

Universidad de Cuenca



**Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Bioquímica y Farmacia**

**Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de
Cuenca**

Tesis previa a la obtención del
título de Bioquímico Farmacéutico

Directora:

Dra. Gladys Guillermina Pauta Calle
C.I. 0300691045

Asesora:

Dra. Jessica Andrea León Vizñay
C.I. 0104848098

Autores:

Carlos Andrés Rivera Pesántez
C.I. 0105216022
Liliana Emperatriz Ochoa Delgado
C.I. 0105933550

Cuenca - Ecuador
2018



Resumen

Este estudio se realizó en los cuatro ríos de la Ciudad de Cuenca, con el objetivo de identificar y cuantificar microorganismos indicadores de contaminación fecal y ambiental como: *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp*, *Enterococcus faecalis* y Mohos y Levaduras.

Para la determinación de *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp* se usó una técnica de floculación inorgánica y posterior tinción con colorantes inmunofluorescentes. El recuento de *Streptococos totales* y *Enterococcus faecalis* se realizó mediante el método de filtración de membrana. En cuanto a los Mohos y Levaduras se realizó la técnica de placa fluida.

Se evidenció como resultado la presencia de *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp*, *Enterococcus faecalis* y Mohos y Levaduras, en las zonas altas se evidenció bajos recuentos, en la zona media y baja, la concentración aumenta paulatinamente, encontrándose las mayores concentraciones en las últimas estaciones de muestreo.

Se concluyó que el río Tomebamba presentó un mayor recuento de todos los microorganismos en la zona baja, y el que mostró una menor contaminación de este tipo es el río Yanuncay.

Palabras claves: MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN, AFLUENTES, AGUAS RESIDUALES.



Abstract

This study was conducted in the four rivers of the City of Cuenca, with the aim of identifying and quantifying microorganisms indicators of fecal and environmental contamination such as: *Cryptosporidium* spp, *Giardia* spp, *Enterococcus faecalis* and molds and yeasts.

For the determination of *Cryptosporidium* spp and *Giardia* spp an inorganic flocculation technique was used and subsequent staining with immunofluorescent dyes. The total *Streptococcus* and *Enterococcus faecalis* count was performed by the membrane filtration method. Regarding the molds and yeasts, the fluid plate technique was carried out.

The presence of *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp. *Enterococcus faecalis* and Molds and Yeasts was evidenced, in the high zones low counts were evidenced, in the middle and lower zone, the concentration increases gradually, finding the highest concentrations in the last sampling stations .

It was concluded that the Tomebamba river presented a higher count of all the microorganisms in the lower zone, and the one that showed the least contamination of this type is the Yanuncay river.

Keywords: MICROORGANISMS INDICATORS OF POLLUTION, TRIBUTARIES, WASTEWATER.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	2
Abstract.....	3
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1	14
MARCO TEÓRICO.....	14
1.1. Factores constitutivos del río.....	14
1.2. Calidad del agua	14
1.2.1. Contaminación del agua de los ríos	16
1.2.2. Aguas residuales.....	17
1.2.3. Clasificación de las aguas residuales.....	18
1.3. Microorganismos indicadores de contaminación del agua	19
1.3.1. <i>Giardia Spp</i>	21
1.3.2. <i>Cryptosporidium spp</i>	21
1.3.3. <i>Enterococcus</i>	22
1.6.4. Mohos y Levaduras	23
CAPÍTULO II	24
METODOLOGÍA	24
2.1. Área de estudio	24
2.1.1. Ubicación y selección de las estaciones de muestreo	24
2.2. Tipo de estudio.....	25
2.3. Técnicas e instrumentos para la toma de muestras	25
2.3.2. Técnicas de análisis	25
2.5.3. Técnicas e instrumentos de análisis.....	26
2.5.3.1. Recuento de <i>Giardia spp</i> y <i>Cryptosporidium spp</i> en aguas.....	26
2.5.3.2. Determinación de <i>Enterococcus faecalis</i>	29
2.5.3.3. Determinación de mohos y levaduras	30
2.6. Materiales y equipos.....	31
2.7. Tratamiento estadístico de los datos.....	32
CAPÍTULO III	33
RESULTADOS	33
3.1. Determinación de ooquistes de <i>Cryptosporidium spp</i> y quistes de <i>Giardia spp</i>	33
3.2. Determinación de <i>Enterococcus faecalis</i>	34
3.3. Determinación de Mohos y Levaduras	39

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



3.4. Evaluación de la eficacia del sistema de tratamiento de aguas residuales, implementado en la ciudad, a través de las lagunas de oxidación 41

CONCLUSIONES 43

RECOMENDACIONES 44

Bibliografía..... 45

ANEXOS 54

Anexo 1. Coordenadas de las estaciones de monitoreo tomadas con GPS..... 54

- Coordenadas de los puntos de muestreo - Río Tomebamba..... 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de muestreo 25

Tabla 2. Materiales y métodos31

Tabla 3. Resultados de *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp*32

Tabla 4. Resultados río Machángara – *Streptococcus totales* y *Enterococcus fecales*....33

Tabla 5. Resultados río Tarqui - *Streptococcus totales* y *Enterococcus fecales*35

Tabla 6. Resultados río Tomebamba - *Streptococcus totales* y *Enterococcus fecales*....35

Tabla 7. Resultados río Yanuncay - *Streptococcus totales* y *Enterococcus fecales*36

Tabla 8. Resultados río Machángara – Recuento Mohos y Levaduras39

Tabla 9. Resultados río Tarqui - Recuento Mohos y Levaduras39

Tabla 10. Resultados río Tomebamba - Recuento Mohos y Levaduras.....40

Tabla 10. Resultados río Yanuncay - Recuento Mohos y Levaduras.....40

Tabla 12. Evaluación de la eficacia del sistema de tratamiento de aguas residuales ..43



**Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional**

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de Cuenca**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado

0105933550



**Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional**

Carlos Andrés Rivera Pesántez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de "**Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de Cuenca**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Carlos Andrés Rivera Pesántez.

0105216022



Cláusula de propiedad intelectual

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado, autora del Trabajo de Titulación "**Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de Cuenca**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, octubre de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Liliana", written over a dotted line.

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado.

0105933550



Cláusula de propiedad intelectual

Carlos Andrés Rivera Pesántez, autor del Trabajo de Titulación "**Caracterización microbiológica de las aguas de los ríos de la ciudad de Cuenca**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, octubre de 2018

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Carlos Andrés Rivera Pesántez

0105216022



Dedicatoria

Este trabajo quiero dedicarlo a mis padres Blanca y Gonzalo, por siempre confiar en mí y por todo su apoyo incondicional. A mi hermana Jessica que es mi compañera y la que ha sido mi soporte fundamental es todos estos años. A mi tío Rubén por su apoyo y sus consejos.

Liliana

Dedico este proyecto a la ciudad de Cuenca y a la naturaleza en general, ya que ésta es el eje y base para la vida en nuestro planeta.

Andrés



Agradecimiento

Quiero agradecer a mi familia y amigos que han estado a mi lado apoyándome en todo momento en mi vida como estudiante. También agradecer de una manera muy especial a nuestra tutora la Dr. Guillermina Pauta y a todo el personal del Laboratorio de Sanitaria por su guía y estar siempre dispuestos a colaborarnos. A todos mis profesores que, a lo largo de la carrera nos brindaron sus conocimientos.

Liliana

Agradezco a todas las personas que me apoyaron para la realización de este trabajo, especialmente a mi padre y mi madre quienes se han esforzado para que yo alcanzar mis objetivos.

Andrés



INTRODUCCIÓN

Los ríos, desde la antigüedad han sido los lugares en los que se descargan los desechos de las personas; sin embargo debido al gran volumen de agua de éstos y su corriente, pueden regenerarse a si mismos, por lo que son capaces de neutralizar a las aguas provenientes de residuos de las industrias, hogares, por actividad agrícola, etc. Las aguas residuales que son arrastradas por lo ríos, contaminan a la población de pueblos o caseríos aledaños que hacen uso de esta agua para su supervivencia (Espinoza, Castillo, & Rovira, 2014).

De forma que las descargas de aguas residuales que se efectúan con periodicidad alta y que además implican un gran volumen, provocan que se supere la capacidad de auto regeneración del río y su agua se deteriora en cuanto aumenta la cantidad de microorganismos patógenos para el ser humano y se dificulta la desinfección en los abastos de la misma (Vaca, 2014).

En relación a ello, en las últimas décadas la ciudad de Cuenca, ha experimentado un aumento poblacional y un creciente desarrollo estructural, que ha contribuido al deterioro de la calidad del agua de sus ríos. Los aspectos que más inciden en este tema son los desechos que son arrojados directamente tanto por la población como a través de vertederos ilegales de aguas residuales, camales ilícitos, lavadoras de carros, etc. Pese a las políticas que se han implementado para regular estas actividades, y de que la evacuación del agua residual doméstica se realiza a través de los interceptores marginales que la conducen hasta la planta de tratamiento de Ucubamba para su depuración, la contaminación de los ríos continúa siendo una problemática a tratar, puesto que estos desechos incluyen material biológico como heces fecales de animales y personas, los cuales se caracterizan por poseer parásitos, bacterias patógenos para el ser humano (Alvarado y Cárdenas, 2015).

Ante tal contexto, la importancia del presente estudio radica fundamentalmente en la búsqueda de indicadores de calidad, los cuales difieren de los *coliformes*, organismos tradicionalmente empleados y en los cuales se basa la aptitud del agua para su consumo; no obstante, en aguas potables libres de bacterias coliformes se ha demostrado la presencia de quistes de *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp*, por lo que la Norma Técnica INEN 1008, que establece los requisitos de calidad de agua para consumo humano, exige su ausencia (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).



Por lo tanto, la identificación y cuantificación de microorganismos indicadores de calidad microbiológica en los ríos, proporcionan una valiosa información; pues la presencia de elementos patógenos, constituye un problema de salud pública que debe ser atendido por las entidades encargadas del manejo y distribución del recurso. Ante lo cual, el presente estudio se planteó con la finalidad de identificar microorganismos indicadores de contaminación fecal y ambiental en los ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca, para aportar con datos de calidad y definir los usos que pueden asignarse al recurso. Así, los organismos a estudiar son: *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp*, *Enterococcus faecalis* y Mohos y Levaduras.

Considerando lo expuesto, se ha organizado el trabajo investigativo por capítulos de manera que la información expuesta sea comprensible. Así, en el Capítulo I se efectuó el desarrollo de las bases teóricas que se consideraron importantes para dar soporte al trabajo investigativo, en el Capítulo II se hace mención a la metodología empleada para la obtención de la información, su procesamiento y análisis, para finalmente exponer los resultados obtenidos y con los mismos plantear la discusión, conclusiones y recomendaciones.



CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Factores constitutivos del río

Los elementos que constituyen a los ríos son la pluviometría y la cuenca vertiente. El primero se refiere al agua que se filtra por los ríos y el segundo recolecta el agua proveniente de las lluvias y fluye desde la zona de mayor altitud a la más baja (Peñafiel, 2014).

Así, de acuerdo al curso del río es posible identificar 3 tramos como lo expone Beltran (2009):

- Curso alto: El cual comprende al tramo de mayor cercanía a donde nace; traslada escasa agua, sin embargo atraviesa territorios de elevadas pendientes por lo que la velocidad del agua suele ser más rápida, por lo tanto, la erosión es una actividad sumamente importante que se produce en este tramo arrastrando tierra y piedras.
- Curso medio: Tramo en el que el agua recorre de manera más lenta debido a que el terreno se caracteriza por ser una llanura con lo cual su curso se altera originando curvas llamadas meandros. En algunas partes suelen recibir el agua de otros ríos o afluentes más pequeños, incrementando el caudal.
- Curso bajo: En esta parte, las aguas se desplazan y avanzan lentamente por zonas de escasa pendiente hasta llegar a su desembocadura, es decir es el último tramo del río, y en donde se produce la sedimentación de materiales como la arena.

1.2. Calidad del agua

Se puede entender la calidad desde un punto de vista funcional, como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O desde un punto de vista ambiental, como la define la propuesta de Directiva Marco de las Aguas como las condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y sano, y para que cumpla unos determinados



objetivos de calidad (calidad ecológica). O como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen, etc. (Estrella, Cabezas y Estrada, 1999).

Para Estrella, Cabezas y Estrada (1999) desde el punto de vista del usuario, la calidad del agua define aquellas características químicas, físicas y biológicas, que se emplean como patrón para calibrar la aceptabilidad de un agua cualquiera para un uso determinado; por consiguiente, el término calidad debe considerarse con relación al empleo a que el agua se destina. Se puede hablar de un agua de calidad mala, mediana o excelente desde el punto de vista puramente personal.

En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, uso industrial en calderas, fabricación de productos farmacéuticos, expedición de licencias ambientales, diseño y ejecución de programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y en la regularización y optimización del funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines (Estrella, Cabezas y Estrada, 1999).

La calidad del agua interesa desde diversos puntos de vista:

- Utilización fuera del lugar donde se encuentra (agua potable, usos domésticos, urbanos e industriales, riego).
- Utilización del curso o masa de agua (actividades recreativas: baño, remo, pesca, etc.).
- Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales (ecosistema).

Por lo tanto, hablar de calidad del agua siempre conlleva a integrar el factor de su utilización para una correcta ponderación de ella, dado que sus características de composición pueden indicar que son aptas para algunos usos determinados y excluyentes para otros (Ministerio de Medio Ambiente de Madrid, 2000).

La manera más adecuada de estimar la calidad del agua, es a través de índices que agrupan un conjunto de parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios establecidos (Espinoza, Castillo y Rovira, 2014).

De tal manera que para la presente investigación se consideran únicamente los parámetros biológicos, éstos incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al



hombre y diversos invertebrados (Ministerio de Medio Ambiente de Madrid, 2000). La selección de estos parámetros se puede determinar en función de los usos del agua ya que las exigencias de calidad son diferentes.

Estos estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y pasan por frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos.

Existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad han establecido según sus criterios de seguridad. Sin embargo, los principales organismos indicadores de contaminación fecal son *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, ciertas bacterias termoresistentes y otras bacterias coliformes (Del Pilar, Ávila, & Gómez, 2015).

