llevó a cabo una investigación para evaluar y realizar un diagnóstico de la calidad en los pozos de agua subterránea en el estado de Yucatán. Se evaluó la calidad química y bacteriológica del agua subterránea recolectándose 106 muestras en los sistemas de agua potable de las cabeceras municipales. Se concluye que el agua presenta una calidad química aceptable ya que solo 5 parámetros químicos poseen valores por encima de los límites máximos permisibles de la Norma Mexicana y en cuanto a la calidad microbiológica se la califica como no aceptable ya que el 55% de las muestras presentaron recuentos elevados de microorganismos. (Pacheco y col., 2004)

En 2002 los investigadores Valiente y Mora en Costa Rica desarrollan una investigación sobre el papel del agua para consumo humano como canal de transmisión en los brotes de

diarrea reportados durante el período 1999 a 2001. Se analizaron las muestras de aguas y las heces del paciente, aislándose el agente etiológico responsable de la enfermedad diarreica. Se obtuvo resultados al establecer un "Sistema Cualitativo de Valoración del Grado de Importancia del Agua para Consumo Humano en la Transmisión de las Diarreas" evidenciando que un 22.7% de los brotes muestran relación directa entre el agente etiológico y la enfermedad ya que se aisló el agente causal tanto en la muestra de heces y en el agua. Además el 36% de los brotes se aisló *Shigella flexneri* y *Shigella sonnei*, seguida por *Aeromonas hydrophila* y *Aeromonas caviae* en el 14%. (Valiente y Mora, 2002).

En Perú en el 2002, Marchand realiza una investigación sobre la calidad microbiológica del agua de consumo a través de microorganismos indicadores en Lima metropolitana. Se analizaron 224 muestras de las cuales el 73,68% de muestras provenientes de pozos no cumplieron las normas microbiológicas, además en varias de las muestras se encontraron la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococos fecales*, concluyéndose que estos dos microorganismos pueden ser utilizados como microorganismos indicadores complementarios. (Marchand, 2002)

En el 2013 en Maracaibo, Venezuela, la investigadora Benítez presentó un estudio que tuvo como objeto evaluar la calidad microbiológica del agua envasada que se vende en fundas y botellas en la ciudad de Maracaibo. Se seleccionaron 10 marcas comerciales de agua y se determinó aerobios mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, y *Pseudomonas aeruginosa* a través del método Número más Probable (NMP). Se concluye que solo dos marcas comerciales cumplen con todos los requisitos microbiológicos catalogándose como aptas para el consumo humano. (Benítez y col., 2013).

En el año 2010 Reascos y Yard realizaron un estudio para evaluar la calidad del agua de consumo humano en el cantón Cotacachi. Se analizaron parámetros físico-químicos y microbiológicos al recolectar muestras de agua durante la época seca y lluviosa. Se llega a la conclusión que las muestras poseen valores de parámetros físico-químicos dentro de la NTE INEN 1108, a diferencia de los análisis microbiológicos en su mayoría se encuentran contaminados por coliformes fecales y coliformes totales. (Reascos y Yard, 2010).

1.2. Fundamentación teórica

El agua es la sustancia más abundante sobre la tierra, y constituye el medio ideal para la vida, es imprescindible para los seres vivos que habitan en él. Se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua, H₂O, la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

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

Los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos (Reynolds 2002).

Cerca de una tercera parte de la población del planeta vive en países que sufren una escasez de agua alta o moderada. Unos 80 países, que representan el 40% de la población mundial, sufrían una grave escasez de agua a mediados del decenio de los noventa, y se calcula que en menos de 25 años las dos terceras partes de la población mundial estarán viviendo en países con escasez de agua.

Se prevé que para el año 2020, el aprovechamiento de agua aumentará en un 40%, y que aumentará un 17% adicional para la producción alimentaria, a fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento (CEPAL 2002).

1.2.1. Importancia del agua

Se piensa que el agua siempre estará allí para nosotros cuando nosotros lo queremos. Sin agua, los seres vivos morirían. Es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país. Es utilizada en:

- En la agricultura.
- Para generar energía eléctrica.
- Para lavar, limpiar en la industria y minería.
- Como elemento de refrigeración y o elemento que transporta el calor en la industria.
- En forma de vapor para la industria. (Fuente de energía mecánica).
- Como elemento que interviene en mezclas y disoluciones, en la industria.
- Para el transporte. (Ríos caudalosos para transporte fluvial, transporte de madera)
- Para el consumo humano: aseo, alimentación, etc.
- La ganadería.

1.2.2. Calidad del agua

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le ha brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza 1976).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen

origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz 1999).

La contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escasez severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica (OPS 1999).

Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública (OMS 1999).

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en:

Condiciones físicas: que sea clara, transparente, inodora e insípida. Condiciones químicas: que disuelva bien el jabón sin formar grumos, que cueza bien las legumbres.

Condiciones biológicas: que esté libre de organismos patógenos, con alto contenido de oxígeno y una temperatura que no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente, pH no menor de seis ni mayor de ocho.

1.2.3. Fuentes de agua en la naturaleza

Hablar realmente acerca de dos fuentes de agua cuando se habla acerca de abastecimiento de agua. Ellos son aguas de agua subterránea y superficie. Somos suficientemente afortunados de visitar tres compañías de agua que nos mostraron cómo el agua trabaja desde estas dos fuentes.

1.2.3.1. Agua de superficie

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

1.2.3.2. Agua subterránea

Agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Se encuentra en el interior de poros entre partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. En las regiones árticas el agua subterránea puede helarse. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona. El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante miles o millones de años. No obstante, la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un 20% de las aguas dulces, que a su vez constituyen el 3% del total; el 80% restante está formado por las aguas superficiales; un 79% es hielo y el 1% representa el agua presente en ríos, lagos y arroyos. (CHANG, 1993).

1.2.3.3. Manantial

El un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área restringida. Estos pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos directamente. Su localización está en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de los estratos permeables e impermeables y el perfil del relieve, ya que un manantial aparece donde el nivel freático se corta con la superficie de la tierra. Los

manantiales pueden ser permanentes: son aquellos en que su caudal se encuentra permanente en sitios determinados durante tiempos indefinidos; o intermitentes: Son aquellos en los que su caudal pasa de ser muy escaso o nulo a ser muy importante durante breve tiempo, debido a que la descarga se hace a través de un sifón. Estos manantiales son exclusivos de las formaciones calcáreas.

1.2.4. Contaminación del agua

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre, debido a que es un fenómeno ambiental, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX.

Es la alteración en la composición química, propiedades físicas y bacteriológicas, de tal manera que resulta menos apta para los propósitos en los cuales es empleada como consumo humano, riego para la producción agropecuaria, la industria, generación de energía, etc.

La contaminación del agua subterránea, aunque es menor que la del agua superficial, se debe especialmente a la agricultura, al arrastrar el agua infiltrada numerosos compuestos químicos utilizados como fertilizantes o abonos, o también productos fitosanitarios para la lucha contra las enfermedades y plagas, o incluso por regar con agua salada o salobre, aceites de petróleo, mala disposición de la basura, otros compuestos y se ha convertido también en una preocupación en los países industrializados y de todos.

El desarrollo e industrialización supone un mayor consumo del agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar a ríos y mares; el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones son causa de contaminación de las mismas, debido a que puede derramar combustible. Un ejemplo de esto último son los barcos petroleros que son limpiados en el mar para evitar las esperas en los puertos, contaminando de esta forma la superficie del mar y luego, por efecto de las corrientes, los litorales. (CORONEL Y JIMENES, 2006).

1.2.5. Enfermedades producidas por la contaminación del agua

En general las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por factores como agua estancada con criadero de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua.

1.2.5.1. Las bacterias más comunes

Las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y a servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas de origen superficial (ríos, lagunas, lagos) se encuentran aun en mayor riesgo debido a que la fuente de agua está expuesta a la contaminación fecal. (Cuadro 1)

Tabla 1. Enfermedades y síntomas producidos por bacterias

ENFERMEDAD	SÍNTOMAS
<i>Aeromonas</i> spp. Enteritis	Diarrea muy líquida, con sangre y moco.
<i>Campylobacter jejuni</i> Campilobacteriosis	Gripe, diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas.
<i>Escherichia coli</i>	Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos.
<i>Plesiomonas shigelloides</i> Plesiomonas-infección	Náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos.
<i>Salmonella typhi</i> Fiebre tifoidea	Fiebre
<i>Salmonella</i> spp. Salmonelosis	Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve.
<i>Streptococcus</i> spp.	Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos.
<i>Vibrio</i> El Tor (agua dulce) Cólera (forma leve)	Fuerte diarrea

1.2.6. Agua potable

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 unas normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

1.2.7. La calidad del agua

A continuación se realiza una descripción de cada uno de los parámetros de carácter físico, químico y microbiológicos utilizados para determinar la calidad de agua.

2.1.7.1. Parámetros de carácter físico

- Color

El agua es incolora, hay que distinguir lo que se llama color aparente, el que presenta el agua bruta y el verdadero, que es el que presenta cuando se le ha separado la materia en suspensión. (SHEPPARD, 2005).

- Olor y sabor

El olor y sabor están en general íntimamente relacionados. Compuestos químicos presentes en el agua como: los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos, pueden dar olores y sabores muy fuertes a el agua. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos en ocasiones sin ningún olor. (Deutsch, Duncan y Ruiz, 2003).

