

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSTGRADO

SECCION DE POSTGRADO DE MEDICINA



**EVALUACIÓN DE COLIFORMES Y ENTEROBACTERIAS PATÓGENAS
COMO POTENCIAL DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE
RIEGO EN LA CUENCA BAJA DEL RIO MOCHE. TRUJILLO, PERU.**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN
CIENCIAS DE LA SALUD**

AUTOR: Ms.C. MARTHA KARINA LEZAMA ESCOBEDO.

ASESOR: Dr. PEDRO BERNARDO LEZAMA ASENCIO.

**TRUJILLO - PERÚ
2018**

N° de Registro.....

DEDICATORIA

A mis padres, **Pedro y Clorinda**, por su amor incondicional, por darme la vida, por estar siempre a mi lado, por su paciencia, sacrificio, consejos, confianza, su apoyo, por ser ejemplo de superación y demostrarme con hechos que para lograr el éxito sólo se necesita dedicación y empeño. Por enseñarme a nunca darme por vencida a pesar de los obstáculos que se presentan en la vida.

A mi hermanito **Pedro Alex**, por ser mi mejor amigo, por su apoyo, confianza, por sus ocurrencias que han permitido ver la vida con más entusiasmo, por demostrarme que para ser vencedor hay que creerlo. Por enseñarme que el éxito se logra con dedicación y esfuerzo diario.

A mi esposo **Roy**, por su amor, amistad, consejos, comprensión, apoyo constante y compañía, en los momentos más difíciles. Por alentarme para seguir adelante y hacer posible el logro de mis metas.

A mis hijos **Alex Andrés** y **Kori Kristell** por transmitirme mucha fortaleza para superar con valentía las adversidades que se presentan en el día a día, por ser fuente de inspiración para lograr el éxito.

A **Martha y Rocío** por los agradables momentos compartidos que han logrado que tenga una vida feliz, por su cariño, amor y apoyo constante.

Con eterna gratitud a todos mis familiares por brindarme su afecto y cariño, por ser un claro ejemplo de superación y lucha ante toda adversidad de la vida. Y a mis queridos amigos, por haber compartido penas y alegrías. Por su comprensión, lealtad, confianza y la fuerza necesaria para cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, quien me dio las fuerzas para seguir adelante y es la luz que me alumbra durante toda mi vida.

A mi asesor de esta tesis, Doctor Pedro Bernardo Lezama Asencio, por su amistad, consejos, tiempo, paciencia, dedicación y apoyo constante.

A los profesores del Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad Privada Antenor Orrego, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A colegas y amigos. De manera especial a Cecilia Bardales, Carlos León, Elio Ávila, Armando Araujo, Juan Casanova, Enrique Martín, Jeisson Cabos, Manuel Hidalgo, Ofelia Córdova, por su cariño, amistad, valioso apoyo durante la ejecución y culminación de la tesis. Desde el fondo de mi corazón les agradezco por su magnífico y desinteresado aporte.

RESUMEN

Existen diversos problemas de salud individual y colectivo asociados con la contaminación de los cuerpos de agua al ser portadoras de microorganismos patógenos, no siendo la excepción el Río Moche, fuente de consumo directo y agrícola en el departamento de La Libertad. Por ello, a fin de evaluar si está apto para su uso se ha realizado la evaluación de coliformes totales y termotolerantes patógenas durante los meses julio a diciembre del 2014 en tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche: Cerro Blanco, Puente Moche y La Bocana, encontrando presencia de las bacterias *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*, en niveles que exceden los estándares máximos establecidos en el DS N° 004-2017 MINAM sobre Estandar de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales, por lo que se concluye que no deben ser usados para fines agrícolas por ser portadoras de patógenos para la salud humana

Palabras clave: Coliformes, Enterobacterias, Patógenas, Contaminación

ABSTRACT

There are several individual and collective health issues associated with pollution of water sources which carry pathogen microorganisms. The Moche river is no exception because it is a major source for human and agricultural water consumption in La Libertad region. With the aim to evaluate its adequacy for consumption, the evaluation of total and thermotolerant pathogen coliforms during July to December from 2014 in three sampling stations in the lower basin of the Moche river: Cerro Blanco, Puente Moche and La Bocana. *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* and *Serratia*, bacteria were found in levels that exceed the maximum standards established in SD N° 004-2017 MINAM about Environment Quality Standard (ECA) Category 3 for vegetables watering and animals drinking. Therefore, it is concluded that this water must not be used for agricultural purposes because they carry pathogens for human health.