1.2.1. Contaminación del agua de los ríos

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2000) el agua está contaminada cuando su composición se encuentra alterada de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado en su estado natural. Otra definición indica que el medio acuático está contaminado cuando su composición o estado del agua están modificados directa o indirectamente por el hombre (Ministerio de Medio Ambiente de Madrid, 2000) o por eventos de la naturaleza (Hutchinson, 1967).

Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos de la misma (Ongley, 1997).

Por lo tanto, la contaminación de los recursos hídricos es uno de los problemas más importantes que tienen los organismos de control por la diversidad, desconocimiento y agresividad de las fuentes de contaminación urbana, industrial, minera, hidrocarburífera, agroindustrial y por la multiplicidad, ineficiencia y descoordinación de las instituciones públicas con funciones en la materia (Gallego, 2000).



Incluso en aquellas naciones que se encuentran en desarrollo, hasta el 95% del agua residual es descargada en los ríos aledaños, los mismos que suelen ser una fuente de abastecimiento y que por condiciones económicas y de infraestructura, no reciben los tratamientos adecuados; por lo tanto, los individuos que la ingieren son más proclives a adquirir patologías infecciosas, siendo el problema más importante para la salud en dichas comunidades (Coronel, 2011).

En Ecuador, se conoce que sus ríos principales, se encuentran bajo los efectos de la contaminación, lo que ha aminorado las fuentes de agua para algunas comunidades dependientes de ellos, debido a los factores contaminantes de tipo físico, químico y bacteriológico, principalmente por la descarga de residuos domésticos e industriales en las ciudades, incluso por la intervención de las centrales hidroeléctricas y represas las cuales producen un desvío en el cauce normal de los ríos. Otros motivos se asocian a la actividad agrícola en la cual se emplean elementos químicos para prevenir plagas, tal como sucede con el río Burgay en Cañar, o también se debe a que se acumulan sedimentos, producto de la erosión del suelo y deforestación (Pauta, 2014).

Atendiendo al modo en que se produce la contaminación, de acuerdo con Tarco y Venintimilla (2010) se puede distinguir entre difusa y puntual:

- Difusa: su origen no está claramente definido, aparece en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión, lo que dificulta el estudio de los contaminantes y su control individual. Principalmente correspondería a la contaminación natural.
- Puntual: es producida por una fuente concreta afectando a una zona específica, lo que permite una mejor difusión del vertido. Su detección y su control son relativamente sencillos. Un ejemplo de contaminación puntual sería el vertido de aguas residuales industriales o domésticas, sobre una corriente receptora.

1.2.2. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que contienen sustancias contaminantes ya que han sido empleadas en alguna actividad humana; su descarga directa en los cuerpos de agua altera y modifica la calidad de los mismos, siendo indispensable el tratamiento previo, para su uso como fuente de abastecimiento (Moya & Rodríguez, 2000).

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



Por lo que el natural crecimiento poblacional, plantea una necesidad de buscar mecanismos para eliminar los contaminantes del agua, sean de origen doméstico, agrícola e industrial. Siempre se ha pensado que los ríos poseen una capacidad infinita de autodepuración, y por eso se ha vertido sobre ellos todo tipo de residuos; no obstante, esta es limitada, y por lo tanto se ha producido un paulatino deterioro del recurso, el cual en muchos casos se ha convertido en un problema de salud pública y ambiental, por la naturaleza de los contaminantes que transporta.

Y es que la expansión sumada al desarrollo urbano conllevan un aumento del consumo hídrico, lo que provoca un incremento de aguas residuales. Así, entre el 70% al 80% de aguas domiciliarias se convierten en residuales, las cuales se vierten en los sistemas de alcantarillado, o en sitios de drenaje de diferente tipología. De igual manera, el agua que emplean las industrias en los diferentes procesos productivos, también son vertidas en dichos canales de desfogue, que finalmente desembocan en ríos, lagos y mares (Chiriboga, 2010).

Por ello el adecuado tratamiento de las aguas residuales generadas en las ciudades y su posterior reutilización, contribuyen a un consumo sostenible del recurso, así como la regeneración de los ecosistemas; y para continuar esta línea de recuperación, es necesario que cada ser humano tome conciencia de que este recurso natural es cada vez más escaso.

1.2.3. Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales tienen diversos orígenes (doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, etc.) que determinan sus diferentes características, estas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Agua residual doméstica (ARD): son el producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales; se pueden subdividir en:
- Aguas negras: transportan heces, orina y desechos orgánicos provenientes del inodoro.
 - Aguas grises: aguas jabonosas que pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.



Esta subdivisión es común en el mundo desarrollado; el agua gris puede ser usada en el riego de plantas y reciclada en el uso de inodoros, donde se transforma en agua negra (Ojeda, 2012).

- b) Agua residual municipal o urbana (ARU): son aquellas que se han canalizado en los núcleos urbanos, que han sido empleadas en usos domésticos (inodoros, fregaderos, lavadoras, lavabos, baños). Además, pueden contener residuos provenientes de los arrastres que las aguas de lluvias y actividades industriales urbanas (Seoáñez, 2004).
- c) Agua residual industrial (ARI): provenientes de procesos productivos industriales, pueden contener diversos contaminantes tóxicos dependiendo de la naturaleza de la industria.

La composición de las aguas residuales es muy variada y va a depender del uso que se dé al líquido vital en la población y de las influencias de origen industrial. Por lo tanto, su composición depende de los elementos químicos, biológicos y físicos que contenga; por lo general la mayor parte de residuos son materia orgánica e inorgánica, nutrientes, microorganismos, metales, plaguicidas, etc. (Metcalf & Eddy, 1996)

1.3. Microorganismos indicadores de contaminación del agua

Los microorganismos implicados en la transmisión hídrica de enfermedades como la diarrea, hepatitis o fiebre tifoidea son las bacterias, virus y protozoos. Por ello, para controlar la presencia de microorganismo en el agua que se consume y aquella que se desecha, es necesario realizar análisis, de forma que se pueda conocer la viabilidad de su consumo y determinar la forma de tratarla para que no contamine el ambiente y sobre todo a las personas (Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, 2005).

Existen algunos grupos de microorganismos que se recomiendan emplear como guías para medir la calidad del agua y son relevantes para valorar desde el criterio sanitario y eco sistémico, estos se describen en las siguientes líneas.

- Los coliformes son microorganismos que indican un proceso contaminante reciente además de indicar la degradación de cuerpos de agua. Los coliformes de origen fecal son considerados termo tolerantes ya que pueden soportar temperaturas



elevadas. La capacidad que tienen estos microorganismos de crecer fueran del intestino animal homeotérmico se potencia debido a que existe una condición favorable de materia orgánica, pH, humedad, etc. (Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, 2005).

Para Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez (2005) las bacterias que se hallan usualmente en el agua son las entéricas, las mismas que se hospedan en el tracto gastrointestinal de las personas, estas se eliminan en las heces y cuando llegan al agua disminuye su capacidad de reproducirse y sobrevivir debido a las condiciones ambientales que son muy diferentes. El recuento y detección a nivel del laboratorio son lentos y costosos por lo que se hace uso de los coliformes para ser considerados como indicadores debido a su facilidad de identificación.

- Los *Streptococcus faecalis*, que actualmente se clasificaron como *Enterococcus*, consideran varias especies presentes en las heces fecales de las personas y animales con sangre caliente. Estos revierten de importancia en cuanto la contaminación fecal puede provocar graves problemas en el bienestar de los individuos, y estos agentes junto con coliformes son los que se encuentran en las heces de animales de producción como vacas, cerdos, ovejas, gallinas y patos, aunque se puede considerar que los *Streptococcus faecalis* son los abundantes de estos dos grupos de microorganismos (Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, 2005).

Los *Streptococcus faecalis* adquieren mayor importancia cuando existen sospechas de contaminación fecal y no se encuentran coliformes, tal cual sucede en descargas antiguas, en donde mueren los coliformes faecalis y *E. coli*, pero permanecen los *Enterococcus*, estos no se multiplican en el medio ambiente y son más persistentes en ambientes acuáticos y suelos que *E. coli* (Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, 2005).

De acuerdo con Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez (2005) se pueden dividir en dos grupos las especies de *Enterococcus* encontradas en agua contaminada, el primero se caracteriza por los *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* y *Enterococcus durans*, los cuales generalmente se encuentran en las heces de las personas y animales; el segundo considera *Streptococcus bovis*, *Streptococcus equinus* y *Enterococcus avium*.



- Por otra parte la contaminación por *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp*, ha ganado importancia en los últimos años, ya que estos organismos son considerados patógenos emergentes y los estudios se direccionan hacia detectar, a nivel de laboratorio, procedimientos para desinfectar los cuales ofrezcan garantía para eliminar esta tipología de quistes. Pues el estado de quiste de los protozoos es su forma de mayor resistencia a la inactividad a través de los procedimientos convencionales para tratar las aguas residuales (Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, 2005).

1.3.1. *Giardia Spp*

Giardia spp es un protozoo binucleado y flagelado el cual se encuentra en el intestino delgado de las personas y mamíferos de sangre caliente, más frecuente en todo el mundo causante de la giardiasis, que afecta al ser humano y a los animales domésticos como perros, gatos y el ganado. La forma más común de transmisión es por los alimentos y el agua contaminada con material fecal (Hernández, 2014).

Este protozoo tiene dos fases en su ciclo de vida: el trofozoíto que habita en el intestino delgado, y al cual se asocia con las patologías clínicas y quistes que es su forma de resistencia e infección, responsable de la transmisión del parásito.

Los quistes tienen forma ovalada, con paredes finas y un tamaño de 11µm a 14µm de longitud, de 7µm a 10µm de ancho y de 0,3µm a 0,5µm de grosor. El quiste es resistente a los procesos de desinfección que generalmente se emplean en el tratamiento del agua y puede estar presente en el agua potable; así mismo conserva su viabilidad en agua a 8°C por más de dos meses, a 21°C hasta un mes y a 37°C cerca de cuatro días. *Giardia spp* es un protozoo de mayor conocimiento que *Cryptosporidium spp*, encontrándose también en los intestinos de diferentes animales como trofozoitos y en el agua como quistes. También comparte propiedades comunes, una de ellas es la elevada supervivencia de los quistes, presencia en agua potable y dispersión a nivel mundial (Domenech, 2003).

1.3.2. *Cryptosporidium spp*

Las infecciones provocadas en las personas generalmente son derivadas de *Cryptosporidium spp*, la cual se encuentra en vacunos y ovinos, pudiendo provocar infecciones en otros mamíferos (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria, Carlos Andrés Rivera Pesántez



2004). Su forma infecciosa y el único estado exógeno de *C. parvum* corresponde a su ooquiste, estadio de resistencia del parásito el cual permite su supervivencia en el medio ambiente pudiendo diseminarse fácilmente. Es de forma esférica u ovoide, cuyo diámetro va de 4,5 μ m y 5,9 μ m, además en su interior tiene 4 esporozoítos periféricos y un cuerpo residual central, los parásitos son de forma esférica o elíptica (Rodríguez & Royo, 2001).

La pared se compone de tres capas que pueden ser observadas microscópicamente, además poseen una línea de sutura por la cual surgen los esporozoítos. Su capa externa tiene un espesor de 5nm, posee gran cantidad de material filamentosos y glicoproteínas ácidas. Se encuentra aislada por una distancia de 5nm de una capa central rígida con 10nm de espesor, de composición lipídica y glicoproteica, otorgándole condiciones de resistencia de ácido-alcohol (Rodríguez & Royo, 2001).

1.3.3. *Enterococcus*

Los *Enterococcus* son células esféricas u ovoides, de tamaño 0,6 μ m a 2 μ m por 0,6 μ m a 2,5 μ m. Se presentan en forma de pares o de cadenas cortas. Son cocos Gram positivos, no formadores de endosporas y no motiles. Son microorganismos anaerobios facultativos, quimiorganotrofos, con metabolismo de fermentación. Su desarrollo adecuado sucede a 37°C. Son capaces de hidrolizar la esculina cuando existe un 40% de bilis y poseen la enzima pirrolidonil arilamidasa. Las colonias en medios agarizados, normalmente no tienen color o son grises con un diámetro entre 2mm a 3mm luego de 2 días en incubación. Debido a su resistencia a estos factores que permiten un mayor tiempo de supervivencia son considerados como indicadores de contaminación fecal antigua en contraste con la presencia de coliformes que indican contaminación fecal reciente (Quispe & Castillo, 2014).

El grupo de los *Enterococcus* es un subgrupo de *Streptococcus faecalis*, formado por *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. gallinarum* y *S. avium*. Los *Enterococcus* se diferencian del resto de los *Streptococcus* por su capacidad de crecer en cloruro de sodio al 6.5% a un pH de 9.6 y a 10°C y 45°C. Esta porción de *Enterococcus* que integra al grupo de *Streptococcus faecalis* es un valioso indicador bacteriano, útil para determinar la amplitud de la contaminación fecal de las aguas.

Según Díaz, Rodríguez y Zhurbenko (2010) cuando están presentes *E. faecalis* y *E. faecium* indica una contaminación de origen fecal; *E. faecalis* se considera como indicador de contaminación fecal de personas, mientras que *E. Faecium* y otras



especies indican la proveniencia de otras fuentes. Hasta la actualidad no se ha logrado consensuar a nivel mundial respecto a la determinación de un nivel aceptable de enterococo intestinal que pueda servir como organismo indicador en aguas de dudosa procedencia. Así, considerando los últimos aportes científicos, las normas instituyen valores máximos de enterococo intestinal en las aguas de recreo, de forma que los organismos de control reduzcan los riesgos de que los bañistas adquieran infecciones gastrointestinales o de tipo respiratorio (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Se calcula que un tercio de las aguas residuales descargadas en el medio ambiente en países desarrollados, no se encuentran bajo tratamientos adecuados; siendo dicha proporción mayor en naciones que se encuentran en un proceso de desarrollo. Se ha observado frecuentemente a niños bañándose en aguas en las cuales sus progenitoras lavan los pañales de sus hijos e incluso algunos individuos realizan la defecación (Organización Mundial de la Salud, 2013).