- Temperatura

La temperatura afecta cuanto oxígeno puede mantener el agua y que tan rápido se reciclen los nutrientes en un sistema acuático; la temperatura del agua puede aumentarse en lugares de desagüe de plantas industriales e hidroeléctricas o por escorrentía de áreas impermeabilizadas, la contaminación térmica es un problema de algunos ríos.

- Turbiedad

Es un parámetro usado para identificar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Se mide por la comparación entre la intensidad de la luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. (VILLOTA. Y GUAJAN, 1996).

2.1.7.2. Parámetros de carácter químico

- Sólidos totales disueltos

Es una medida de la concentración total de sales inorgánicas en el agua e indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso del agua. (ABERT LENNINGER, 1998).

- Dureza

Mide la presencia de cationes Ca^{+2} y Mg^{+2} , y en menor cantidad Fe^{+2} y Mn^{+2} y otros alcalinotérreos. En la actualidad se tiende a prescindir del término “dureza” indicándose la cantidad de calcio y magnesio presente en un agua en mg/l.

- Dureza total

En química, se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.

- Dureza cálcica

Es el resultado provocado por la presencia del ión calcio (Ca^{++}).

- Dureza magnésica

Provocada por la presencia de los iones. (Norma Venezolana COVENIN. N° 2187 – 84).

- pH

El pH de un agua, que indica la reacción ácida y básica de la misma es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática (tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos), la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua, el poder desinfectante del cloro, etc. Por lo general las aguas naturales tienen un cierto carácter básico, unos valores de pH comprendidos entre 6,5-8,5, los océanos tienen un valor medio de 8. (TEBBUTT Y LIMUSA, 2004).

- Alcalinidad

Es una medida de la capacidad amortiguadora del agua. Una alcalinidad alta por lo general tiene un pH alto; un agua salobre y agua del mar tiene una alcalinidad de 100 a 125 mg/l. (NMX-AA-089/1, 1986).

- Conductividad

Es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua.

- Calcio

La cantidad de calcio puede variar desde cero hasta varios cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y del tratamiento del agua. Las aguas que contienen cantidades altas de calcio y de magnesio, se les da el nombre de " aguas duras". (Norma Venezolana COVENIN N° 2138 – 84).

- Magnesio

El magnesio junto al calcio sirven para determinar la dureza del agua. La cantidad de magnesio depende de los terrenos que el agua atraviesa. El magnesio es indispensable para el crecimiento humano. Concentraciones superiores a 125 mg/l tienen efecto laxante.

- Sulfatos

En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 ppm, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías de plomo.

- Fosfatos

La reducción de este elemento esencial para la vida (nutriente) se la relaciona con el aprovechamiento de las plantas acuáticas, algas y bacterias.

- Cloruros

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, producido por los cloruros. (Norma Venezolana COVENIN N° 2138 – 84).

- Cloro residual

La concentración del cloro residual "libre", así como la porción relativa entre los cloros residuales "libre" y "combinado", son importantes cuando se practica la cloración que residual libre. En un determinado abastecimiento de agua aquella porción del cloro residual total "libre", sirve como medida de la capacidad para "oxidar" la materia orgánica. Cuando se practica la cloración q residual libre, se recomienda que cuando menos, el 85 % del cloro residual total quede en estado libre.

La cloración es también un método relativamente eficiente como tratamiento correctivo, si se aplica en las cantidades adecuadas, adicionales a las que se requieren para propósitos de desinfección. (SANREM- ANDES, 2005)

- Hierro

En este tiempo, no hay efectos de salud sabidos del hierro elevado en el agua potable. Pero se evidencia la presencia de hierro el agua cuando se torna de color rojizo.

- Nitratos

Representan el mayor estado de oxidación del nitrógeno. De forma natural aparecen en las aguas por solubilización de las rocas. Su valor no suele superar los 5mg/l. Pero también aparecen por oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados. Pueden proceder de abonos y aguas residuales y entonces se alcanzan valores mucho mayores de concentración.

- Nitritos

Es un estado de oxidación intermedia del nitrógeno. La concentración de NO₂⁻ se puede utilizar como indicador de contaminación bacteriológica pues son las bacterias las responsables de la reducción del nitrato o nítrico o incluso a N₂ gas. (GAIBOR, 2005).

Tabla 2. Requisitos físicos y químicos del agua potable.

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

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

Fuente. NTE INEN 1108:2011. Agua potable. Requisitos (2011)

2.1.7.3 *Análisis microbiológico de las aguas*

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

Necesidad del análisis microbiológico de las aguas

La presencia de bacterias patógenas en el agua destinadas al consumo humano es un riesgo siempre presente que se incrementa en las áreas de mayor densidad de población. La certeza de que un agua contaminada puede ser la causa de una serie de enfermedades infecciosas (fiebre tifoidea, disentería, cólera, etc.), ha conducido a la necesidad de realizar análisis microbiológicos de rutina a partir de muestras de aguas de diversas procedencias (fuentes, ríos, conducciones municipales, aguas de baño, etc.).

Los criterios de calidad de agua de consumo humano se aplicarán a todas aquellas aguas que independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministre a través de redes de distribución pública o privada, depósitos o cisternas. Se fijan los parámetros y los valores a cumplir en el punto donde se pone el agua a disposición del consumidor.

El objetivo del análisis es establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de las mismas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas. (Índice biológico de calidad, 1996).

Coliformes totales, *Escherichia coli*

Los coliformes, grupo de bacterias habitantes de la región intestinal de los mamíferos y aves, cumplen las condiciones antes expresadas. Este grupo de microorganismos pertenecen a la familia de las enterobacteriáceas, se caracteriza por su capacidad de fermentación de la lactosa a 35 a 37 oC. Los géneros que componen el grupo de los coliformes son: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, y además, algunas especies de *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*. Todos los coliformes pueden existir como saprófitos independiente o como

microorganismos intestinales, excepto el género *Escherichia*, que básicamente tiene origen fecal.

Esto ha hecho distinguir entre coliformes totales (grupo que incluye a todos los coliformes de cualquier origen) y coliformes fecales (término que se designa a los coliformes de origen exclusivamente intestinal, es decir, al género *Escherichia*). De entre todos los coliformes, solo al género *Escherichia* y ocasionalmente *Klebsiella*, tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a 35-37oC, sino también a 44,5oC. Así, solo la presencia de coliformes fecales *E. coli*, cultivadas a 44,5oC, nos confirma la existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal, mientras que la presencia de coliformes totales, cultivadas a 35oC, solo nos indica la existencia de contaminación, sin informar sobre su origen.

Bacterias aerobias totales

El análisis de aerobios totales a 22 y 37oC proporciona una información de gran utilidad sobre el estado y evolución de la calidad general, y la eficiencia de los tratamientos de potabilización del agua. (CARRERA y FIERRO, 1994).

Coliformes fecales

La bacteria coliforme fecal presente en las heces humanas y animales de sangre tibia. Puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreado desechos y del agua de drenaje.

Los organismos patógenos incluyen la bacteria *Coloformo fecal*, así como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades (Mitchell *et al.* 1991).

Tabla 3. Requisitos microbiológicos

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

Fuente. NTE INEN 1108:2011. Agua potable. Requisitos (2011)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de investigación

Cubijés es una de las 11 parroquia rurales del cantón Riobamba, está ubicada al nororiente de la ciudad, Limita al norte con el cantón Guano, al sur con los cantones Riobamba, Chambo y Quimiag, al oeste con Riobamba y al este con Quimiag. Su nombre significa “Quebrada con Canastas”.



Figura No. 1 Mapa de las parroquias rurales de Riobamba.

Fuente: INEC Censo de población y vivienda 2010

La dotación de agua en la parroquia es deficiente, el sistema de riego actual no abastece las necesidades de la población, el 81% de familias tienen acceso al agua de riego y apenas el 72% de familias poseen agua para consumo humano (Censo de población y vivienda de 2010), se debe recalcar que el agua de consumo es entubada y no recibe ningún tipo de tratamiento para la distribución hacia los hogares de las comunidades. La cabecera parroquial recibe el agua de dos vertientes el Egido y la Calera, éstas a su vez se almacenan en un tanque y se distribuyen a la población.

2.2. Determinación del tamaño muestral

Se seguirá el método de muestreo **MILSTD 105D** para determinar la calidad del agua, el cual nos permite determinar el número de muestras que necesitaremos para tener una representatividad estadística de la población, teniendo en cuenta que los usuarios que se benefician del agua es de 262. Obtenido el número total de la población a analizar, seguimos el procedimiento según el método para el muestreo.

1. Definir el tamaño de la población (262 usuarios)
2. Establecer el nivel de inspección, según la tabla 4. – “*Tablas de planes de muestreo*”. Anexo 1. En éste caso tomaremos un nivel de inspección II.
3. Determinar el plan de muestreo (simple, doble o múltiple), según la tabla 4. “*Tablas de planes de muestreo*”. Anexo 1. Para éste análisis será un plan de muestreo simple.
4. Seleccionar el método de muestreo, se refiere a cómo definimos la muestra a evaluar, para el proyecto será un muestreo aleatorio simple.
5. Determinar el tipo de inspección a utilizar (normal, estricta o reducida), para el presente análisis será reducida.
6. Determinar el nivel de significancia (0.10).
7. Determinar el tamaño de la muestra, utilizando la tabla 5 “*Planes de muestreo simple para inspección reducida*”. Anexo 2

Realizando el procedimiento obtenemos un total de 32 muestras, lo que es una muestra representativa de la población.

Adicional se debe realizar el muestreo de las vertientes y del tanque reservorio como se detalla a continuación.

Se determinó los puntos de muestreo, los cuales corresponden a los siguientes lugares:

- Vertiente 1 (2 muestras).
- Vertiente 2 (2 muestras).
- Tanque de almacenamiento (2 muestras).
- Consumidor final (32 muestras)

Las muestras se tomarán y analizarán durante los meses de noviembre – diciembre 2015 en 4 periodos según la tabla 6.

Tabla 4. Periodos de muestreo y número de muestras

MUESTRAS	Tamaño	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Vertiente 1	2 muestras	1 muestra			1 muestra
Vertiente 2	2 muestras	1 muestra			1 muestra
Tanque almacenamiento	2 muestra	1muestra			1muestra
Viviendas	32 muestras	8 muestras	8 muestras	8 muestras	8 muestras

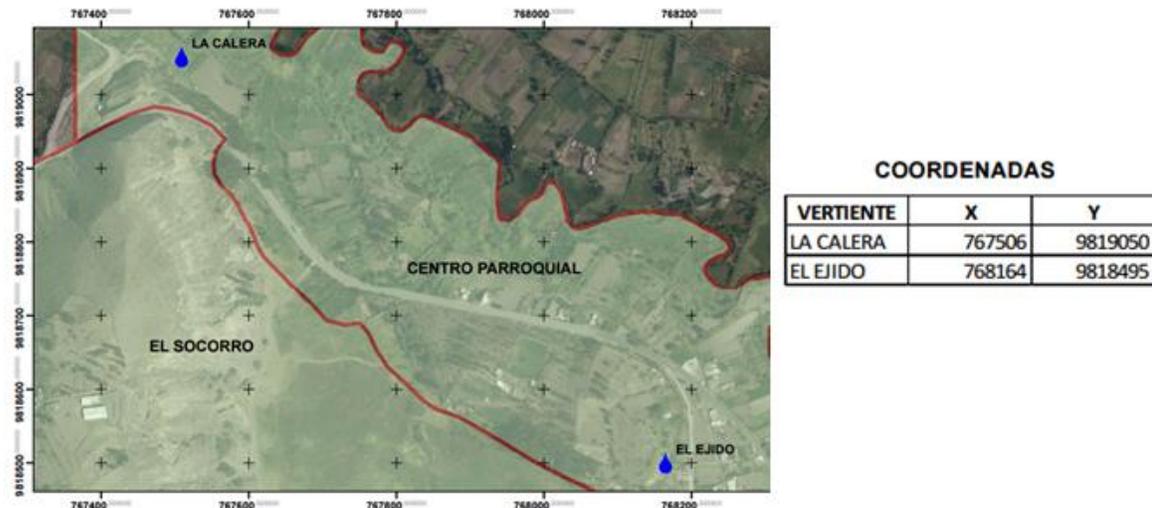


Figura No. 2 Ubicación de las vertientes de agua de Cubijés

Fuente: GAD Parroquial de Cubijés

2.3. Unidad de análisis o muestra

Parámetros físicos: temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos.

Parámetros químicos: pH, cloro libre residual, fluoruros, nitratos, nitritos.

Parámetros microbiológicos: Coliformes fecales.

2.4. Criterios de selección de la muestra.

Para recolectar las muestras se deben utilizar frascos de vidrio limpios, para no tener resultados alterados por la interacción del frasco con la muestra.

Para evaluar la calidad microbiológica, si el agua posee cloro residual el frasco debió ser previamente esterilizado con una solución de tiosulfato de sodio al 10% 0,1mL por cada 125mL de muestra. Para determinar parámetros físicos y químicos solo se necesita un frasco estéril.

Todos los frascos deben ser codificados.

Escoger un grifo que suministre agua directamente de una tubería de la red de distribución, abrir completamente el grifo y dejar que el agua fluya por 2 o 3 minutos.

Tomar el frasco de su base, sacar el tapón y no tocar las paredes internas ni su boca para evitar contaminación. Su volumen no debe ser inferior a 100 mL y procurar no llenar el frasco por completo. Excepto en las muestras que se van a determinar parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra.

El examen bacteriológico de la muestra debe iniciar inmediatamente, o en un período de una hora después de la recolección. Es factible transportar a la muestra en un cooler con bolsas de gel de hielo específico para transportar vacunas y muestras, su temperatura debe ser aproximadamente 4°C y el análisis debe iniciar en un tiempo no mayor a 6 horas, siguiendo los pasos estipulados en la norma NTE INEN 1529-2:99

2.5. Técnica de recolección de datos

La recolección de las muestras de agua de consumo se realizaron en la parroquia rural de Cubijíes del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, las muestras fueron tomadas en época de invierno en los meses de enero y febrero, en horas comprendidas entre las 9H30 y 12H30, sin embargo existía una alta temperatura ambiental en la zona de alrededor de 20 °C; los análisis físicos químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR).

2.6. Metodología

2.6.1. Análisis físico del agua

2.6.1.1. Color. (NTE INEN 970)

Se fundamenta en una comparación visual de la muestra con soluciones patrón de platino cobalto, preparadas previamente. La unidad de color para medir éste parámetro es la producida por 1mg/L de platino en forma de ión cloroplatino.

Materiales y Equipos.

Tubos Nessler: 50 o 100 mL

Balanza Analítica: con sensibilidad de 0.1 mg

Centrífuga

Pipetas de 10 mL

Vasos de precipitación de 200 mL

Comparador para tubos de Nessler

Reactivos.

Soluciones patrón

Cloroplatino de potasio (K_2PtCl_6)

Cloruro cobaltoso hexahidratado ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)

Agua destilada

Ácido clorhídrico concentrado

Procedimiento.

Una vez preparadas tanto las soluciones patrón como las de análisis se coloca 100mL de la muestra en un tubo Nessler y éste a su vez en el comparador entre 2 tubos con las soluciones patrón y se establece el valor del color.

Cálculos

Para calcular las unidades de color se debe utilizar la siguiente ecuación, en el caso de haber diluido la muestra:

$$\text{Unidades de color} = \frac{A \cdot 100}{B}$$

Donde **A**= color estimado de la muestra diluida

B= volumen de la muestra tomada para dilución.

2.6.1.2. Turbiedad (NTE INEN 971)

Éste método se fundamenta en comparar la intensidad de la luz dispersada por una muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón bajo las mismas condiciones, la relación es directa entre la luz dispersada y la turbiedad.

Materiales y Equipos.

Turbidímetro

Tubos de muestra de vidrio transparente.

Reactivos.

Agua destilada

Solución patrón de turbiedad

Muestra de agua

Procedimiento.

Una vez calibrado el turbidímetro y preparadas las soluciones y muestras a analizar se procede a medir la turbiedad. Se debe agitar fuertemente la muestra, esperar a que desaparezcan todas las burbujas del tubo y colocar la muestra en el recipiente del turbidímetro. Leer directamente el valor.

Cálculos

La turbiedad se determina directamente del valor en la escala del instrumento

2.6.1.3. Sólidos totales

Éste procedimiento se fundamenta en la evaporación de una cantidad determinada de agua y se pesa el residuo, esto corresponde a los sólidos totales presentes en el agua.

Materiales y Equipos.

Balanza analítica

Cápsula de platino

Baño María

Estufa

Desecador

Reactivos.

Muestra de agua preparada, calentar a 20 C y agitarla suavemente.

Procedimiento.

Una vez preparada la muestra se coloca en la capsula previamente tarada 5 g de la misma y se la coloca en la estufa ajustada a 103 ± 2 C durante 3 horas, retirar de la estufa y dejar enfriar en el desecador y pesar.

Cálculos

Los sólidos totales se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$$

Donde: S= contenido de sólidos totales, en % de masa

m= masa de la capsula vacía en g

m2= masa de la cápsula con muestra antes de la desecación

m1= masa de la cápsula después de la desecación, con los sólidos totales.

2.6.1.4. Conductividad

Éste método se fundamenta en la capacidad que posee el agua de conducir la corriente eléctrica por la presencia de iones disueltos en la misma, se mide utilizando electrodos químicamente inertes y fijos. El método es fotométrico.

Materiales y Equipos.

Electrodos de platino
Celdas de conductividad
Espectrofotómetro
Material de vidrio calibrado

Reactivos.

Agua destilada
Soluciones patrón para calibrar
Muestra de agua potable

Procedimiento.

Calibrar el equipo con las muestras patrón, lavar bien la celda de medición y colocar en el equipo para la medición directa de la muestra, se recoge directamente el valor medido.

2.6.1.5. Temperatura

La temperatura se mide con el mismo electrodo que mide el pH, se obtiene una lectura directa y rápida.

2.6.2. Análisis químico del agua

2.6.2.1. pH (NTE INEN-ISO 10523)

Se fundamenta en la determinación electrométrica del pH en una muestra de agua potable, se utiliza un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por una variación del pH.

Materiales y Equipos.

Potenciómetro

Piceta

Vaso de precipitación.

Reactivos.

Agua destilada

Solución tampón de pH4, pH7, pH9.