1.6.4. Mohos y Levaduras

Pertenece al reino Fungi, según la clasificación taxonómica de Wittaker y Margulis, se clasifican en cuatro clases, que se distinguen principalmente por sus características de reproducción. Según la forma de crecimiento y estructura son; levaduras, filamentosos y dimórficos. Según el tipo de reproducción; imperfectos y perfectos y por su estructura y morfología en levaduriforme, filamentosa y dimórfica (Osorio, 2007).

Los mohos tienen una capacidad amplia para adaptarse y desarrollarse sobre cualquier medio o superficie, debido a esto posee una amplia distribución cosmopolita. Los mohos son de gran interés ya que aportan un equilibrio al medio ambiente (García & Uruburu, 2014).

La palabra levadura hace referencia a los hongos que no suelen ser filamentosos, se forman sobre los medios de cultivo en colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoideas, elipsoideas o alargadas. Unas pocas presentan hifas. Las dimensiones pueden oscilar de 1 a 9 μm de ancho y 2 a más de 20 μm de longitud según la especie, nutrición, edad y otros factores. En su gran mayoría éstas se pueden reproducir de forma asexual por gemación multicelular o polar, y algunas especies pueden reproducirse por fusión (Ramírez M. , 2014).



CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El área de estudio esta comprendida por cuatro cuerpos de agua, los cuales se caracterizan por ser de gran importancia para la ciudad de Cuenca, estos son los ríos Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba. Localizados dentro de la zona urbana y receptores de los efluentes directos de aguas residuales de diferentes fuentes de la ciudad.

2.1.1. Ubicación y selección de las estaciones de muestreo

Para la investigación de fijaron 7 estaciones de muestreo para los ríos Tarqui, Yanuncay y Tomebamba, mientras para el Machángara fueron 5 puntos. En todos los ríos, los puntos de muestreo fueron identificados considerando que en investigaciones previas ya se habían efectuado tomas en los mismos como en el estudio de Peñafiel (2014).

Por otra parte, el procedimiento para la identificación de las estaciones de muestreo, se caracterizo por un proceso sistemático, partiendo del reconocimiento de cada punto a fin de establecer la ubicación exacta con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) (Anexo 1). Luego de ello se ubicó cada estación de tal manera que el acceso hacia esta fuese rápido y seguro. Además, determinación de los mismos se efectuó teniendo en cuenta el vertimiento de los efluentes residuales. De esta manera, y partiendo de los criterios antes descritos, los puntos de muestreo finales quedaron establecidos de la siguiente manera:



Tabla 1. Estaciones de muestreo

Río Machángara	Río Tarqui	Río Yanuncay	Río Tomebamba
1. Chiquintad	1. A.J. Irquis	1. Dispensario Barabón	1. Llaviuco
2. Ochoa León	2. D.J Cumbe	2. Inmaculada de Barabón	2. Sayausí
3. Feria de Ganado	3. Entrada a Tarqui	3. Puente Misicata	3. Puente del Vado
4. Parque Industrial	4. Zona Franca	4. Av. Loja	4. Empresa Eléctrica
5. Redondel Gonzales Suárez	5. DJ Zhucay	5. Tres Puentes	5. A.J.Q Milchichig
	6. Parque Inclusivo	6. Redondel de UDA	6. Antes de PTAR
	7. A.J Yanuncay	7. Parque Paraíso	7. Challuabamba

Fuente: Los autores

2.2. Tipo de estudio

El estudio es de tipo observacional de carácter transversal. El plan de muestreo se realizó de la siguiente manera: se realizaron tres salidas de campo por cada río a lo que se le denomina campaña de monitoreo o toma de muestra en un tiempo determinado (T), cada río tiene 7 estaciones (Tabla 1) en donde se tomaran las muestras 7 muestras (500ml) a lo largo del mismo, esto para la determinación de *Streptococos*, *Enterococcus fecales* y mohos y levaduras. Mientras que para los parásitos se tomaron muestras (20l) solo las dos últimas estaciones de cada río, exceptuando el río Machangara por ser más corto (5 estaciones), se realizó solo en su última estación. (Ver anexo 2).

Para la recolección de muestras de muestras del Sistema De Aguas Residuales (PETAR) ubicada en Ucubamba, se tomaran antes de la entrada al sistema y después del tratamiento que reciben. Se analizaran de igual manera todos los microorganismos antes mencionados.

Luego las muestras fueron transportadas al laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca para su respectivo análisis. En donde los ensayos se realizaron por duplicado.

2.3. Técnicas e instrumentos para la toma de muestras

2.3.2. Técnicas de análisis

En cada estación se captó una muestra puntual para realizar todos los ensayos; el muestreo realizado en cada río y en todas las estaciones, se denominó campaña de



monitoreo. Se planificaron campañas de monitoreo en cada río entre los meses de Enero a Abril, dando un total de 3 campañas de muestreo con un total de 78 de muestras. Los ensayos se realizaron por duplicado.

Las muestras para este estudio se recogieron en botellas cuidadosamente lavadas a las que se les dio un enjuague final con agua destilada, y se las esterilizó en autoclave. La toma de la muestra en ríos se realizó sosteniendo la botella cerca de su base con una mano y sumergiéndola boca abajo. Se giró la botella hasta que el cuello apuntó hacia arriba, con la boca dirigida hacia la corriente. Cuando no fue posible hacer la toma de esta forma, se colocó un peso en la base de la botella y se sumergió en el agua. En cualquier caso, se evitó el contacto con la orilla o el lecho, pues de lo contrario el agua podría haberse contaminado.

En cuanto al tamaño de la muestra, su volumen debió ser suficiente para poder llevar a cabo todos los análisis necesarios, por lo cual se emplearon botellas de 500 ml para la detección de *Enterococos*, mohos y levaduras y de 10 litros para la detección de parásitos.

Respecto al tiempo y temperatura de conservación, el estudio microbiológico de las muestras se inició inmediatamente después de la toma para evitar cambios imprevisibles. Cuando no pudieron procesarse las muestras a la hora siguiente a su toma, se guardaron en una nevera de hielo durante el transporte al laboratorio, una vez ahí, se procedió a su procesamiento a las dos horas siguientes; en cualquier caso, el tiempo transcurrido entre la toma y el estudio no superó las 24 horas.

2.5.3. Técnicas e instrumentos de análisis

2.5.3.1. Recuento de *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* en aguas

a. Técnica de floculación inorgánica

Se homogeniza la muestra del bidón de 20 litros, y se extrae un volumen de 10 litros de agua; a este volumen de agua se añade 100 ml de CaCl_2 (Cloruro de Calcio) 1M y 100 ml de NaHCO_3 (Bicarbonato de Sodio) 1M, luego de agitar vigorosamente todo el volumen de agua, se procede a medir el pH con un potenciómetro previamente calibrado para ajustar el pH a 10 con NaOH 2M. Si la



muestra tiene un pH mayor a 10 no es necesario modificarlo ni corregirlo con ácido (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005).

Luego del ajuste del pH las muestras se dejaron sedimentar por 24 horas para posteriormente retirar el sobrenadante y recuperando en tubos de centrifuga de capacidad de 50ml el sedimento obtenido. Como paso adicional se lavaron los garrafones con 200 ml de H_3NSO_3 (Ácido Sulfámico) al 10%, 50ml de PBS – pH 7,4 y 50ml de Tween 80 al 0,01%, para desprender de las paredes cualquier partícula adherida a los garrafones, y el producto de este lavado también se dispuso en los tubos de centrifuga mencionados anteriormente (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005).

El sedimento se centrifugó a 3000 g por 10 min, y se recuperó la mayor cantidad de sedimento en un solo tubo por muestra, haciendo lavados con PBS hasta obtener un pH final de 7,4. Las muestras concentradas se almacenan en la nevera a 4°C hasta la realización de su montaje y lectura .

b. Técnica de colorantes vitales con DAPI (4,6 – Diamino – 2 – Fenilindol) y IP (Yoduro de Propidio)

Las muestras concentradas anteriormente se sometieron a un procedimiento de marcación con colorantes vitales DAPI (4,6-diamino-2-fenilindol), IP (yoduro de propidio). Para esto se mezclaron 100 ul de cada muestra con 900 ul de reactivo HBSS (Tampón de Hank) a pH 2,87, durante una hora a 37°C.

A continuación, las muestras se centrifugaron y lavaron 2 veces con PBS a 14 000 rpm por 30seg. Se eliminó el sobrenadante y se adicionaron 10 ul de DAPI y 10 ul de IP en cada tubo de muestra, incubando las muestras a 37°C durante 2 horas a la oscuridad. Finalmente se lavaron las muestras con 900 ul de PBS – pH 7,2 centrifugando a 4000 rpm por 30 seg (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005).

c. Marcación con estuche comercial Merifluor Meridian

De cada muestra marcada con colorantes vitales se tomaron 15ul con haza estéril y se transfirieron a cada uno de los pozos de los porta objetos incluidos en el estuche, se dejaron secar a temperatura ambiente durante 30 min. Tanto el control positivo como en el negativo del estuche se montaron de la misma manera. El



control positivo del estuche contiene una preparación de heces en formalina con ooquistes de *Cryptosporidium spp* y quistes de *Giardia spp*; y el control negativo es una preparación de heces en formalina sin quistes (Meridian Bioscience, 2008).

En condiciones de oscuridad, se agregó una gota del reactivo de detección (Preparación de anticuerpos monoclonales anti – *Cryptosporidium* y anti – *Giardia* unidos a Isocianato de Fluoresceína en una solución tamponada que contiene un estabilizante proteico y 0,1% de Azida Sódica) y una gota del reactivo de contraste (Solución Negro de Eriocromo) en cada pozo, moviendo circularmente la lámina para permitir la mezcla de los reactivos (Meridian Bioscience, 2008).

Estas placas con los reactivos se incubaron en la oscuridad en cámara húmeda por 30min a temperatura ambiente. El exceso de los reactivos se eliminó con solución tamponada de lavado 20x. Se adicionó una gota de medio de montaje (Glicerol Tamponado con Formalina y 0,05% de Azida Sódica) a cada pozo y se cubrieron los pozos con una laminilla, protegiendo las láminas de la luz. Las muestras se almacenaron a 4°C en cámara húmeda hasta su lectura (Meridian Bioscience, 2008).

Se realizó el recuento de los parásitos *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp*, mediante la visualización de las formas quísticas de los parásitos bajo un microscopio de fluorescencia utilizando tres filtros de excitación: 450 - 490nm para la detección de quistes y ooquistes teñidos con fluoresceína, 365 - 420nm para observar la coloración con DAPI y de 520 – 560nm para el IP (Meridian Bioscience, 2008).

La técnica de recuento se realizó observando en el microscopio la totalidad de cada pozo en la lámina, siguiendo un modelo sistemático, de arriba a abajo o de lado a lado. Para determinar la viabilidad de estas formas quísticas, se deben observar formas ovales con fluorescencia color verde manzana, pared bien definida, con tamaño de 8 a 18um de longitud y 5 a 15um de ancho que corresponden a *Giardia spp*, y formas esféricas con fluorescencia color verde manzana, con un diámetro aproximado de 4 a 6 um que corresponden a *Cryptosporidium spp*; con el colorante DAPI, fluorescencia azul intenso en el quiste completo, 2 a 4 núcleos azul claro en el caso de *Giardia spp* y hasta 4 núcleos azul cielo en el caso de *Cyptosporidium spp*; con el colorante IP, ausencia de color para ambas formas quísticas y finalmente, con el objetivo de contraste de fases, los



quiste y ooquistes deben verse refringentes (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005).

Cualquier característica diferente a las mencionadas anteriormente indica que las formas quísticas no son viables. Una vez hecho el recuento se aplicó la fórmula que se describe a continuación para obtener el número total de quistes o ooquistes por litro:

$$\text{NoQ u Ooq/L} = \frac{\text{No contado} * \text{Vol. sedimento}}{\text{Vol. cámara} * \text{Vol. Muestra}}$$

- No contado: formas quísticas viables.
- Vol. sedimento: volumen del sedimento recuperado.
- Vol. cámara: capacidad del pozo de la cámara (15µL).
- Vol. muestra: volumen de agua recolectada.

En caso de no encontrar presencia de protozoos se informó como “no detectado” (ND). Esta técnica puede presentar interferencias por la turbidez causada por los residuos orgánicos o inorgánicos como arcillas, hierro y polímeros, los cuales pueden interferir en los pasos de concentración, purificación y lectura.

Además, algunos organismos como algas, levaduras y otros protozoos pueden dar resultados falsos positivos ya que tienen tamaño similar a los quistes de *Giardia spp* y ooquistes de *Cryptosporidium spp* y muestran fluorescencia similar a la observada en estos protozoos cuando se colorean con Isocianato de Fluoresceína (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005).

2.5.3.2. Determinación de *Enterococcus faecalis*

a. Filtración de membrana

Para la detección y recuento de *Enterococcus*, se utilizó el método estándar descrito en la norma ISO 7899:2. 100ml se filtró por una bomba que produjo vacío, a través de una membrana la cual fue capaz de retener las bacterias de interés. Finalizada la filtración se traspasó de forma estéril esta membrana sobre una caja Petri con Agar KF más cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) el cual es un medio selectivo y fue incubado por 48 horas a 35°C para su posterior conteo de colonias



típicas (rojo oscuro), los cuales son microorganismos capaces de reducir el TTC a formazan (complejo insoluble en agua de color rojo intenso) y colonias atípicas (rosa), los cuales no poseen esta capacidad reductora. Los resultados fueron expresados en UFC/100ml de muestra.

Se seleccionaron de manera aleatoria para su confirmación, colonias típicas que procedían de los cultivos ensayados y se identificaron por las siguientes valoraciones bioquímicas: catalasa, desarrollo en presencia de bilis, desarrollo a 37°C, desarrollo con pH 9,6, hidrólisis de la esculina y desarrollo en caldo BHI (Díaz, Zhurbenko, Lobaina, Quiñones, & Rodríguez, 2014).

2.5.3.3. Determinación de mohos y levaduras

a. Método en placa fluida

Se sembró 1ml de muestra sin diluir y 1ml de diluciones de 1:10, 1:100. En las muestras de agua corriente, suele ser suficiente una dilución 1:10. Las muestras con mayor contenido de materia orgánica, las muestras de las riberas o del suelo se diluyen a 1:100, 1:1000 o 1:10000. Las diluciones se seleccionaron de forma que el número de colonias en una placa sea de 30 a 100.

En la siembra, se licuó el medio agar dextrosa Sabouroad en agua hirviendo, en un baño de entre 44°C y 46°C hasta que llegó el momento de usarlo. Se transfirió con técnica aséptica 10 a 12 ml del medio a 45°C a una placa Petri de 9cm. Una vez añadido el medio a todas las placas, se mezcló cuidadosamente el medio líquido con la porción de muestra en estudio previamente colocada en la placa, con cuidado de no proyectarla contra el borde, girando primero en una dirección y después en la contraria o rotándolo e inclinando a la vez. Se dejó solidificar las placas (10 minutos), se invirtió y se colocó en la incubadora.

En cuanto a los controles estériles, se comprobó la esterilidad del medio y de los blancos de agua de dilución preparando con ellos placas fluidas en cada serie de muestras. Se prepararon controles adicionales para determinar la contaminación de las placas, pipetas y el aire de la habitación.



En el proceso de incubación, las placas se graduaron, una encima de otra, pero no invertidas. Se incubó a temperatura de 35°C y se examinó para hacer el recuento al cabo de 3, 5 y 7 días. Los informes de los resultados se recogieron al tiempo y la temperatura utilizados.

Además, al preparar las placas se utilizaron alícuotas de las muestras que proporcionaron unas 30 a 300 colonias en cada placa. Se pudieron realizar cálculos de hasta 300 colonias, pero ante la existencia de mayor hacinamiento se desecharon esas placas. En caso de que ninguna placa haya tenido de 30 a 300 colonias y una o más tuviere más de 300 colonias, se utilizaron aquellas con el número más cercano a 300. Registrando el recuento, multiplicando el número medio por placa por el recíproco de la dilución utilizada y presentando los resultados en UFC por mililitro calculadas.

Si ninguna de las placas de una muestra tuvo colonias, se comunicó un recuento inferior a una vez el recíproco de la dilución más baja. Cuando el número de colonias por placa superó ampliamente los 300, no se comunicaron los resultados del tipo demasiado numerosas para el recuento (American Public Health Association, 1992).

El inventario comprendió la identificación directa de los hongos según la morfología de las colonias y el recuento de las colonias atribuibles a las distintas especies y géneros.

2.6. Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en la investigación fueron:

Tabla 2. Materiales y métodos

De campo	De laboratorio	De oficina
Mascarilla	Reactivos para análisis de	
Botas de Agua	aguas.	
Guantes Quirúrgicos	Microscopio de	Computadora hp de
Guantes de caucho	fluorescencia.	escritorio.
Frascos de Vidrio	Contador de colonias	Útiles de oficina.
Marcador indeleble	QUEBEC.	
Hieleras portátiles	Placas Petri	
	Cámara de flujo Laminar	

Fuente: Los autores



2.7. Tratamiento estadístico de los datos

Los datos obtenidos fueron ingresados en una base de registro en Excel, para su posterior procesamiento. La información obtenida fue presentada en tablas de frecuencia y gráficos de tendencia, cabe mencionar que debido a que los ensayos se realizaron por duplicado, se promediaron los resultados.

Además, se calculó la desviación estándar tomando en cuenta los registros de las tres tomas en cada una de las estaciones, dicho proceso se llevó a cabo para los cuatro ríos contemplados en la investigación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. Determinación de ooquistes de *Cryptosporidium spp* y quistes de *Giardia spp*

Los recuentos de *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* registrados en la investigación indicaron que el río Machángara es en el que se encuentran los valores más elevados. En este río, se monitoreó sólo la última estación, por considerar la más contaminada; pues la técnica no es aplicable para aguas relativamente limpias. Por otra parte, el río menos contaminado con *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* es el Yanuncay.

Tabla 3. Resultados de *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp*

Río	Estación	<i>Cryptosporidium spp</i> -ooquistes/l				<i>Giardia spp</i> -quistes/l			
		T1	T2	T3	Desv. Est.	T1	T2	T3	Desv. Est.
Machángara	EM5. Redondel Gonzáles Suárez	310	233	450	110	90	67	150	43
Tarqui	EM6. Parque Inclusivo	90	167	200	56	40	26.7	67	34
	EM7. AJ Yanuncay	120	160	213	47	110	133	160	25
Tomebamba	EM6. Ucubamba	120	500	60	239	100	250	30	112
	EM7. Challuabamba	70	250	60	107	120	300	50	129
Yanuncay	EM6. Redondel UDA	0	133	37	69	0	0	110	64
	EM7. Parque Paraíso	5.33	140	173	92	0	20	130	70

Fuente: Los autores

EM: Estación de muestreo

T: Toma de muestra en diferente tiempo

Es preciso mencionar que en la estación de Challuabamba, los cuatro ríos que atraviesan la ciudad se unen y forman el río Cuenca, por lo que en este punto converge la contaminación que es arrastrada por las aguas de todos los ríos de la ciudad.

En relación a los hallazgos, se pueden apoyar a lo expuesto por la Offarm, la cual indica que la dosis infectiva mínima de *Giardia spp* es de 1 a 10 quistes y de 1 a 30 ooquistes de *Cryptosporidium spp* (Torres, 2010); esto quiere decir que ingerir esta cantidad de parásitos puede causar enfermedad al ser humano; por lo tanto, el agua que corre por las últimas estaciones de los ríos estudiados se constituyen en un foco de contaminación elevada para la gente que la usa para cualquier fin, sin tratamiento previo, siendo un problema de salud pública.



Y es que la peligrosidad de *Giardia spp* como de *Cryptosporidium spp* es debida a su marcada resistencia a los procesos de desinfección implementados en la mayoría de sistemas de potabilización, constituyendo un problema en los suministros de agua potable; este es uno de los motivos importantes para realizar la determinación de estos parásitos en el agua de ríos; y muchas veces esta agua, es utilizada para el riego directo de productos agrícolas y para el pasto de alimento de animales de granja. Incluso Ramírez en su estudio nos expone que el cloro como desinfectante es incipiente para este microorganismo; por otro lado el ozono y el dióxido de cloro consiguen un 90% de inactivación del microorganismo. (Ramírez, 2003).

Es por ello que muchos autores como Nicolás Hernández Gallo, Ana María García Tapia, Sánchez E, definen a la criptosporidiasis como una enfermedad emergente, debido a que la infección puede ocurrir de forma esporádica, son cada vez más frecuentes los brotes epidémicos, generalmente de transmisión hídrica, asociados a aguas de bebida contaminadas, pozos, aguas superficiales y de la red de abastecimiento público, incluso filtradas y tratadas. (García A, 2012)

Por otra parte, si se compara la magnitud de los dos parásitos en las mismas estaciones de monitoreo, se encuentra que es más abundante *Cryptosporidium spp*; excepto en las estaciones de mayor contaminación como Challuabamba, en donde predomina *Giardia spp*; esto se debe a que *Cryptosporidium spp* pueden sobrevivir hasta por 18 meses en condiciones húmedas y frías, durante los cuales pueden permanecer viables, razón por la cual se puede encontrar en concentraciones mayores (Sánchez, 2004). Por otro lado como se mencionó con anterioridad, *Giardia spp* conserva su viabilidad en agua a 8°C por más de dos meses, a 21°C hasta un mes, haciendo que su supervivencia y así su concentración en el agua sean menores exceptuando en zonas en donde la contaminación transite con mas velocidad. (Center, 2005)

3.2. Determinación de *Enterococcus faecalis*

Los valores de los recuentos nos indican que el río Tomebamba es el afluente con más concentración de estos microorganismos, reflejando que este recolecta una gran contaminación de tipo fecal. Al pasar por la ciudad, estos valores se disparan en las últimas estaciones de muestro. (Tabla 4)

Tabla 4. Resultados de recuento *Streptococcus totales* y *Enterococcus fecales* río

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



Tomebamba

Estación	<i>Streptococcus totales</i> UFC/100ml				<i>Enterococcus faecalis</i> UFC/100ml			
	T1	T2	T3	Desv. Est.	T1	T2	T3	Desv. Est.
Llaviuco	22	11	12	6	1	9	2	4
Sayausi	45	40	120	45	19	36	36	10
Puente del Vado	3.660	3.400	3.660	150	2.600	2.800	2.600	115
Empresa Eléctrica Ciudadela Álvarez	5.280	7.400	5.280	1.224	4.360	4.300	3.600	423
Ucubamba	9.890	18.100	14.100	4.105	6.300	9.000	5.000	2.040
Challuabamba	12.900	20.600	20.300	4.362	7.900	6.800	7.300	551
	23.300	53.000	34.000	15.042	15.000	33.000	11.000	11.719

Fuente: Los autores

Por otro lado, el río Yanuncay es el afluente que presenta menor concentración de *Enterococcus faecalis*, sin embargo se debe considerar que en las dos últimas estaciones se registraron valores elevados demostrando que la contaminación producida por la población es arrastrada mientras avanza el curso del río. (Tabla.5)

Tabla 5. Resultados de recuento *Streptococcus totales* y *Enterococcus faecalis* río Yanuncay

Estación	<i>Streptococcus totales</i> UFC/100ml				<i>Enterococcus faecalis</i> UFC/100ml			
	T1	T2	T3	Desv. Est.	T1	T2	T3	Desv. Est.
Dispensario Barabón	49	67	81	16	10	10	17	4
Barabón	101	78	96	12	71	12	25	31
Puente Misicata	160	126	94	33	70	16	20	30
Av. Loja	2.800	2.500	1.430	720	400	350	230	87
Tres Puentes	1.610	2.390	860	765	370	330	450	61
UDA	4.500	4.680	18.200	7.858	1.800	960	2.800	921
Parque Paraíso	12.000	8.100	43.900	19.640	7.000	3.000	11.000	4.000

Fuente: Los autores

Por otra parte, respecto al río Tarqui y Machángara también presentan contaminación de tipo fecal, reflejada en los valores de los recuentos realizados, siendo estos los que registran una concentración media entre el Tomebamba y Yanuncay, con puntos de monitoreo que presentan valores altos de *Enterococcus faecalis* en las últimas estaciones de muestreo, siguiendo el mismo patrón de los ríos antes mencionados (Tabla 6 y 7).

Tabla 6. Resultados de recuento *Streptococcus totales* y *Enterococcus faecalis* río Machángara

Estación	<i>Streptococcus totales</i> UFC/100ml	<i>Enterococcus faecalis</i> UFC/100ml
----------	---	---



	T1	T2	T3	Desv. Est.	T1	T2	T3	Desv. Est.
Chiquintad	17	94	316	155	10	34	20	12
Ochoa León	353	864	900	306	27	84	62	29
Feria de Ganado	2.780	3.780	2.050	869	280	330	510	121
Parque Industrial	12.800	13.600	15.800	1.553	2.600	3.500	3.500	520
Redondel Gonzáles Suárez	24.000	25.800	22.000	1.901	3.700	4.700	5.700	1.000

Fuente: Los autores

Tabla 7. Resultados de recuento *Streptococcus* totales y *Enterococcus* fecales río Tarqui

Estación	<i>Streptococcus</i> totales UFC/100ml				<i>Enterococcus faecalis</i> UFC/100ml			
	T1	T2	T3	Desv. Est.	T1	T2	T3	Desv. Est.
AJ Irquis	185	212	172	14	49	20	35	10
DJ Cumbe	254	812	258	227	78	140	68	28
Tarqui	700	580	1.790	667	220	200	350	81
Zona Franca	4.780	810	3.200	1.999	1.490	550	300	627
DJ Zhucay	6.240	2.600	2.500	2.131	2.100	1.900	1.100	529
Parque Inclusivo	7.310	18.100	5.400	6.848	1.990	4.000	1.000	1.529
Mall del Río	7.990	15.900	11.300	3.972	2.500	4.200	2.500	981

Fuente: Los autores

Cabe mencionar que en el Ecuador aún no se han implementado, en las normativas para la calidad de agua en los ríos, al género *Enterococcus* como indicador de contaminación de origen fecal por lo cual es necesario remitirse a normativas extranjeras para la comparación de límites permisibles para diferentes usos que se puedan dar al recurso.

Por otra parte, en relación al estudio efectuado, es de conocimiento general que la utilización del agua de los ríos estudiados, por parte de la población que habita a los alrededores de ellos, es para uso de tipo: recreacional, contacto directo, consumo y riego; por lo tanto los valores permisibles expuestos por diferentes autores e instituciones van enfocados a los distintos usos que se le pueden dar al recurso. Así, la OMS (2000) declaró como límite máximo de *Enterococcus faecalis* en 40UFC/100ml, siendo esta agua para contacto directo (Rodríguez, 2012).

Mientras que, en España, la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo (COM) en el 2002, declaró como valor límite permisible para agua de baño y recreación de 200 UFC/100ml como valor máximo y un valor guía de 100UFC/100ml de *Enterococcus faecalis* para aguas superficiales, clasificándolas como agua de "buena



calidad" y "excelente calidad" respectivamente. Y para agua potable el conteo de este microorganismo debe ser igual a 0UFC/100ml (Cupul et al, 2006). Además, se está incrementando la selección de *Enterococcus faecalis* como indicador de contaminación fecal de las aguas y se ha sugerido que *Enterococcus* y *E. coli* tienen más estrecha correlación con las enfermedades transmitidas por el agua que los coliformes totales (Díaz M, 2014).

De acuerdo con Larrea, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich (2013), la determinación de los *Streptococcus* totales y *Enterococcus faecalis*, es de mucha importancia para estudios de calidad del agua; al ser organismos más resistentes y no reproducirse tan rápidamente como las bacterias coliformes, permiten recuentos más bajos, sobre todo para aguas residuales domésticas, por lo que se debe profundizar la valía de este indicador de calidad, sobre todo para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, para contacto directo las dos primeras estaciones de monitoreo de cada río del estudio actual, se encuentran dentro de la norma establecida por la OMS tomando en cuenta que poseen una variabilidad temporal alta; esto quiere decir que en diferentes tiempos de tomas de muestra los valores varían en una escala considerable, presentando valores de recuentos dentro de los rangos establecidos por la OMS en unos días y en otros fuera del rango. Las demás estaciones de monitoreo no cumplen con estas normas.