Procedimiento.

Se lava con abundante agua destilada el electrodo para proceder a hacer la medición del pH de la muestra colocada en un vaso de precipitación.

Cálculos

El valor es directamente el calculado por el instrumento.

2.6.2.2. Nitritos

El nitrito en la muestra reacciona el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta se acopla al ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente.

Reactivo

Agua

Bolsas de polvo reactivo de nitrito NitriVer 3, muestra de 10 ml

Equipo

Elevador de celda para celdas de 10 ml

Par de celdas de muestra de 10 ml

Tapón hueco de polietileno N°1

Procedimiento

Colocar la muestra a analizar en una celda y depositarla en el equipo y tomar la lectura.

2.6.2.3. Nitratos

El cadmio metálico reduce a nitritos los nitratos de la muestra. El ion de nitrito reacciona en un medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio. Esta sal se une al ácido gentísico para formar un producto de color ámbar.

Reactivo

Agua

Bolsas de polvo de reactivo de nitrato NitraVer 5 de 25 ml.

Equipo y materiales

Tapón de goma tamaño 2

Par de celdas de muestra de 25 ml.

Procedimiento

Colocar la muestra a analizar en una celda y depositarla en el equipo y tomar la lectura.

2.6.2.4. Cloro libre residual

El cloro libre que se encuentra en el agua, en ausencia del ión yoduro reacciona con la N.N, dietil, p-fenilendiamina (DPD); produciendo una coloración roja, en el equipo marca Hach modelo DR/890.

Procedimiento.

Homogenizar la muestra en el recipiente y transferir 10 mL a la celda limpia y seca. Encender el equipo e ingresar el número de programa (cod. 9) para la prueba de cloro residual. Encerar el equipo con los mismos 10mL de agua colocados en la celda. Añadir un sobre del reactivo DPD en la celda, y una vez homogenizada la muestra se procede a

realizar la lectura, cuidando limpiar previamente por fuera la celda para evitar errores de lectura. Anotar la lectura que será expresada en concentración de mg/mL de cloro residual.

2.6.3. Análisis microbiológico

2.6.3.1. Coliformes fecales

En la técnica de filtración por membrana, el grupo coliformes se define como todas las bacterias aeróbicas y anaerobias facultativas, Gram negativas, no esporuladas que desarrollan una colonia roja con brillo metálico dentro de 24 horas de incubación en un medio tipo Endo conteniendo lactosa. El grupo coliformes produce aldehídos por la fermentación de la lactosa. E. coli bacteria perteneciente al grupo coliformes, que en un medio adecuado y a una temperatura restrictiva de $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, fermenta la lactosa produciendo ácido, gas, posee actividad β -D-glucoronidasa y actividad triptofanasa. Son negativas a la actividad oxidasa y ureasa.

Materiales reactivos y equipos

Bomba de vacío 15 cm Hg y < 25 Bar de presión

Baño de agua termoregulado a $44,5^{\circ} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$

Manífol o soporte

Vasos de filtración plásticos de 47 mm de diámetro sin recipiente inferior (Millipore XX 11047.10).

Filtros de membrana de ésteres mezclados de acetato y nitrato de celulosa, poro de 0,45 μm , superficie cuadrículada, que retengan los organismos a ser cultivados, estables, libres de químicos que puedan inhibir o estimular el desarrollo microbiano, resistentes a la filtración (5 minutos), envase de 200 unidades (Millipore HAWG 047 S1).

Placas Petri plásticas estériles de 47 mm. de diámetro, cj 100 unidades (Millipore PD10 047 00).

Matraces de 2000 mL con Silica gel.

Botellón de 25 000 mL. 6.3. MEDIOS DE CULTIVO Y DILUYENTE

Agar M-Endo Les

Agua de dilución buffer fosfato estéril

Caldo Lauril Sulfato Triptosa (LST)

Caldo Bilis Verde Brillante (BVB)

Caldo EC-MUG

Procedimiento

Colocar la membrana de 0,45 mm en el soporte con pinza estéril.

Homogeneizar la muestra agitándola vigorosamente 25 veces, con movimientos de arriba abajo.

Verter 100mL. de la muestra, en el vaso del filtro y aplicar vacío, para hacer pasar la muestra a través de la membrana. El vacío no debe exceder de 15 libras de presión.

Enjuagar el vaso tres veces, con porciones de 20 a 30 mL. cada vez, de agua de dilución, y aplicar vacío igual que en la muestra.

Cada vez que se procesen muestras incorporar un control de esterilidad de agua de dilución. Si se procesa un mayor número de muestras incorporar este control cada 10 muestras.

Retirar la membrana con una pinza estéril y depositarla en una placa Petri plástica, preparada previamente con 4 mL. de agar M Endo Les. Las placas preparadas se guardan en refrigeración y protegidas de la luz, y pueden usarse hasta dos semanas después de su preparación.

Presionar suavemente la membrana sobre el medio de cultivo utilizando pinza estéril.

Incubar 22 a 24 hrs. a 35+/- 0,5° C, en incubadora de aire con 15 % de humedad o en caja plástica cerrada con esponja humedecida.

Contar las colonias típicas y atípicas. Ocasionalmente colonias típicas pueden ser producidas por organismos no coliformes y colonias atípicas pueden ser producidas por organismos coliformes, por lo que se recomienda verificar un número representativo de colonias típicas y atípicas. Colonias típicas: color rojo, con brillo metálico. Colonias atípicas: color rojo intenso sin brillo metálico.

Registrar el recuento de colonias presuntivo en el registro código RG-712.00-025 y realizar las pruebas confirmativas para coliformes.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológico serán analizados y tratados estadísticamente a través de un test de Distribución Normal ya que se compara cada variable con el valor de referencia de las normas.

muestra	PARAMETROS FISICOS			PARAMETROS QUIMICOS				MICROBIOLOGICO
	°T (°C)	Ω (mS/m)	STD (mg/L)	pH	fluor (mg/L)	nitratos (mg/L)	nitritos (mg/L)	coliformes fecales (UFC)
1 VER 1	21.2	1501	751	7.59	1.14	1.8	0.007	18
2 VER 1	21.4	1509	757	7.62	1.16	1.7	0.009	20
3 VER 2	22.6	1726	863	8.00	1.13	1.9	0.004	10
4 VER 2	22.3	1719	859	7.95	1.13	2.0	0.005	12
5 TANQ	22.3	1698	849	7.70	1.14	2.2	0.006	21
6 TANQ	22.5	1705	851	7.85	1.15	2.1	0.008	20
7 casa	19.9	1765	885	8.27	1.23	2.5	0.006	31
8 casa	19.7	1646	883	7.89	1.50	1.1	0.011	41
9 casa	19.9	1653	827	7.73	1.66	0.9	0.007	134
10 casa	19.7	1656	828	7.67	1.42	1.7	0.009	42
11 casa	20.1	1654	827	7.70	1.50	2.3	0.005	31
12 casa	19.8	1649	824	7.71	1.72	1.2	0.002	63
13 casa	20.3	1659	830	7.09	1.51	1.3	0.004	82
14 casa	21.2	1669	834	7.72	1.53	1.5	0.009	27
15 casa	19.1	1470	735	7.77	1.32	1.7	0.012	112
16 casa	19.4	1647	823	7.71	1.45	1.4	0.015	101
17 casa	19.3	1641	821	7.67	1.28	2.1	0.013	93
18 casa	19.5	1644	822	7.73	1.42	1.8	0.021	32
19 casa	19.2	1650	825	7.77	1.52	2.3	0.017	28
20 casa	19.5	1648	824	7.91	1.55	2.2	0.009	35
21 casa	20.0	1654	827	7.84	1.49	1.7	0.016	19
22 casa	20.2	1655	827	7.64	1.36	1.6	0.021	19
23 casa	20.2	1758	875	7.74	1.39	1.3	0.025	99
24 casa	20.2	1760	880	7.68	1.38	2.9	0.023	98
25 casa	20.6	1635	818	7.69	1.41	2.8	0.019	32
26 casa	20.1	1646	823	7.67	1.52	3.0	0.023	26
27 casa	19.8	1640	820	7.64	1.53	1.1	0.026	91
28 casa	19.3	1659	829	7.65	1.60	1.7	0.009	59
29 casa	19.5	1652	826	7.69	1.47	1.8	0.015	23
30 casa	19.7	1653	826	7.78	1.38	2.0	0.017	65
31 casa	20.8	1657	829	7.71	1.28	1.5	0.024	67
32 casa	20.1	1649	825	7.79	1.23	1.5	0.024	56
33 casa	19.8	1648	824	7.69	1.34	2.1	0.029	38
34 casa	20.7	1656	828	7.71	1.50	2.3	0.027	38
35 casa	20.3	1654	827	7.71	1.25	2.7	0.029	83
36 casa	20.1	1652	826	7.67	1.27	3.0	0.022	92
37 casa	20.3	1654	827	7.69	1.31	2.2	0.025	74
38 casa	20.3	1659	829	7.65	1.23	2.5	0.027	25

TABLA. 5 Resultados del Análisis Físico, químico y Microbiológico del agua de cubijies