Al respecto en un estudio de calidad microbiológica de 106 pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México, 96 de ellos dieron positivo para *Enterococcus faecalis*, con valores de recuentos de 275 UFC/100ml, los cuales, en comparación con los registros de las primeras estaciones de monitoreo del presente estudio, son similares, debiendo tomarse en cuenta porque esta agua es usada para el consumo humano después de su tratamiento (Méndez, 2014).

En cuanto a la calidad del agua en el río Tomebamba, esta es inobjetable en la zona alta (zona protegida), por lo cual el recurso puede usarse para agricultura, riego, fines recreacionales, e incluso para el consumo humano con un tratamiento previo no muy riguroso; pero paulatinamente se deteriora, y en su zona baja (Challuabamba) recibe las aguas residuales no interceptadas de toda la urbe, intensamente poblada, más otras provenientes de quebradas; por lo que es el tramo más contaminado, poco antes de conformar el río Cuenca con recuentos tan elevados de *Enterococcus faecalis*



como es de 53000UFC/100ml. En esta zona el agua posee una peligrosidad considerable de tipo biológica para cualquier persona que utilice la misma.

Estos hallazgos resultan alarmantes, en cuanto en una investigación efectuada en Cuba, en las aguas del río Almendares, se registraron valores inferiores de *Enterococcus faecalis* con recuentos de 963 a 27.019UFC/100ml (Chiroles et al, 2007), lo que indica un elevado nivel de contaminación.

Además, en todos los ríos considerados en el presente estudio, en sus zonas altas, la calidad permite al recurso algunos usos, pero paulatinamente a medida que avanzan en su recorrido, estos se restringen, siendo crítico, puesto que en la zona se realizan actividades como lavado de ropa, lavado de autos, baño, uso particular, etc., pudiendo resultar peligroso para los individuos involucrados. De igual forma, se identificó que en los cuatro ríos, hay una gran variabilidad temporal en todas las estaciones de monitoreo, por lo que los usos son diversos. Tampoco se observa efecto de las condiciones climatológicas sobre la calidad, en el período estudiado.

Dicha problemática ya ha sido considerada en la ciudad de Cuenca y se ha implementado una medida de protección de la calidad de los cuerpos receptores, mediante la construcción de los interceptores marginales, los mismos que conducen las aguas residuales domésticas hacia una estación de tratamiento ubicada en Ucubamba; no obstante con esta medida onerosa, la calidad microbiológica continúa siendo uno de los mayores problemas en los ríos; los estudios demuestran que los niveles de todos los microorganismos contaminantes, degradan considerablemente el recurso, restándole inmensamente la valía para la mayor parte de usos (Ver Tabla 12).

La principal causa de este deterioro, constituyen las descargas de aguas residuales domésticas no interceptadas, provenientes de urbanizaciones nuevas, de conexiones ilícitas, o simplemente la contaminación de pequeñas quebradas y riachuelos no provistas de interceptores; a esto se suma la falta de cultura de la población para evacuar sus excrementos de la manera más inapropiada; es decir la “contaminación puntual” o identificada, constituyen la principal fuente de contaminación. En cuanto a la “contaminación difusa”, esta es más difícil de controlar debido al arrastre de los microorganismos del suelo por efecto de la lluvia.

Esta información constituye una base para posteriores estudios sobre el control de estos microorganismos en aguas para diferentes usos, y basándose en normativas



extranjeras sirve, posiblemente para establecer procedimientos de control propios en el Ecuador.

3.3. Determinación de Mohos y Levaduras

En el Río Machángara los resultados de hongos (expresados en 1ml), demuestran su incremento a medida que este recorre la ciudad, obteniendo en el primer punto valores bajos de 12 colonias y en la última estación valores de 1.970 UFC/ml (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Recuento de Mohos y Levaduras río Machángara – Unidad UFC/ml

Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Desv. Est.
Chiquintad	39	54	12	21
Ochoa León	360	450	192	131
Feria de Ganado	830	550	930	197
Parque Industrial	1050	970	1090	61
Redondel Gonzáles Suárez	1280	1600	1970	345

Fuente: Los autores

Los hongos aislados después de los 7 días de crecimiento corresponden al género *Aspergillus spp*, *Mucor spp* y *Penicillium spp*, y presentes en las últimas estaciones: Parque Industrial y redondel de la Gonzales Suárez.

Tabla 9. Recuento Mohos y Levaduras río Tarqui – Unidad UFC/ml

Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Desv. Est.
AJ Irquis	108	138	44	48
DJ Cumbe	157	360	148	120
Tarqui	130	240	300	86
Zona Franca	710	590	580	72
DJ Zhucay	1136	1010	1110	67
Parque Inclusivo	1080	1370	1300	151
A.J Yanuncay	2540	2000	2310	271

Fuente: Los autores

En el caso del río Tarqui, como se observa en la Tabla 9, tanto los hongos como las levaduras, presentan valores de 44 colonias, hasta un máximo de 2.540 colonias al



final del río. En los últimas estaciones se identificaron mohos del género *Geotrichum spp*, *Mucor spp*, *Trichophyton spp* y *Verticilium spp*.

Tabla 10. Recuento Mohos y Levaduras río Tomebamba – Unidad UFC/ml

Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Desv. Est.
Llaviuco	31	34	26	4
Sayausí	36	33	34	2
Puente del Vado	430	390	210	117
Empresa Eléctrica	560	670	920	184
A.J.Q Milchichig	890	980	1020	67
Antes PTAR	990	1010	1150	87
Challuabamba	1410	1610	1710	153

Fuente: Los autores

En el río Tomebamba se observa que las primeras estaciones de muestreo presentan una baja contaminación con hongos y levaduras, con recuentos de 31, 34 y 26 UFC/ml en la estación de Llaviuco, pero en la estación 3 correspondiente al Puente del Vado se eleva considerablemente la concentración de estos microorganismos con valores de 430, 390 y 210 UFC/ml. Y en las últimas estaciones con recuentos máximos de 1.710 UFC/ml.

Tabla 11. Recuento de Mohos y Levaduras río Yanuncay – Unidad UFC/ml

Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Desv. Est.
Dispensario Barabón	60	45	23	19
Inmaculada de Barabón	63	60	33	17
Puente Misicata	100	70	22	39
Av. Loja	167	280	330	84
Tres Puentes	960	890	670	151
Redondel UDA	1100	900	870	125
Parque Paraíso	1260	980	1010	154

Fuente: Los autores



El río Yanuncay es el que presenta mayor concentración de microorganismos indicadores de contaminación ambiental (mohos y levaduras) de los 4 ríos estudiados, encontrando mohos de importancia clínica como son: *Mucor spp*, *Aspergillus spp*, *Trichophyton spp* y *Verticillium spp*, los cuales pueden ser perjudiciales para la salud de la población vulnerable (personas inmunosuprimidas) causando cuadros clínicos como tiña, aspergilosis, etc.

Es importante mencionar que, a pesar de que estos microorganismos no sean indicadores de contaminación fecal, se decidió realizar su determinación y recuento debido a que pueden estar presentes en diferentes ambientes ya sea suelo, aire y agua (BIOPELIA, 2005). El agua puede constituirse en un medio para la transmisión de estos microorganismos.

Además, en este estudio se realizó conjuntamente la caracterización de mohos filamentosos, dando como resultado, la identificación de *Mucor spp*, *Penicillium spp*, *Fusarium spp* y *Aspergillus spp*. Así, el moho filamentoso con más prevalencia fue *Aspergillus spp*, seguida de *Mucor spp* y en menor porcentaje encontramos *Geotricum spp*, *Tricophytum spp*.

Aunque la mayoría de los mohos son relativamente inofensivos para los humanos, algunos tipos producen subproductos tóxicos denominados micotoxinas, que pueden causar enfermedades graves. Entre las más conocidas variedades de moho tóxico están el *Aspergillus*, entre otras (Hanes, 2017).

Por su parte, en el proceso de determinación de mohos y levaduras del Sistema de Agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la parroquia Baños en Cuenca, en el agua de captación se obtuvieron recuentos de 17 hasta 22UFC/ml, estos valores se pueden comparar con las primeras estaciones de monitoreo del actual estudio en el que se evidencian registros más altos, pero las zonas son de menor actividad contaminante, por lo que se debe tomar en cuenta que se necesitaría un mayor tratamiento para que pueda ser utilizada como agua para beber.

3.4. Evaluación de la eficacia del sistema de tratamiento de aguas residuales, implementado en la ciudad, a través de las lagunas de oxidación

La determinación de los valores de estos microorganismos se lo realizó con la misma metodología que se empleó en la evaluación de las aguas en los ríos.

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



Tabla 12. Evaluación de la eficacia del sistema de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba

	<i>Streptococcus</i> <i>totales</i> UFC/100ml	<i>Enterococcus</i> <i>faecalis</i> UFC/100ml	<i>Giardia</i> <i>spp</i> Quistes/l	<i>Cryptosporidium</i> <i>spp</i> Ooquistes/l	Mohos y Levaduras UFC/ml
Entrada	2.3 x 10 ⁷	7 x 10 ⁶	1.200	300	25.000
Salida	8.4 x 10 ⁴	1.6 x 10 ⁴	ND	69,33	7.000
% Remoción	99,64%	99,77%	100%	76,89%	72%

Fuente: Los autores

Los resultados demuestran que en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ucubamba (PTAR), hay una remoción de todos los microorganismos estudiados en gran escala, especialmente las bacterias: *Streptococcus totales*; *Enterococcus faecalis*; en cuanto a los parásitos: *Giardia spp*; *Cryptosporidium spp* se ve muy claramente la resistencia de los ooquistes de este último (Tabla 12) siendo un problema por las características ya mencionadas en el Capítulo I, y los mohos y levaduras presentan una resistencia considerable a los tratamientos aplicados a las aguas residuales.

No obstante, el efluente de la PTAR, no sirve para uso recreacional, ni recomendada para la agricultura y la ganadería; lo que significa que el agua al salir de la planta de tratamiento, aún presenta niveles elevados de microorganismos indicadores de contaminación fecal, esto se puede dar por la carga contaminante que presenta al entrar a la planta, lo que puede afectar su calidad y por ende a la población.

El hecho de que sobrevivan los quistes y ooquistes de *Giardia spp* y *Cryptosporidium spp* en el ambiente, se relaciona con la temperatura, según lo muestra un estudio realizado en México por Balderrama et al (2012) el cual indica que a 10°C es factible su sobrevivencia por 77 días, y a 20°C disminuye la posibilidad de supervivencia hasta 3 días, y concluye que los ooquistes son más resistentes que los quistes. Esto se demuestra en el monitoreo que se realizó en la planta de Ucubamba en donde se encontraron tanto quistes como ooquistes en la entrada de la misma y a su salida, los ooquistes de *Cryptosporidium spp* aún estaban presentes después del tratamiento aplicado; esto no sucedió con los quistes de *Giardia spp* que no fueron detectados a la salida de la planta.

Por lo que es posible que los períodos de retención en la planta no resulten suficientemente efectivos para eliminar todos estos microorganismos; en la misma



investigación efectuada por Balderrama et al (2012), se indica que en dos sistemas de lagunas de estabilización, cuyos tiempos de retención acumulada de 25 días y 40 días, los quistes se destruyeron en un 99,1% y 99,7% respectivamente. Las lagunas de estabilización en la ciudad de Cuenca, tienen un período de retención de alrededor de 13 días, lo que pudiera resultar insuficiente para conseguir una mayor remoción de estas formas resistentes de microorganismos.

CONCLUSIONES

Se determinó la presencia de *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp*, *Enterococcus faecalis* y *Streptococos totales* en las aguas de los cuatro ríos de Cuenca como indicadores de contaminación fecal. En las zonas más altas se observó un menor recuento por no tener poblaciones cerca y en la zonas bajas concentraciones alarmantes de microorganismos. Concluyendo que en la ciudad de Cuenca, a pesar de contar con un sistema de recolección de aguas residuales, existe una gran contaminación fecal en sus ríos, la misma que es más elevada en las últimas estaciones por la acumulación de todas las descargas producidas por la población.



De la misma forma, se encontraron recuentos elevados de mohos y levaduras especialmente en las últimas estaciones de muestreo de cada río, que evidencia la concentración de materia orgánica.

Se concluyó que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ubicada en Ucubamba, a pesar de remover y de bajar en gran escala el recuento de los microorganismos estudiados, no los elimina por completo.

RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores se recomienda realizar la determinación de *Enterococcus fecalis* junto con *E. coli* con la finalidad de tener un conocimiento más amplio sobre el origen de la contaminación fecal, que afecta la calidad del agua. Ya que el índice *E.coli/enterococcus* (EC/E) representa una relación entre estos dos géneros en aguas contaminadas con materia fecal de diferente origen.

La determinación de ooquistes de *Cryptosporidium spp* y quistes de *Giardia spp* se la debe realizar en las plantas potabilizadoras que abastecen de agua a la ciudadanía,



por ser microorganismos resistentes a los métodos de desinfección utilizadas en la actualidad.

Realizar la investigación en periodos de lluvia y sequia para tener un conocimiento global de la variabilidad temporal de la contaminación de los ríos.

Llevar a cabo programas de educación sobre la utilización del recurso agua, especialmente en pueblos que están más propensos al uso del agua de los ríos para sus actividades, y un control más riguroso por parte de los entes encargados del sistema de descargas de aguas residuales y desechos que son arrojados a los ríos de la ciudad y sus alrededores, ya que como se demostró en este estudio existe una presencia elevada de microorganismos indicadores de contaminación fecal que pueden poner en riesgo la salud de la población al estar en contacto con esta agua.