3.1. Parámetros Físicos

3.1.1. Temperatura

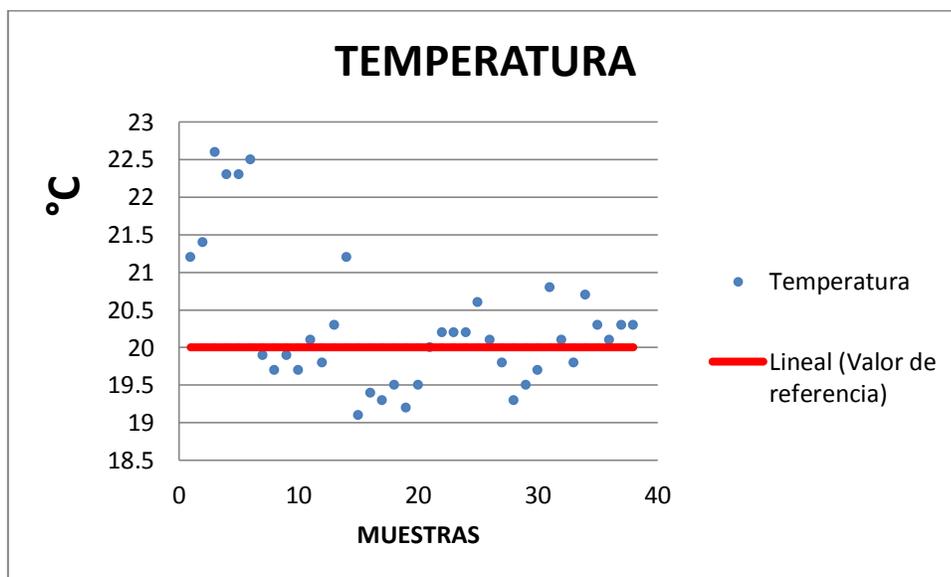


Figura No. 3 Valores de Temperatura

Datos

$$\mu = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \sigma = 1$$

Formulacion de hipótesis

H₀: $\mu \geq 20$ El promedio de temperatura de el agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

H_a: $\mu < 20$ El promedio de temperatura de el agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Z _{tab} = 0,005	-1,95996398	1
	-2,9987449	1,53

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed	20,28684
	$\mu=20$	20
	$\sigma=$	1,53
	n=	38
	$\alpha=$	0,05

Z calculado= 1,15570

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

Zc>Ztc

i: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

Zc<Ztc Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo tanto

i: aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

No hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula.

Los resultados de temperatura obtenidos de la Parroquia Rural de Cubijés son muy altos ya que la recolección de las muestras se realizó a partir de las 10 AM hasta las 12:30 PM con un termómetro de mercurio, ha existido un incremento en la temperatura ambiente por lo que el agua aumenta su temperatura, lo cual beneficia a un mayor crecimiento de microorganismos. Los datos se encuentran dentro de los parámetros normales.

La temperatura varía de acuerdo a los cambios climáticos que se presentan en la zona donde se toma la muestra.

3.1.2. Conductividad

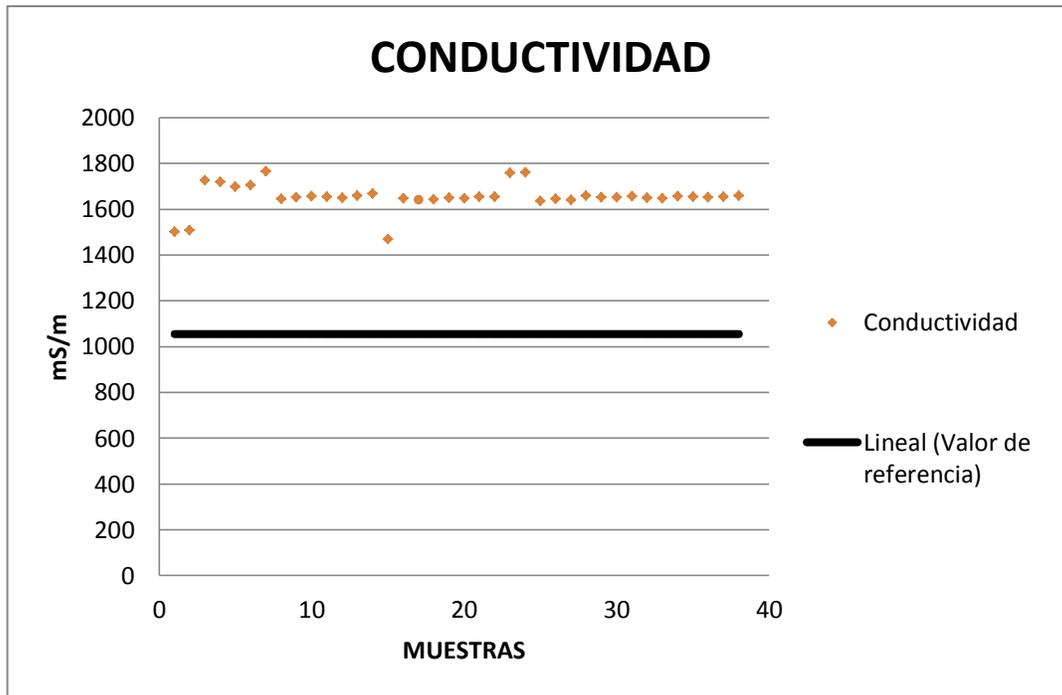


Figura No. 4 Valores de Conductividad del agua de la parroquia Cubijés

Datos

$$\mu = 1055$$

$$\sigma = 1$$

Formulacion de hipótesis

H₀: $\mu \geq 1055$ El promedio de conductividad de el agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

H_a: $\mu < 1055$ El promedio de conductividad de el agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

Nivel de significancia

$\alpha =$	0,05		
$Z_{tab} = 0,005$	-1,95996398	1	
	-2,9987449	1,53	

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed=	1653,94737
	$\mu=20$	1055
	$\sigma=$	1
	n=	38
	$\alpha=$	0,05

Z calculado= 3692,15954

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

$Z_c > Z_{tci}$: No hay evidencia significativa para rechazar la H_0

Rechazamos la hipótesis H_0 (Hipótesis nula) por lo
 $Z_c < Z_{tci}$: tanto aceptamos la H_a (Hipótesis alternativa)

Conclusión

No hay evidencia significativa para rechazar la hipotesis nula por lo tanto la conductividad del agua es mayor a la establecida por la norma.

Mientras el agua presente una gran concentración de sólidos disueltos, es decir la suma de todos los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, la conductividad aumentará, lo que ayuda a una mayor multiplicación de microorganismos; los datos fueron registrados por un equipo HACH que presenta un electrodo específico para la determinación de conductividad, se realizaron siguiendo las normas de muestreo descrita en la norma NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras.

La conductividad se incrementa por el aumento en la temperatura en la zona de muestreo y la hora de recolección. Los resultados de conductividad del agua de Cubijés comparados con los de otros lugares es muy elevado, la conductividad debe ser valorada *in situ* ya que puede alterar sus valores si se transporta de una manera errónea, en estudios realizados en el cantón Guano por la Ing. Cinthia Cevallos en el 2015 se observó valores inferiores a los de la parroquia de Cubijés lo que indica una alteración en la vertiente de ésta parroquia rural.

3.1.3. Sólidos Totales Disueltos

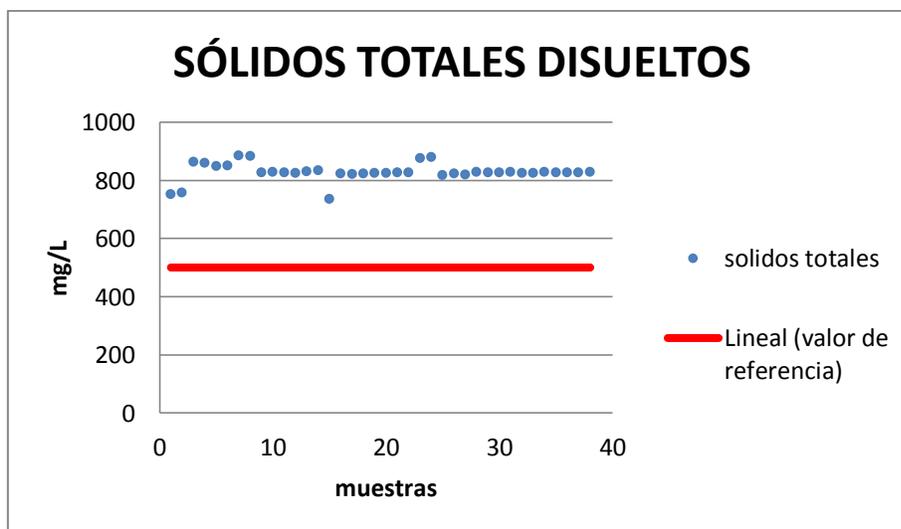


Figura No. 5 Valores de Sólidos Totales Disueltos del agua de la parroquia Cubijés

Datos

$\mu = 500$ $\sigma = 1$

Formulacion de hipótesis

H0: $\mu \geq 500$ El promedio de sólidos totales disueltos de el agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

Ha: $\mu < 500$ El promedio de sólidos totales disueltos de el agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

Nivel de significancia

$\alpha =$	0,05		
Ztab= 0,005	-1,95996398	1	
	-2,9987449	1,53	

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed	828,52632
	$\mu =$	500
	$\sigma =$	1
	n=	38
	$\alpha =$	0,05

Z calculado= 2025,17222

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

Zc > Ztci: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho
Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo

Zc < Ztci: tanto aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

No hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula por lo tanto los niveles de sólidos totales disueltos del agua es mayor a la establecida por la norma

Los valores obtenidos de Sólidos totales disueltos se encuentran por encima de los establecidos en la norma TULAS 2003, la medición se realizó en un equipo HACH con un electrodo de vidrio.