Bibliografía

Acosta, S. (agosto de 2005). *Enterococcus*. Grupo asesor control de infecciones y epidemiología. CODEINEP. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://codeinep.org/wp-content/uploads/2017/02/Enterococcus.pdf>

Alarcón, M., Beltrán, M., Cárdenas, M., & Campos, M. (2005). Presence and viability of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in drinking water and wastewater in the high basin of Bogotá river. *Biomédica*, 25(3), 353-365. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16276683>

Alcaraz, M. (2002). *Giardia y Giardiasis*. Hospital Universitario Doctor Peset Alexandre, Servicio de Microbiología. Valencia: CCS. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <https://seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/Giardia.pdf>



- Alvarado, D., & Cárdenas, C. (2015). *Sistematización de la información de las plantas de depuración de aguas residuales del sector rural del cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca, Escuela de ingeniería civil. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21677/1/TESIS.pdf>
- American Public Health Association. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (A. Greenberg, L. Clesceri, & A. Eaton, Edits.) *Science and Education*. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <http://www.sci epub.com/reference/79080>
- Apella, M., & Araújo, P. (2005). *Microbiología de agua: Conceptos básicos*. Solar Safe Water. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, M., & Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/47/93>
- Asociación Latinoamericana de Microbiología. (2016). *Libro de resúmenes*. Santa Fé: Asociación Latinoamericana de Microbiología. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.alam-cam2016.aam.org.ar/descarga/LibroCAMALAM2016.pdf>
- Balderrama, A. e. (2002). *Instituto Tecnológico de Sonora*. Obtenido de <file:///C:/Users/FarmaCuenca/Downloads/estudio-mexico-GC.pdf>
- Balderrama, A., & al, e. (Febrero. de 2009). *Instituto Tecnológico de Sonora*. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/estudio-mexico-GC.pdf>
- Balderrama, P., Castro, L., Gortáres, P., Lares, F., Balderas, J., & Chaidez, C. (2012). Viabilidad de quistes de *G. Lamblia* y Ooquistes de *C. Parvum* en el tratamiento de aguas residuales convencional. *Revista de salud pública y nutrición*, 13(3). Recuperado el 4 de Junio de 2018, de http://respyn2.uanl.mx/xiii/3/articulos/Viabiabilidad_quistes_respyn.htm
- Beltrán, S. (Octubre de 2009). Los ríos y sus partes. *ICESI*, 4(1). Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de <http://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/2/3547>
- Beltrán, T., & Campos, M. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3461/Beltran%20Beltran-Campos%20Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bethemont, J. (1980). *Geografía de la utilización de las aguas continentales*. Barcelona: Oikos-tau. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/44509720_Geografia_de_la_utilizacion_de_las_aguas_continental es_Jacques_Bethemont
- BIOPIEDIA. (2005). *BIOPIEDIA*, 14-25.
- Bueno, P. (2006). Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/567/1/82909.pdf>



- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. UNAM, Facultad de Química. México D.F.: UNAM. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-mohos-levaduras_6530.pdf
- Campos, C. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. México D.F.: Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado el 15 de Mayo de 2018
- CELEC EP. (2012). *Metodología para la toma de las muestras de agua*. CELEC EP. Santo Domingo: CELEC EP. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap42_Ito_santo_domingo_esmeraldas.pdf
- Center, G. (2005). Obtenido de <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/giardiasis-es.pdf>
- Chiriboga, C. (2010). *Propuesta de un sistema de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales que recepta el río Tahuando*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/151/2/Tesis%20final.pdf>
- Chiroles, S., & al., e. (2007). Obtenido de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51015c5d937c3_Hig.Sanid.Ambient.7.222-227\(2007\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51015c5d937c3_Hig.Sanid.Ambient.7.222-227(2007).pdf)
- Coronel, M. (Diciembre de 2011). *Modelo de desarrollo para prevenir la contaminación en la rivera del río Jatunyacu del cantón Otavalo*. Universidad Técnica del Norte, Instituto de Postgrado. Otavalo: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1218/1/PG%20292%20TESIS.pdf>
- Cupul, L., Mosso, C., Sánchez, A., Sierra, J., Fermán, J., Romero, I., & Falco, S. (2006). Distribución bacteriológica en el agua de mar en la Bahía Cullera, España. *Ciencias Marinas*, 32(2). Recuperado el 30 de Mayo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000400010
- Del Coco, V., Córdoba, M., & Basualdo, J. (2009). Criptosporidiosis: una zoonosis emergente. *Revista argentina de microbiología*. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412009000300011
- Del Pilar, S., Ávila, M., & Gómez, A. (2015). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA*, 3(4), 1794-2470. Recuperado el 16 de Mayo de 2018
- Díaz M, e. a. (2014). Obtenido de <http://docplayer.es/67379716-Determinacion-cuantitativa-de-enterococos-en-aguas-utilizando-un-metodo-cromogenico-alternativo.html>
- Díaz, M., Zhurbenko, R., Lobaina, T., Quiñones, D., & Rodríguez, C. (2014). Determinación cuantitativa de enterococos en aguas utilizando un método cromogénico alternativo. *Revista Cubana de Investigación Biomédica*, 33.



- DIBICO. (2016). *Medio de cultivo bacteriología general*. México D.F.: DIBICO. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de http://www.probiotek.com/wp-content/uploads/2014/01/1007-E_Agar-dextrosa-sabouraud.pdf
- Domenech, J. (2003). Cryptosporidium y Giardia, problemas emergentes en el agua de consumo humano. *Offarm*, 22(11), 112-116. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-cryptosporidium-giardia-problemas-emergentes-el-13055926>
- ELIKA, 2. (julio de 2004). *ELIKA*. Obtenido de http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo19/Criptosporidium_cast.pdf
- Espinoza, V., Castillo, R., & Rovira, D. (2014). *Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de Chiriquí, Panamá*. (Primera ed.). Chiriquí: Universidad Tecnológica Oteima. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de <http://www.oteima.ac.pa/nueva/investigaciones/Par%C3%A1metros%20F%C3%ADsico-químico%20listo.pdf>
- Estrella, T., Cabezas, F., & Estrada, F. (1999). La evaluación de los recursos hídricos en el Libro Blanco del Agua en España. *Ingeniería del agua*, 6(2). doi:<https://doi.org/10.4995/ia.1999.2781>
- Fernández de Córdova, C., & Rodríguez, Y. (2016). *Primeros resultados de la red actual de monitoreo hidrometeorológico de Cuenca, Ecuador*. Instituto Superior Politécnico. Cuenca: Centro de Investigaciones Hidráulicas; Instituto Superior Politécnico. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de https://scholar.google.es/citations?user=m-r93akAAAAJ&hl=es#d=gs_md_cita-d&p=&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Des%26user%3Dm-r93akAAAAJ%26citation_for_view%3Dm-r93akAAAAJ%3Au5HHmVD_uO8C%26tzom%3D300
- Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2004). *Cryptosporidium parvum*. Eliko. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo19/Criptosporidium_cast.pdf
- Gallego, M. (2000). El agua, vehículo de contaminación. *BABAB*, 1(1). Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de <https://www.babab.com/no01/agua.htm>
- García A, T. e. (2012). *SEIMC*. Obtenido de <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/Brotcripto.pdf>
- García, M., & Uruburu, F. (2014). *Colección Española de Cultivos tipo (CECT). La conservación de cepas microbianas*. Universidad de Valencia. Valencia: Universidad de Valencia. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://www.cect.org/docs/cons.pdf>
- Gertjan, M. (2 de Enero de 2006). *WHO*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/cryptodraft2.pdf
- Gobierno Provincial del Azuay. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Azuay 2015-2030*. Gobierno Provincial del Azuay, Dirección de planificación. Cuenca: Coordinación de ordenamiento territorial. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de



http://www.azuay.gob.ec/prv/wp-content/uploads/2017/07/2015.Plan_Desarrollo_Ordenamiento_Territorial_Azuay.pdf

- Hanes, T. (2017). Obtenido de https://muyfitness.com/los-peligros-del-agua-estancada-y-del-moho-blanco-oscuro_13148521/
- Hernández, E. (2014). *Efecto de los extractos de Syzygium aromaticum sobre el crecimiento de Entamoeba histolytica, Giardia lamblia y Trichomonas vaginalis*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://eprints.uanl.mx/4020/1/1080253544.pdf>
- Hutchinson, G. (1967). A Treatise On Limnology. *Limnology and Oceanography*, 14(3). doi:<https://doi.org/10.4319/lo.1969.14.3.0472>
- ICONTEC. (2014). Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/normas2/Norma-Col.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Norma técnica ecuatoriana: Agua potable, requisitos*. Normativas, Quito. Recuperado el 30 de Mayo de 2018, de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (1 de Abril de 2015). *Giardia lamblia*. DATABIO. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo.: <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Giardia%20lamblia%202016.pdf>
- Kenner, B., Clarck, H., & Kabler, O. (1960). Fecal Streptococci I. Cultivation and Enumeration of Streptococci in Surface Waters. *APPI Microbiol*, 9-15. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de http://www.scharlabmagyarorszag.hu/katalogus/01-294_TDS_EN.pdf
- Laboratorios Britania. (2015). *Cerebro Corazón Infusión Agar*. Laboratorios BRITANIA. BRITANIA. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <http://studyres.es/doc/1243703/cerebro-coraz%C3%B3n-infusi%C3%B3n-agar>
- Larone, D. (2014). *Medically Important Fungi: A Guide to Identification* (Quinta ed.). Washington DC: American Society for Microbiology Press. Recuperado el 16 de Mayo de 2018
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, M., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC*, 44(3). Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>
- Luján, H. (2006). Giardia y giardiasis. *Medicina*. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802006000100014
- Marchan, E. (2010). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el



14 de Mayo de 2018, de
http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf

- Marin, F., & Torrella, S. (2012). Obtenido de
https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/01/PDF/1984A_059-73.pdf
- Martínez, A., Fonseca, K., Ortega, J., & García, C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, 8(1), 35-47. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de
<http://www.redalyc.org/pdf/863/86311258005.pdf>
- Méndez, R. e. (2014). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/467/46750924005.pdf>
- Meridian Bioscience. (2008). *CLSI: Merifluor Cryptosporidium-Giardia*. Meridian Bioscience, Inc. Recuperado el 26 de Julio de 2018, de
<http://www.meridianbioscience.com/default.aspx>
- Messer, J., & Dufour, A. (1998). A Rapid, Specific Membrane Filtration Procedure for Enumeration of Enterococci in Recreational Water. *Applied and environmental Microbiology*, 64(2), 678-680. Recuperado el 4 de Junio de 2018, de
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC106101/>
- Metcalf, A., & Eddy, S. (1996). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y reutilización* (Tercera ed.). México D.F.: McGraw Hill. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de
<https://es.scribd.com/doc/295690189/INGENIERIA-de-AGUAS-RESIDUALES-Tratamiento-Vertido-y-Reutilizacion-Metcalf-Tomo-I>
- Ministerio de Medio Ambiente de Madrid. (2000). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología*. Madrid: Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado el 16 de Mayo de 2018
- Moya, M., & Rodríguez, M. (2000). *Diagnóstico microbiológico de los tanques de equalización, acidificación y corriente de saluda de la planta de tratamiento de aguas residuales de una industria cervecera de Bogotá D.C.* Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de <https://es.slideshare.net/MOSHERG/tesis-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Núñez, N., Fraile, I., & Lizarazu, J. (2009). Microorganismos patógenos del agua. Estudio de Molinao Erreka. *Meridies*, 13(1), 69-76. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de
<http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/microorganismos/in.html>
- Ojeda, J. (2012). *Tratamiento de aguas residuales con finalidades productivas en el ámbito rural, mediante sistemas de tratamiento natural o de bajo costo energético*. IAEN. Loja: Instituto de Altos Estudios Nacionales. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de
<http://repositorio.iaen.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/24000/3968/Jean%20Ojeda%20Monograf%C3%ADa%20aprobada-final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ongley, E. (1997). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55)*. Burlington, Canadá: FAO. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm>



- Organización Mundial de la Salud. (2000). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Zaragoza: OMS. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (16 de OCTUBRE de 2013). El nuevo plan de la OMS para prevenir riesgos . Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr75/es/>
- Osorio, C. (2007). *Manual de Microbiología* (Tercera ed.). Santiago: Universidad de Chile. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://camilachan.free.fr/medicina/descargas/upload/3ro/Libros/Manual%20de%20microbiolog%EDa%20-%203ra%20Ed%20-%20Universidad%20de%20Chile.pdf>
- Passalacqua, N. e. (2014). *RENALOA*. Obtenido de http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_III.pdf
- Pauta, G. (2014). *Estudio integral de la calidad del agua del río Burgay y evaluación del riesgo toxicológico por la probable presencia de plaguicidas*. Universidad de Cuenca. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19831>
- Peñafiel, A. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del Río Tomebamba mediante el índice ICA del instituto mexicano de tecnología del agua*. Universidad de Cuenca, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf>
- Presscott, L., & Harley, D. (2004). *Microorganismos en ambientes acuáticos en: Microbiología*. Madrid: Mc Graw Hill. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <https://es.slideshare.net/boscanandrade/libro-lansing-prescott>
- Quispe, G., & Castillo, H. (2014). Cocos Gram Positivos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 49(1). Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=s2304-37682014001000004&script=sci_arttext
- Ramírez, F. (2003). *El Cryptosporidium y su eliminación en las ETAPs*. Madrid: Departamento de tratamiento de agua. Recuperado el 30 de Mayo de 2018, de <http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Cryptosporidium.pdf>
- Ramírez, M. (2014). *Levaduras*. Cali: SCRIB. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://es.scribd.com/document/228211444/fermenatcion-Levaduraaa-1>
- Rebollo, L. F. (2013). *Universidad de Alcalá*. . Obtenido de https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-67044/TAB42351/T1-Introducci%F3n.pdf
- Rheinheimer, G. (1987). *Microbiología de las aguas*. Zaragoza: Acribia Editorial. Recuperado el 22 de Mayo de 2018



- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247. doi:10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rodríguez, B. (2016). *Atlas de micología*. Madrid: CCK. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://atlasdemicologia.wordpress.com/author/atlasdemicologia/page/2/>
- Rodríguez, D. (2012). Distribución de Enterococos como indicadores de contaminación fecal en aguas de la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(2). Recuperado el 30 de Mayo de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000200002
- Rodríguez, J., & Royo, G. (2001). *Cryptosporidium y criptosporidiosis*. Hospital General Universitario de Elche, Servicio de Microbiología. Alicante: Universidad Miguel Hernández. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/crypto.pdf>
- Sánchez, E. (Julio de 2004). *ELIKA*. Obtenido de ELIKA: http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo19/Criptosporidium_cast.pdf
- Seoánez, M. (2004). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo*. S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/230887823_Depuracion_de_las_aguas_residuales_por_tecnologias_ecologicas_y_de_bajo_costo
- Serrano, H., & Cardona, N. (2015). Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *Rev CES Med*, 29(1), 143-152. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/2611/261140733012/>
- Solarte, Y., Peña, M., & Madera, C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Colombia Médica*, 37(1). Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/415/1101>
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. (2003). *Desarrollo de niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a escherichia coli/enterococos*. Buenos Aires. Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/DOCUMENTO46.pdf>
- Tarco, F., & Venintimilla, K. (2010). *La contaminación del agua. Análisis jurídico sobre la protección del Río Cutuchi y su saneamiento en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias Administrativas y Humanísticas. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1164>
- Tedesco, R. M., Camacaro, Y., Morales, G., Amaya, I., & Blanco. (2012). PARÁSITOS INTESTINALES EN NIÑOS DE HOGARES DE CUIDADO DIARIO. *SABER.*, 142-143.
- Thompson, A. (2008). The public health and clinical significance of Giardia and Cryptosporidium in domestic animals. *The Veterinary Journal*, 177(1), 18-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.09.022>



Vaca, F. (2014). *Evaluación ambiental de la calidad del agua del río Santa Rosa y lineamientos para un plan ambiental*. Universidad de Guayaquil, Escuela de Ciencias Geológicas y Ambiental. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11616?mode=full>



ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de las estaciones de monitoreo tomadas con GPS.