En estudios similares se reporta valores cercanos a los obtenidos en éste proyecto, en un análisis del agua de río Tomebamba en Cuenca en el 2014 realizado por la Ing. Ana Peñafiel indica que si el parámetro de sólidos totales disuelto es alto, es un indicativo de contaminación del agua.

3.2. Parámetros Químicos

3.2.1. pH

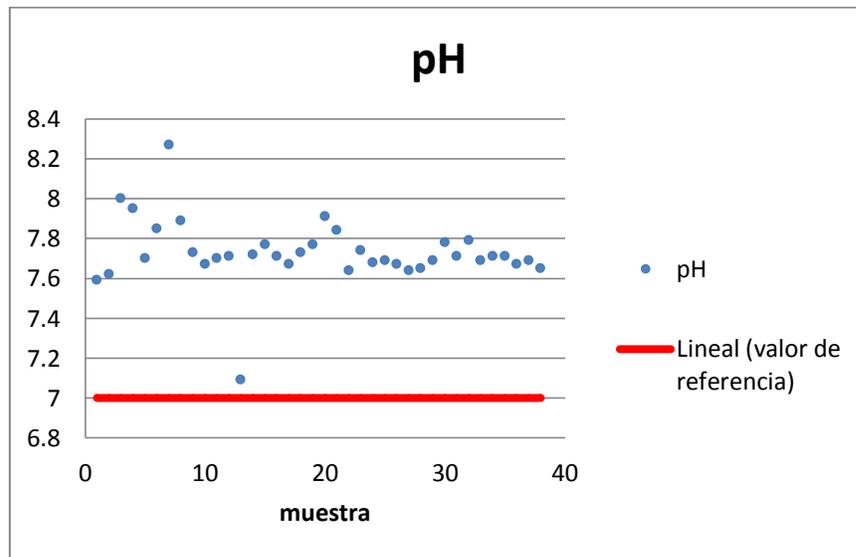


Figura No. 6 Valores de pH del agua de la parroquia Cubijés

Datos

$$\mu = 7 \quad \sigma = 1$$

Formulación de hipótesis

H₀: $\mu \geq 7$ El promedio del pH de el agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

H_a: $\mu < 7$ El promedio del pH de el agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma TULAS 2003.

Nivel de significancia

$\alpha =$	0,05	
Z _{tab} = 0,005	-1,95996398	1
	-0,5007708	0,2555

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed	7,72868
	$\mu = 20$	7
	$\sigma =$	0,2555
	n =	38
	$\alpha =$	0,05

Z calculado = 17,58087

Z tabulado = -1,959963985

Regla de desición

Zc>Ztci: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo
Zc<Ztci: tanto aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

No hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula por lo tanto los niveles de pH del agua es mayor o igual a la establecida por la norma

El pH del agua para consume humano debe tender a la neutralidad es decir un pH de 7, los datos se obtuvieron con un electrodo específico para la determinación de pH, calibrado por los técnicos del laboratorio del Agua Potable de Riobamba.

Los valores superan el valor normal ya que existe un incremento en la temperatura del agua, así como una gran concentración de sólidos disueltos en la misma. El análisis se realizó siguiendo la norma NTE INEN-ISO 10523 Determinación del pH.

En todos los estudios realizados acerca de calidad de agua es indispensable la determinación del pH. Los análisis realizados en el laboratorio de EP-EMAPAR diariamente al agua que se consume en Riobamba muestra valores inferiores a los obtenidos en la parroquia Cubijés, esto porque existe una mejor red de tuberías y se da un tratamiento para su distribución.

3.2.2. Fluoruros

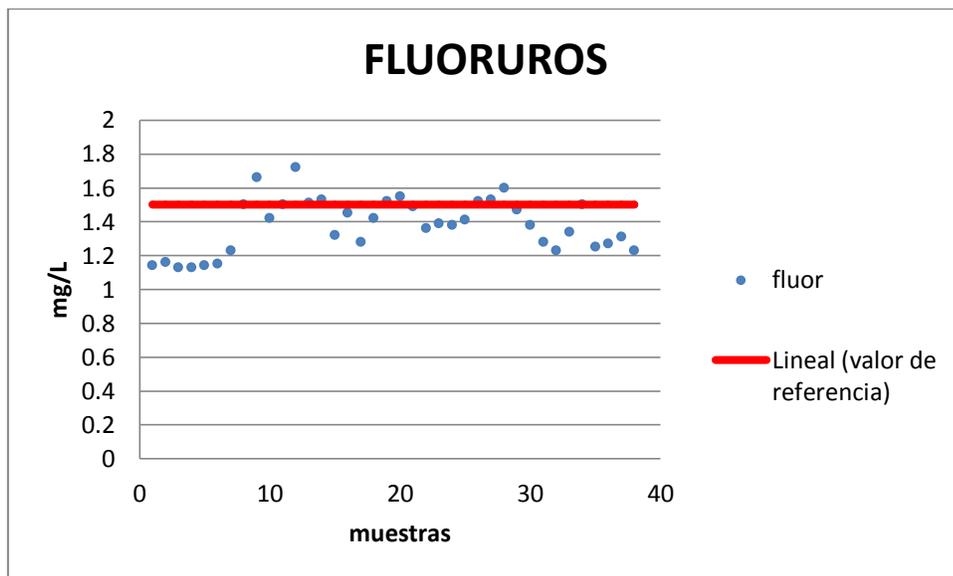


Figura No. 7 Valores de Fluoruros del agua de la parroquia Cubijés

Datos

$$\mu = 1,5 \quad \sigma = 1$$

Formulacion de hipótesis

H0: $\mu \geq 1,5$ El promedio de fluoruros del agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Ha: $\mu < 1,5$ El promedio de fluoruros del agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Nivel de significancia

$\alpha =$	0,05	
Ztab = 0,005	-1,95996398	1
	-0,5007708	0,2555

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed	1,37895
	$\mu=20$	1,5
	$\sigma=$	1
	n=	38
	$\alpha=$	0,05

Z calculado= -0,74622

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

Zc > Ztci: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo
Zc < Ztci: tanto aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

Rechazamos la hipótesis nula por lo tanto aceptamos la hipótesis alternativa que nos dice que el nivel de fluoruros del agua es menor al de la norma establecida

El fluor en pequeñas concentraciones puede ayudar a prevenir la caries dental, el límite establecido en la norma INEN es de 1.5 mg/L, de los resultados obtenidos un 23.68% de los mismos supera éste valor. El fluor se encuentra en el agua de vertientes ya que normalmente se localiza en la corteza terrestre y por infiltraciones se adiere al agua. El promedio de fluoruros que presenta el agua en la parroquia Cubijés es de 1.37 mg/L lo que

indica que está dentro de los parámetros normales y puede ser consumida por los pobladores de la parroquia.

Un estudio similar realizado en la parroquia de San Luis en el cantón Riobamba por el BQF. Fabricio Tierra muestra un valor medio de 1.3 mg/L, similar al obtenido en éste análisis es decir apta para el consumo.

3.2.3. Nitritos

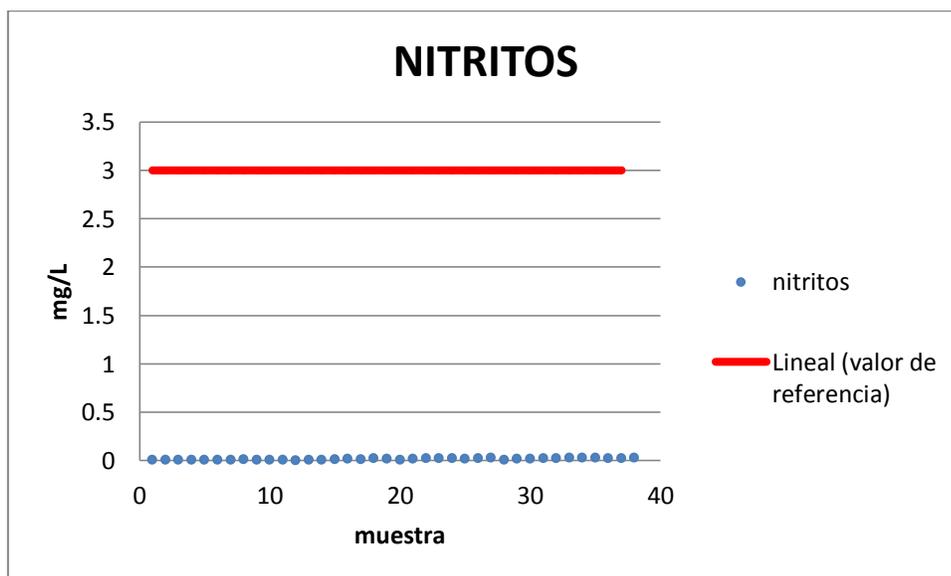


Figura No. 8 Valores de Nitritos del agua de la parroquia Cubijés

Datos

$$\mu = 3 \quad \sigma = 1$$

Formulacion de hipótesis

H₀: $\mu \geq 3$ El promedio de nitritos del agua de Cubijés es mayor o igual al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

H_a: $\mu < 3$ El promedio de nitritos del agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Nivel de significancia

$\alpha=$	0,05	
$Z_{tab}= 0,005$	-1,95996398	1
	-0,5007708	0,2555

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed	0,01526
	$\mu=20$	3
	$\sigma=$	1
	n=	38
	$\alpha=$	0,05

Z calculado= -18,39915

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

$Z_c > Z_{tc}$

i: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

$Z_c < Z_{tc}$ Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo tanto

i: aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

Rechazamos la hipótesis nula por lo tanto aceptamos la hipótesis alternativa que nos dice que el nivel de nitritos del agua es menor al de la norma establecida.

Todos los resultados obtenidos en éste análisis se encuentran por debajo del valor permitido por la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos que es de 3.0 mg/L, el valor máximo que se obtuvo fue de 0.029 mg/L en dos viviendas, teniendo un promedio de 0.015 mg/L.

Fabricio Tierra en su tesis en 2015 indica valores un poco menores en el agua de la parroquia de San Luis en Riobamba, pero esto no influye en la calidad de agua, lo que nos indica que no existe contaminación por nitrógeno en forma de nitritos en el agua de la parroquia Cubijíes

3.2.4. Nitratos

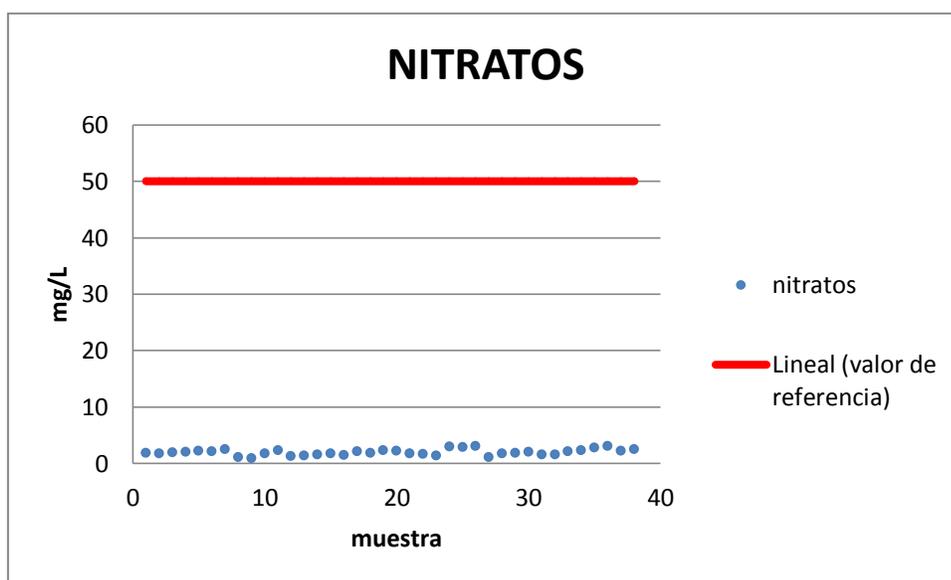


Figura No. 9 Valores de Nitratos del agua de la parroquia Cubijíes

Datos

$$\mu = 50 \quad \sigma = 1$$

Formulación de hipótesis

H0: $\mu \geq 50$ El promedio de Nitratos del agua de Cubijíes es mayor o igual al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Ha: $\mu < 50$ El promedio de Nitratos del agua de Cubijés es menor al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable.
Requisitos.

Nivel de significancia

$\alpha =$	0,05	
Ztab= 0,005	-1,95996398	1
	-0,5007708	0,2555

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed=	1,93158
	$\mu = 20$	50
	$\sigma =$	1
	n=	38
	$\alpha =$	0,05

Z calculado= -296,31365

Z tabulado= -1,959963985

Regla de desición

Zc > Ztci: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

Zc < Ztci: Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo tanto aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

Rechazamos la hipótesis nula por lo tanto aceptamos la hipótesis alternativa que nos dice que el nivel de Nitratos del agua de Cubijíes es menor al de la norma establecida

Los resultados del análisis de nitratos presentes en el agua de la parroquia rural Cubijíes del cantón Riobamba están en un 100% por debajo de lo establecido en la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, 50 mg/L, las muestras fueron tomadas en el mes de enero y febrero del 2016, a una temperatura promedio de 20 °C, obteniendo un valor promedio de 1.93 mg/L.

El nitrato se encuentra en tierras destinadas a la agricultura y puede filtrarse a aguas subterráneas por lo que es común encontrarlo en agua de vertiente.

Comparando con el estudio realizado en la parroquia de San Luis por la cercanía se observa un promedio de 0.024 mg/L, inferior al obtenido en la parroquia de Cubijíes, sin embargo esto no altera el resultado de que no existe una contaminación por nitratos en el agua que consumen los pobladores de Cubijíes.

3.3. Parámetro Microbiológico

3.3.1. Coliformes Fecales

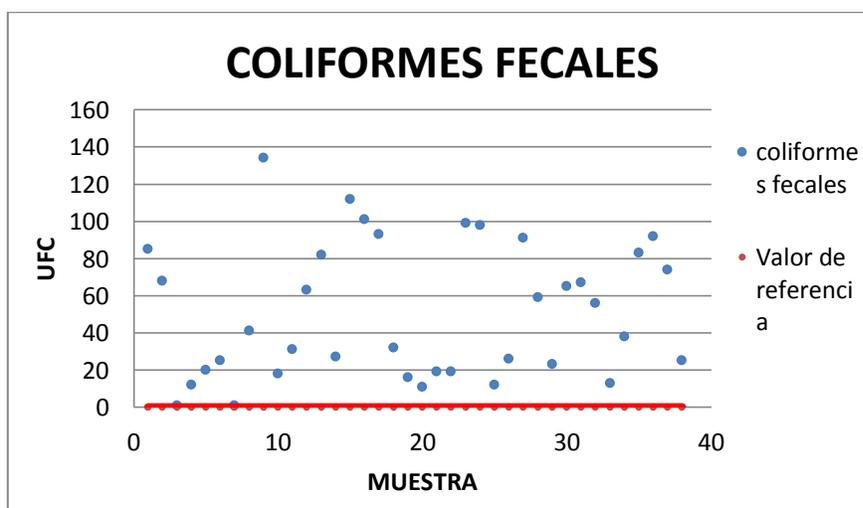


Figura No. 10 Valores de Coliformes Fecales del agua de la parroquia Cubijíes

Datos

$$\mu = 0 \quad \sigma = 1$$

Formulación de hipótesis

H0: $\mu > 0$ El promedio de coliformes fecales del agua de Cubijés es mayor al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Ha: $\mu \leq 0$ El promedio de coliformes del agua de Cubijés es menor o igual al valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos.

Nivel de significancia

$$\begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ Z_{tab} = 0,005 \end{array} \quad \begin{array}{l} -1,95996398 \\ -0,5007708 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1 \\ 0,2555 \end{array}$$

Estadístico de prueba

Distribución Normal Estandar

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cálculo del estadístico

Datos	Xmed=	51.50000
	$\mu=20$	0
	$\sigma=$	1
	n=	38
	$\alpha=$	0,05

Z calculado= 317.46732

Z tabulado= -1.959963985

Regla de desición

Zc>Ztci: No hay evidencia significativa para rechazar la Ho

Rechazamos la hipótesis Ho(Hipótesis nula) por lo
Zc<Ztci: tanto aceptamos la Ha(Hipótesis alternativa)

Conclusión

No hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula por lo tanto los coliformes fecales del agua de Cubijés es mayor a la establecida por la norma

La norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, establece que el valor permitido para Coliformes Fecales es < 1 UFC. Lo que significa que no debe existir ningún crecimiento. El análisis se lo realizo por el método de Filtración de Membrana en el Laboratorio de la EP-EMAPAR, los resultados muestran un crecimiento en el 100% de las muestras obtenidas de las vertientes, tanque de almacenamiento y viviendas de la Parroquia rural Cubiés del cantón Riobamba. El promedio de crecimiento de coliformes fecales en las muestras analizadas es de 52 UFC, lo cual es un valor muy alto y permite determinar que existe contaminación del agua.

En la vertiente 2 (la calera), hubo el valor de crecimiento más bajo de 12 UFC, ya que ésta vertiente se encontraba con cerramiento y tiene un mejor cuidado que la vertiente 1 (El Egido), que muestra un mayor crecimiento de Coliformes ya que ésta se encuentra al aire libre y en una zona donde llevan a pastar a animales, lo cual produce una gran contaminación del agua. Sin embargo los resultados obtenidos son muy desalentadores para los pobladores que consumen diariamente ésta agua.