- Coordenadas de los puntos de muestreo - Río Tomebamba

Punto	Coordenada sur	Coordenada oeste	Lugar de muestreo
1	2°50'35.9"	79°07'31.5"	Llaviuco
2	2°52'09.0"	79°05'03.6"	Syausí
3	2°53'55.2"	79°00'37.7"	Puente del Vado
4	2°54'23.6"	78°59'00.3"	Empresa Eléctrica
5	2°53'36.1"	78°57'57.2"	A.J.Q Milchichig
6	2°52'34.8"	78°56'50.1"	Antes de PTAR
7	2°50'54.4"	78°54'40.7"	Challuabamba

Fuente: Los autores

- Coordenadas de los puntos de muestreo - Río Yanuncay

Punto	Coordenada sur	Coordenada oeste	Lugar de muestreo
1	2°55'37.6"	79°05'56.4"	Dispensario Barabón
2	2°54'40.1"	79°04'46.3"	Inmaculada de Barabón
3	2°54'01.5"	79°02'58.7"	Puente Misicata
4	2°54'22.5"	79°01'35.0"	Av. Loja
5	2°54'56.2"	79°00'31.9"	Tres Puentes
6	2°55'01.4"	79°00'04.5"	Redondel de UDA
7	2°54'45.3"	78°59'22.1"	Parque Paraíso

Fuente: Los autores



- Coordenadas de los puntos de muestreo - Río Tarqui

Punto	Coordenada sur	Coordenada oeste	Lugar de muestreo
1	3°04'38.1"	79°04'26.3"	A.J. Irquis
2	3°02'46.4"	79°03'17.0"	D.J Cumbe
3	3°01'15.8"	79°02'24.1"	Entrada a Tarqui
4	3°00'04.9"	79°02'28.8"	Zona Franca
5	2°56'59.3"	79°02'46.7"	DJ Zhucay
6	2°55'19.5"	79°01'49.8"	Parque Inclusivo
7	2°55'08.1"	79°01'01.3"	A.J Yanuncay

Fuente: Los autores

- Coordenadas de los puntos de muestreo – Río Machángara

Punto	Coordenada sur	Coordenada oeste	Lugar de muestreo
1	2°48'34.4"	78°59'53.7"	Chiquintad
2	2°50'00.7"	78°59'07.5"	Ochoa León
3	2°51'43.2"	78°58'51.8"	Feria de Ganado
4	2°52'21.1"	78°58'31.4"	Parque Industrial
5	2°53'10.6"	78°57'20.9"	Redondel Gonzales Suárez

Fuente: Los autores



Anexo 2. Plan de toma de muestras: indican los meses en los que se realizo cada campaña de monitoreo o toma de muestra en los 4 ríos.

Campaña de monitoreo.	T1		T2		T3
	Diciembre 2017	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018
Río Machangara 5 estaciones	x		x		x
Río Tarqui 7estaciones		x	x		x
Río Yanuncay 7 estaciones		x		x	x
Río Tomenbamba 7 estaciones.		x	x		x

Fuente. Los autores.



Anexo 3: Recuento de (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus totales*, *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp*)

• **RÍO YANUCAY – MONITOREO 1**

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA									
Muestra procedencia:	RÍO YANUNCAY								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	13/02/18								
Fecha de Análisis:	13/02/18								
Condiciones climatológicas:	Lluvioso								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Dispensario Barabón	Inmaculada Barabón	Puente Misicata	Av. Loja	Tres Puentes	UDA	Parque Paraíso		
Enterococcus faecalis	10	71	70	400	370	1800	7000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	49	101	160	5280	1610	4500	12000	UFC/100ml	
Cryptosporidium						ND	5.33	Ooquistes/l	
Giardia						ND	ND	Quistes/l	

MONITOREO 2

Muestra procedencia:	RÍO YANUNCAY								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	07/03/18								
Fecha de Análisis:	07/03/18								
Condiciones climatológicas:	Lluvioso								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Dispensario Barabón	Inmaculada Barabón	Puente Misicata	Av. Loja	Tres Puentes	UDA	Parque Paraíso		
Enterococcus faecalis	10	12	16	350	330	960	3000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	67	78	126	2500	2390	4680	8100	UFC/100ml	
Cryptosporidium						133,3	140	Ooquistes/l	
Giardia						ND	20	Quistes/l	

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



MONITOREO 3

Muestra procedencia:	RÍO YANUNCAY								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	03/04/18								
Fecha de Análisis:	03/04/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
PARAMETROS BIOLÓGICOS	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Dispensario Barabón	Inmaculada Barabón	Puente Misicata	Av. Loja	Tres Puentes	UDA	Parque Paraíso		
Enterococcus faecalis	17	25	20	230	450	2800	11000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	81	96	94	1430	860	18200	43900	UFC/100ml	
Cryptosporidium						36,6	173,3	Ooquistes/l	
Giardia						110	130	Quistes/l	

ANEXO 4: Recuento de (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus totales*, *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp*)

RÍO TARQUI- monitoreo 1

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA									
Muestra procedencia:	RÍO TARQUI								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	05/02/18								
Fecha de Análisis:	05/02/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	AJ Irquis	DJ Cumbe	Tarqui	Zona Franca	DJ Zhucay	Parque Inclusivo	A.J Yanuncay		
Enterococcus faecalis	49	78	220	1490	2100	1990	2500	UFC/100ml	
Streptococcus totales	185	254	700	4780	6240	7310	7990	UFC/100ml	

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



Cryptosporidium						90	120	Ooquistes/l	
Giardia						40	110	Quistes/l	

Monitoreo 2

Muestra procedencia:	RÍO TARQUI								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	14/03/18								
Fecha de Análisis:	14/03/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	AJ Irquis	DJ Cumbe	Tarqui	Zona Franca	DJ Zhucay	Parque Inclusivo	A.J Yanuncay		
Enterococcus faecalis	20	140	200	550	1900	4000	4200	UFC/100ml	
Streptococcus totales	212	812	580	810	2600	18100	15900	UFC/100ml	
Cryptosporidium spp						166,6	160	Ooquistes/l	
Giardia spp						26.7	133	Quistes/l	



Monitoreo 3.

Muestra procedencia:	RÍO TARQUI								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	11/04/18								
Fecha de Análisis:	11/04/18								
Condiciones climatológicas:	soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	AJ Irquis	DJ Cumbe	Tarqui	Zona Franca	DJ Zhucay	Parque Inclusivo	A.J Yanuncay		
Enterococcus faecalis	35	68	350	300	1100	1000	2500	UFC/100ml	
Streptococcus totales	172	258	1790	3200	2500	5400	11300	UFC/100ml	
Cryptosporidium						200	213	Ooquistes/l	
Giardia						67	160	Quistes/l	



ANEXO 5: Recuento de (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus* totales, *Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp)

RÍO MACHANGARA – Monitoreo 1

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA							
Muestra Procedencia	RÍO MACHANGARA						
Tipo de fuente:	Superficial						
Fecha de toma:	17/01/18						
Fecha de Análisis:	17/01/18						
Condiciones climatológicas:	Lluvioso						
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa						
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Unidad	Observaciones
	Chiquintad	Ochoa León	Feria de Ganado	Parque Industrial	Redondel Gonzales Suarez		
Enterococcus faecalis	10	27	280	260	170	UFC/100ml	
Streptococcus totales	17	353	2780	2870	4890	UFC/100ml	
Cryptosporidium					310	Ooquistes/l	
Giardia					90	Quistes/l	

Monitoreo 2.

Muestra procedencia:	RÍO MACHANGARA						
Tipo de fuente:	Superficial						
Fecha de toma:	18/04/18						
Fecha de Análisis:	18/04/18						
Condiciones climatológicas:	Soleado						
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa						
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Unidad	Observaciones
	Chiquintad	Ochoa León	Feria de Ganado	Parque Industrial	Redondel Gonzales Suarez		
Enterococcus faecalis	20	62	510	3500	5700	UFC/100ml	
Streptococcus totales	316	902	2050	15800	22000	UFC/100ml	
Cryptosporidium					450	Ooquistes/l	
Giardia					150	Quistes/l	

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



ANEXO 6: Recuento de (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus totales*, *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp*)

RÍO TOMBAMBA – monitoreo 1

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA									
Muestra procedencia:	RÍO TOMBAMBA								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	06/01/18								
Fecha de Análisis:	06/01/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Llaviuco	Sayausí	Puente del Vado	Empresa Eléctrica	A.J.Q Milchichig	Antes PTAR	Challuabamba		
Enterococcus faecalis	1	19	2600	4360	6300	7900	15000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	22	45	3660	5280	9890	12900	23300	UFC/100ml	
Cryptosporidium						120	70	Ooquistes/l	
Giardia						100	120	Quistes/l	

Monitoreo 2

Muestra procedencia:	RÍO TOMBAMBA								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	27/03/18								
Fecha de Análisis:	27/03/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Llaviuco	Sayausí	Puente del Vado	Empresa Eléctrica	A.J.Q Milchichig	Antes PTAR	Challuabamba		
Enterococcus faecalis	9	36	2800	4300	9000	6800	33000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	11	40	3400	7400	18100	20600	53000	UFC/100ml	
Cryptosporidium						500	250	Ooquistes/l	
Giardia						250	300	Quistes/l	

Carlos Andrés Rivera Pesántez

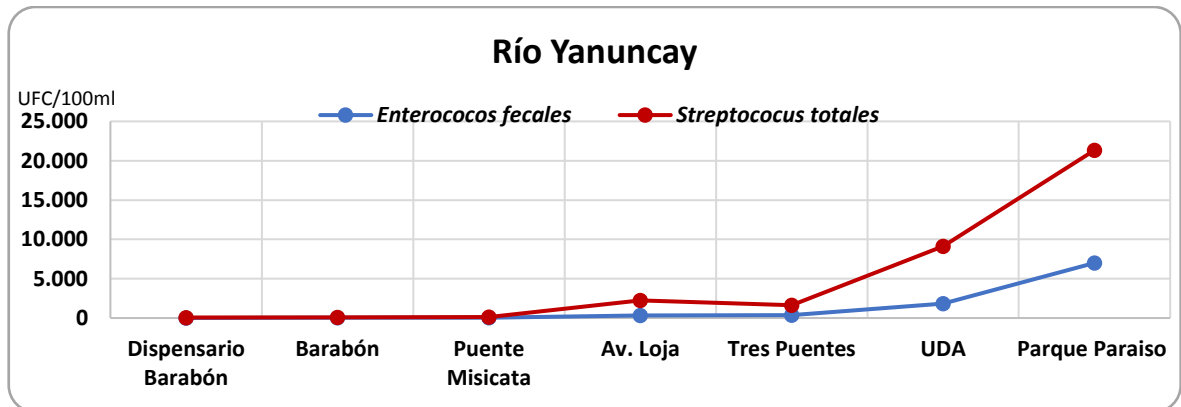
Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



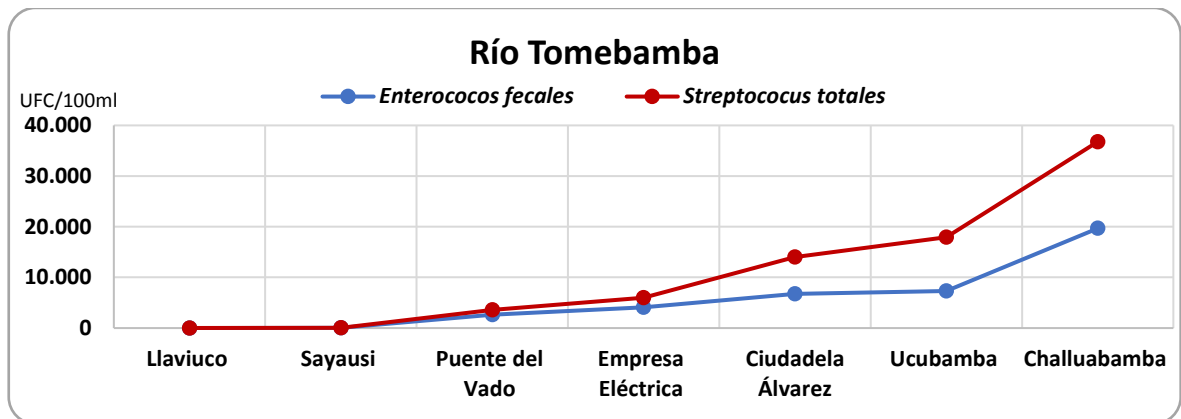
Monitoreo 3

Muestra procedencia:	RÍO TOMBAMBA								
Tipo de fuente:	Superficial								
Fecha de toma:	25/04/18								
Fecha de Análisis:	25/04/18								
Condiciones climatológicas:	Soleado								
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa								
Parámetros biológicos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Unidad	Observaciones
	Llaviuco	Sayausí	Puente del Vado	Empresa Eléctrica	A.J.Q Milchichig	Antes PTAR	Challuabamba		
Enterococcus faecalis	2	36	2600	3600	5000	7300	11000	UFC/100ml	
Streptococcus totales	12	120	3660	5280	14100	20300	34000	UFC/100ml	
Cryptosporidium						60	60	Ooquistes/l	
Giardia						30	50	Quistes/l	