CONCLUSIONES

- Se realizó el muestreo a los beneficiarios del agua de la parroquia Cubijés siendo un total de 38 muestras, dos en la vertiente 1, dos en la vertiente 2 y dos en el tanque reservorio; las 32 muestras estantes se obtuvieron de la cabecera parroquial, en domicilios de los pobladores, siguiendo las especificaciones presentes en las normas NTE INEN 1105:1983. Aguas. Muestreo para examen microbiológico, NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras; los parámetros medidos fueron comparados con los valores establecidos en las normas NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, y TULAS 2003, las cuales son normas de Calidad vigentes en nuestro país.
- Por medio de los resultados obtenidos del análisis físico del agua que consumen los habitantes de la parroquia rural de Cubijés se puede concluir que no cumple con los requisitos de calidad ya que si bien la Temperatura se encuentra dentro de los parámetros normales ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$); en cuanto a la Conductividad, el 100% de las muestras superan el límite establecido en las normas (1055 mS/m); los Sólidos Totales Disueltos, el 100% de los valores obtenidos sobrepasan el valor máximo presente en las normas (500 mg/L), lo que nos indica que se trata de una agua con una alta dureza (alto contenido de minerales especialmente de Ca y Mg).
- Se determinó los parámetros químicos del agua de Cubijés; el pH en el 100% de las muestras se encuentra por encima del valor de neutralidad (7) que debe presentar el agua apta para el consumo, en cuanto a Fluoruros el 76.32% de las muestras se encuentran dentro del máximo permitido (1.5 mg/L); los Nitritos, el 100% de los valores obtenidos están por debajo del límite establecido en las normas (3.0 mg/L), en la determinación de Nitratos, el 100% de las muestras se encuentran dentro del límite (50 mg/L). con éstos resultados se puede concluir que basándose únicamente

en parámetros químicos el agua de la parroquia Cubijés cuenta con la calidad necesaria para ser consumida por sus pobladores.

- Se realizó el análisis microbiológico de las muestras de agua obtenidas en la parroquia rural Cubijés del cantón Riobamba, a través de la cuantificación de Coliformes Fecales por el método de filtración de Membrana; los resultados muestran que en el 100% de las muestras existe una contaminación por Coliformes Fecales, siendo el requisito en la norma NTE INEN 1108:2014 (Agua potable. Requisitos) el valor <1 lo que significa que no debe haber crecimiento de UFC. Éstos resultados permiten concluir que el agua que consumen no es inocua ni de calidad.
- Si bien el agua de la parroquia Rural de Cubijés del cantón Riobamba cumple con algunos parámetros de calidad físicos y químicos, el parámetro indispensable para determinar si el agua es apta o no para su consumo es el análisis microbiológico, al existir el crecimiento de Coliformes Fecales en todas las muestras obtenidas de la población se concluye que el agua no es apta para el consumo humano y puede afectar a la salud de los habitantes que la consuman.

RECOMENDACIONES

- Realizar una charla de concientización a la población de la parroquia rural de Cubijíes sobre el riesgo que corren si consumen el agua que se distribuye, dar a conocer los problemas que pueden presentarse en su salud si continúan con el consumo de ésta agua, así como métodos caseros de desinfección.
- Para reducir los sólidos totales disueltos en el agua y de esta manera reducir la dureza se recomienda realizar una descalcificación en el tanque de reserva, utilizando el carbonato de sodio (o de potasio) y cal. Estas sustancias causan la precipitación del Ca como carbonato y del Mg como hidróxido.
- Se recomienda realizar un estudio parasitológico en la población de la parroquia ya que existe la presencia de heces de animales en las vertientes lo que puede contaminar el agua.
- A las autoridades de GADP Cubijíes se recomienda construir la infraestructura necesaria en la vertiente 1 para que no exista la invasión de animales que provoquen la contaminación del agua por sus heces fecales; así como la implementación de una planta de potabilización, o por lo menos se dé un tratamiento con cloro para su desinfección.
- Realizar análisis de la calidad del agua de la parroquia periódicamente para mantener alerta a la población del estado en que se encuentra el agua que consumen.

BIBLIOGRAFIA

1. Tocto A.; (2013); *Evaluación de la calidad del agua en la parroquia San Pablo del Lago, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura, utilizando un cromatógrafo de intercambio iónico con supresión química, previamente validado el método APHA 4110*; Carrera de Ingeniería en Biotecnología; Departamento de Ciencias de la Vida; Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; Quito; Ecuador.
2. Del Puerto A.; Concepción M.; Iglesias A.; (1999) *Calidad del agua y enfermedades de transmisión digestiva*. Revista Cubana de Medicina General Integral; Vol. 15(5): 495-502.
3. Rodríguez R.; Martínez C.; Hernández D.; Lucas J.; Acevedo M.;(2003); *Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza*; Revista Española de Salud Publica; Vol. 77(3): 423-432.
4. Robles E.; Ramírez E.; Durán A.; Martínez M.; González M.; (2013); *Calidad Bacteriológica Y Físicoquímica del agua del Acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México*; Avances en Ciencias e Ingeniería; Vol. 4(1), 19-28.
5. Rojas Y.; Jordán M.; Yegres ., Araujo J.; *Caracterización microbiológica del suelo, agua y aire en el humedal Quebrada de Guaranao, Paraguaná, estado Falcón*; REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA 3ª época; Año 4 N° 9: 11 – 33.
7. CARRERA, C. y FIERRO K, 1994. Los Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores de Calidad de Agua.

8. Costa J. M. Antelo, F. Arce, D. Cores, M. C. Fernández *Riegos y Drenajes XXI*, 81, 17-20, 1995. Aplicación de los índices de calidad para aguas de riego a los ríos de Galicia.
9. Deutsch, W., Duncan, b., y Ruiz. S. 2003. Manual de Certificación Básica, Monitoreo Físico y químico del Agua, Quito-Ecuador. .
10. GAIBOR ORBE JAIME. 2005. Inventario Participativo y Propuesta de alternativas de manejo sustentable de los Recursos Hídricos de la Microcuenca del Río Pitzambiche.
11. INEN, 2009. Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108.
12. ISO 9308-1:2000. Calidad del agua. Detección y recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes. Parte 1: Método de filtración por membrana.
13. J. M. Antelo, F. Arce, D. Cores, J. Crugeiras, M. C. Fernández pg 75, 25-32, 1990. Índice biológico de calidad *Tecnología del Agua*.
14. J. M. Antelo, F. Fernández, M. R. Solorzano, D. Prada *Tecnología del Agua*, 69, 57-61, 1990. Calidad de las aguas del río Anllons. III.-Índice biológico de calidad.
15. Norma Venezolana COVENIN N° 2408 – 86. agua. Determinación de Dureza Total y Calcio.
16. Método Volumétrico. Determinación de Magnesio por Cálculo.
17. Norma Venezolana COVENIN N° 2188 – 84. Agua Potable. Determinación de Alcalinidad.
18. Norma Venezolana COVENIN. N° 2187 – 84. Agua Potable. Determinación de Acidez
- 19.** Norma Venezolana COVENIN N° 2138 – 84. Agua Potable Determinación de Cloruros y Calcio.
20. Permeabilidad Rocas. 2008. Principios/Aplicaciones de la Interpretación de Registros (Schlumberger).

21. Rivas Mijares Gustavo. 2001 "Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados"
Segunda edición. Editorial Vegas – Caracas. Pág. 301
22. SHEPPARD T. POWELL, 2005. Manual de Aguas para usos Industriales.
Ediciones ciencias y técnicas. Volumen 4.

ANEXOS

Anexo 1. “Tablas de planes de muestreo”.

CÓDIGOS DE TAMAÑO DE MUESTRA								
TAMAÑO DEL LOTE		NIVELES ESPECIALES DE INSPECCIÓN				NIVELES GENERALES DE INSPECCIÓN		
DE	A	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2	8	A	A	A	A	A	A	B
9	15	A	A	A	A	A	B	C
16	25	A	A	B	B	B	C	D
26	50	A	B	B	C	C	D	E
51	90	B	B	C	C	C	E	F
91	150	B	B	C	D	D	F	G
151	280	B	C	D	E	E	G	H
281	500	B	C	D	E	F	H	J
501	1.200	C	C	E	F	G	J	K
1.201	3.200	C	D	E	G	H	K	L
3.201	10.000	C	D	F	G	J	L	M
10.001	35.000	C	D	F	H	K	M	N
35.001	150.000	D	E	G	J	L	N	P
150.001	500.000	D	E	G	J	M	P	Q
500.001	mayores	D	E	E	J	N	Q	R

Anexo 2. “Planes de muestreo simple para inspección reducida”

Letra código de tamaño de muestra	Tamaño de muestra	Nivel aceptable de calidad, NAC, en porcentaje de ítems no conformes o no conformidades por 100 ítems (inspección estricta)																									
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	3	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
C	5	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
D	8	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
E	13	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
F	20	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
G	32	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
H	50	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
J	80	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
K	125	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
L	200	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
M	315	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
N	500	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
P	800	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Q	1 250	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
R	2 000	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
S	3 150	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑

- = use el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote lleve a cabo inspección 100 %.
- = use el primer plan de muestreo arriba de la flecha
- = Número de aceptación
- = Número de rechazo

Anexo 3. Imágenes del muestreo del agua de la parroquia rural Cubijfes.



Vertiente 1 (El Egido)



Vertiente 2 (La Calera) y Tanque Reservorio





Cooler para transporte de muestra

Gel de Hielo para transporte de muestra

Anexo 4. Imágenes del análisis de las muestras de agua de la parroquia rural Cubijíes



Muestras de agua de Cubijíes



Campana de flujo laminar



Electrodos para Análisis físico del agua



Fotómetro HACH para análisis químico de agua



Autoclave

Anexo 5. Imágenes del análisis químico del agua de la parroquia rural Cubijés



Nitritos



Nitritos



Nitratos



Nitratos



Fluoruros



Fluoruros

Anexo 6. Imágenes del análisis microbiológico del agua de la parroquia rural Cubijíes