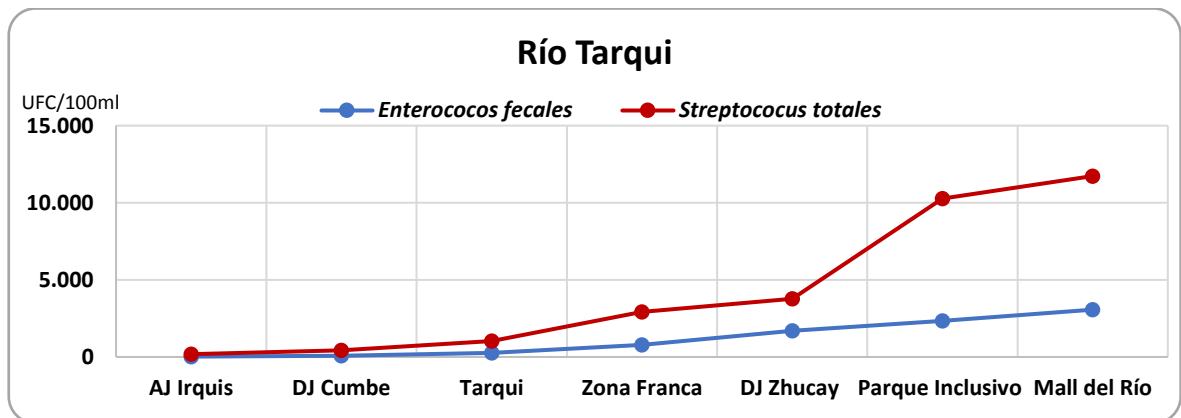
• ANEXO 7. GRÁFICOS MEDIAS ARITMETICAS: *ENTEROCOCCUS FECALES* – *STREPTOCOCCUS TOTALES*



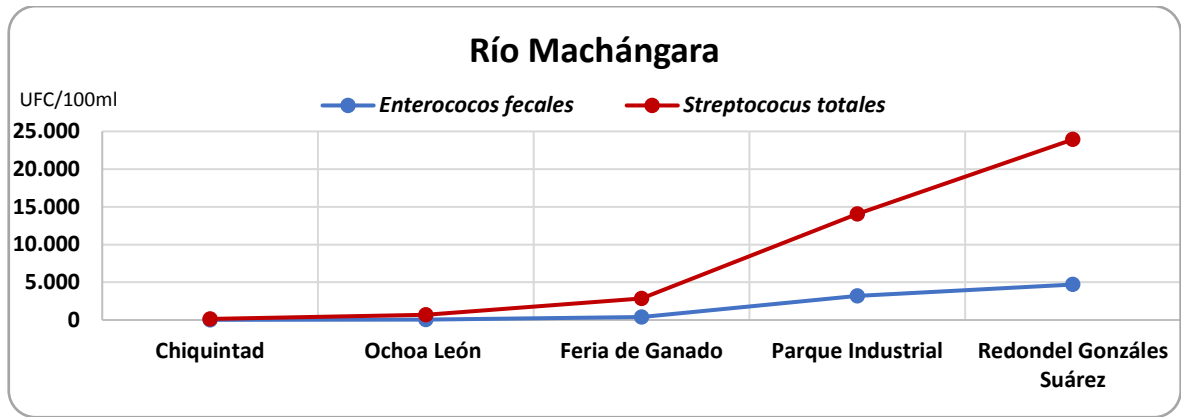
Medias aritméticas de los 3 monitoreos realizados.



Medias aritméticas de los 3 monitoreos realizados.



Medias aritméticas de los 3 monitoreos realizados.



- Medias aritméticas de los 3 monitoreos realizados.



• ANEXO 8. TABLAS DE DATOS DE MOHOS Y LEVADURAS EN LOS RIOS DE CUENCA.

➤ MOHOS Y LEVADURAS: RIO YANUNCAY

FACULTAD DE INGENIERIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA			
RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
Muestra procedencia:	Rio Yanuncay.	Rio Yanuncay.	Rio Yanuncay.
Tipo de fuente:	Superficial.	Superficial.	Superficial.
Fecha de toma:	13 de febrero del 2018	7 de marzo del 2018	3 de abril del 2018
Fecha de Análisis:	13 de febrero del 2018	7 de marzo del 2018	3 de abril del 2018
Condiciones climatológicas:	Soleado	Soleado	Soleado
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
Punto 1: Dispensario Barabon.	Recuento: 60 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 45 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 23 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas
Punto2: Inmaculada Barabón	Recuento: 63 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 60 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 33 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas
Punto3: Puente Misicata	Recuento: 100 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 70 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas	Recuento: 22 UFC/ml Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas
Punto4: Av. Loja	Recuento: 167 UFC/ml Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 166 UFC/ml Colonia 2. Negra pulverulenta. 1 UFC/ml	Recuento: 280 UFC/ml Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 273 UFC/ml Colonia2: blanca, aterciopelada, bordes irregulares, centro verdoso. 7 UFC/ml Género: <i>Aspergillus spp</i>	Recuento: 330 UFC/ml Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 329 UFC/ml Colonia2: marrón, vellosa. Reverso amarillo. 1UFC/ ml Género: <i>Mucor spp</i>

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



	Género: <i>Aspergillus niger</i>		
Punto 5: Tres Puentes	<p>Recuento: 960 UFC/ml</p> <p>Coloia 1. Blancas cremosas bordes definidos 959 UFC/ml</p> <p>Colonia 2. Blancas 1 UFC/ml</p> <p>Género. <i>Verticillium spp</i></p>	<p>Recuento: 890 UFC/ml</p> <p>Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 886UFC/ml</p> <p>Colonia2: blanca, bordes irregulares, vellosa. 3 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Trichophiton spp.</i></p> <p>Colonia 3. Amarillento, vellosa. 1UFC/ml</p> <p>Género: <i>Penicillium spp.</i></p>	<p>Recuento: 670 UFC/10ml</p> <p>Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas</p>
Punto 6: Universidad del Azuay	<p>Recuento: 1100 UFC/ml</p> <p>Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas</p>	<p>Recuento: 900 UFC/ml</p> <p>Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 889UFC/ml</p> <p>Colonia2: Blanca, centro verdoso, reverso amarillento, lanosa. 1 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Verticillium spp.</i></p>	<p>Recuento: 870 UFC/ml</p> <p>Colonias: blancas, bordes irregulares cremosas</p>
Punto 7: Parque el Paraíso	<p>Recuento: 1260 UFC/ml.</p> <p>Colonias : blancas, bordes irregulares cremosas</p>	<p>Recuento: 980 UFC/ml</p> <p>Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas</p>	<p>Recuento: 1010 UFC/ml</p> <p>Colonias 1: blancas, bordes irregulares cremosas. 1009 ufc/ml</p> <p>Colonia2: negro, vellosa, bordes irregulares. 1ufc/ml</p> <p>Género: <i>Aspergillus niger</i></p>



➤ MOHOS Y LEVADURAS: RÍO TARQUI

FACULTAD DE INGENIERIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA			
RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
Muestra procedencia:	Rio Tarqui	Rio Tarqui	Rio Tarqui
Tipo de fuente:	Superficial	Superficial	Superficial
Fecha de toma:	5 de febrero del 2018	14 de marzo del 2018	11 de abril del 2018
Fecha de Análisis:	5 de febrero del 2018	14 de marzo del 2018	11 de abril del 2018
Condiciones climatológicas:	Soleado	Soleado	Soleado
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
Punto 1: AJ Irquis	Recuento: 108 UFC/ml Colonias Amarillentas, cremoso, bordes regulares	Recuento: 138 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 44 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto 2: DJ Cumbe	Recuento: 157 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 360 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 148 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto 3: Tarqui	Recuento: 130 UFC/ml Colonias: amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 240 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 300 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto 4: Zona franca.	Recuento: 710 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 590 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 580 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto 5: DJ Zhucay	Recuento: 1136 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 1010 UFC/ml Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1009 UFC/ml Colonia 2. blanca, bordes regulares, aterciopelada, reverso amarillento. 1 UFC/ml	Recuento: 1110 UFC/ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares



		Género: <i>Geotrichum spp</i>	
Punto 6 Parque Inclusivo	Recuento: 1080 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 1370 UFC/ ml Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1369 UFC/ml Colonia2. Café, velloso reverso café, bordes irregulares. 1 UFC/ml Género: <i>Mucor spp</i>	Recuento: 1300 UFC/ ml Colonias 1. amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1299 UFC/ml Colonia2. Blanca, aterciopelada, reverso amarillento. 1 UFC/ml Género: <i>Verticillium spp</i>
Punto 7: A.J Yanuncay	Recuento: 2540 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 2000 UFC/ ml Colonia 1 amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1998UFC/ml Colonia2. Blanca, aterciopelada, bordes regulares reverso amarillento. 1 UFC/ml Género: <i>Geotrichum spp.</i> Colonia3. Blanca, vellosa, bordes irregulares. 1UFC/ml Género: <i>Trichophyton spp</i>	Recuento: 2310 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares



➤ **MOHOS Y LEVADURAS: RÍO MACHÁNGARA**

FACULTAD DE INGENIERIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA			
RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
Muestra procedencia:	Río Machángara.	Río Machángara.	Río Machángara.
Tipo de fuente:	Superficial.	Superficial.	Superficial.
Fecha de toma:	17 de enero del 2018	21 de marzo del 2018	18 de abril del 2018
Fecha de Análisis:	17 de enero del 2018	21 de marzo del 2018	18 de abril del 2018
Condiciones climatológicas:	Lluvioso.	Soleado.	Soleado.
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa.	Andrés Rivera - Liliana Ochoa.	Andrés Rivera - Liliana Ochoa.
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
Punto 1: Chiquintad	Recuento: 39 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 54 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 12 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto2: Ochoa León	Recuento: 360 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 450 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 192 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto3: Feria de ganado	Recuento: 830UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 550 UFC/ ml Colonia 1. amarillentas, cremosas, bordes regulares 549 UFC/ml Colonia2. Verdosa, aterciopelada, bordes regulares, reverso verdoso. 1 UFC/ml Genero: <i>Aspergillus spp</i>	Recuento: 930 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares
Punto4: Parque industrial	Recuento: 1050 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 970 UFC/ ml Colonias. amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 1090 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.
Punto 5. Redondel Gonzales Suarez	Recuento: 1280 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1278UFC /ml Colonia 1. verde, pulverulenta. 3 UFC/ml Género: <i>Aspergillus spp.</i> Colonia2. Blanca, algodonosa.3 UFC/ml	Recuento: 1600 UFC/ ml Colonia 1. amarillentas, cremosas, bordes regulares 1597 UFC/ml Colonia2. Negro, velloso, reverso negro. 3 UFC/ml	Recuento: 1970 UFC/ ml Colonia 1. amarillentas, cremosas, bordes regulares 1969 UFC/ml Colonia2. Café, aterciopelada,

Carlos Andrés Rivera Pesántez

Liliana Emperatriz Ochoa Delgado



	Género: <i>Mucor spp</i>	Género: <i>Aspergillus spp</i>	crateriforme, bordes irregulares. 1 UFC/ml Género: <i>Penicillium spp</i>
--	---------------------------------	---------------------------------------	---

➤ **MOHOS Y LEVADURAS: RÍO TOMBAMBA**

FACULTAD DE INGENIERIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA			
RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
Muestra procedencia:	Río Tomebamba	Río Tomebamba	Río Tomebamba
Tipo de fuente:	Superficial	Superficial	Superficial
Fecha de toma:	6 de enero del 2018	27 de marzo del 2018	25 de abril del 2018
Fecha de Análisis:	6 de enero del 2018	27 de marzo del 2018	25 de abril del 2018
Condiciones climatológicas:	Soleado	Soleado	Soleado
Análisis solicitado por:	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa	Andrés Rivera - Liliana Ochoa
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
Punto1: Llaviuco	Recuento: 31 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 34 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.	Recuento: 26 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.
Punto2: Sayausí	Recuento: 36UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 33 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.	Recuento: 34 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.
Punto3: Puente del vado	Recuento: 430 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 390 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.	Recuento: 210 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.
Punto4: Empresa eléctrica	Recuento: 560 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 670 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.	Recuento: 920 UFC/ ml Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 919 UFC/ml Colonia2. Blanca, aterciopelado, bordes irregulares. . 1 UFC/ml Género: <i>Mucor ssp.</i>
Punto5: A.J. Milchichig	Recuento: 890 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares	Recuento: 980 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.	Recuento: 1020 UFC/ ml Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares.
Punto6: Antes PTAR	Recuento: 990UFC/ ml	Recuento: 1010 UFC/ ml	Recuento: 1150 UFC/ ml



	<p>Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 989 UFC/ml</p> <p>Colonia2. Verde, vellosa, bordes regulares. 1 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Aspergillus spp</i></p>	<p>Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1009 UFC/ml</p> <p>Colonia2. Negras, vellosas, bordes irregulares, reverso amarillento. . 1 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Aspergillus niger</i></p>	<p>Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1148UFC/ml</p> <p>Colonia 2: verdosa, aterciopelado, 8cm de diámetro. 2UFC/ml</p> <p>Genero: <i>Aspergillus spp</i></p>
<p>Punto7: Chaullabamba.</p>	<p>Recuento: 1410UFC/ml</p> <p>Colonias amarillentas, cremosas, bordes regulares</p>	<p>Recuento: 1610 ufc/ ml</p> <p>Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1609 UFC/ml</p> <p>Colonia2. Verde, aterciopelada, reverso amarillento, bords irregulares. 1 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Aspergillus spp</i></p>	<p>Recuento: 1710 UFC/ml</p> <p>Colonia 1. Amarillentas, cremosas, bordes regulares. 1709 UFC/ml</p> <p>Colonia2. blanca, reverso amarillo, aterciopelada. 1 UFC/ml</p> <p>Género: <i>Verticillium ssp</i></p>