Keywords: coliforms, enterobacteria, pathogen, pollution

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| CONTRACARÁTULA..... | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| INDICE..... | vi |
| INDICE DE TABLAS Y FIGURAS..... | vii |
| INDICE DE ANEXOS..... | viii |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MATERIAL Y METODOS | 7 |
| 2.1 Materiales | 7 |
| 2.1.1 Material de estudio | 7 |
| 2.1.2 Población | 7 |
| 2.1.3 Muestra | 7 |
| 2.2 Métodos..... | 8 |
| 2.2.1 Tipo de estudio | 8 |
| 2.2.2 Diseño de investigación | 8 |
| 2.2.3 Variables y operativización de variables | 8 |
| 2.2.4 Determinación y ubicación de las estaciones de muestreo .. | 8 |
| 2.2.5 Frecuencia de muestreo | 9 |
| 2.2.6 Toma de muestra | 9 |
| 2.3 Análisis estadístico | 11 |
| III. RESULTADOS | 12 |
| IV. DISCUSIÓN | 22 |
| V. PROPUESTA | 31 |
| VI. CONCLUSIONES | 41 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA | 43 |

| INDICE DE TABLAS Y FIGURAS | Página |
|--|---------------|
| Tabla 01: Análisis microbiológicos de agua según estaciones y meses de muestreo de la cuenca baja del río Moche..... | 12 |
| Tabla 02: Prueba de asociación y coeficiente de contingencia por estaciones y meses de muestreo para coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) en la cuenca baja del río Moche..... | 13 |
| Tabla 03: ...Medidas de tendencia central y dispersión de Coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) por estaciones de muestreo en función del tiempo en meses de la Cuenca baja del río Moche..... | 14 |
| Tabla 04: Resultados promedio de los parámetros físicos y químicos en las tres estaciones y meses de muestro de la cuenca baja del río Moche..... | 17 |
| Tabla 05: Medidas de tendencia central y dispersión de los parámetros físico y químicos en las estaciones y meses de muestreo de las aguas de la cuenca baja del río Moche..... | 18 |
| Tabla 06: Análisis de Varianza Unidireccional (ANVA) de los parámetros físico – químicos de las aguas del río Moche entre estaciones de muestreo..... | 19 |
| Tabla 07: Prueba de Tukey para estimar diferencias de promedios entre estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche..... | 20 |
| Tabla 08: Valores de la correlación entre coliformes con meses y parámetros físico – químicos del agua entre puntos de muestreo y total..... | 21 |

INDICE DE ANEXOS

Página

| | |
|---|----|
| Anexo 01: Tramo longitudinal de la Cuenca baja del río Moche. Trujillo Perú..... | 55 |
| Anexo 02: Estaciones de muestreo (31,32 y 33) de la calidad del agua de la cuenca baja del río Moche. Trujillo-Perú..... | 56 |
| Anexo 03: Plan de monitoreo de cuencas; metodología y frecuencia... | 57 |
| Anexo 04: Recomendaciones para la cadena de seguridad de la muestra de agua de la cuenca baja del río Moche. Trujillo-Perú..... | 58 |
| Anexo 05: Metodología para determinación de parámetros evaluados y Requisitos para la toma de muestra para análisis físico químico y microbiológico del agua..... | 59 |
| Anexo 06: Patrones de Identificación de géneros de enterobacterias por pruebas bioquímicas de los análisis de agua de la cuenca baja del río Moche. 2014..... | 60 |
| Anexo 07: Fotografías (a, b y c) de los resultados de las pruebas bioquímicas realizadas para la identificación de los géneros de bacterias Coliformes totales y fecales de las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche, 2014..... | 61 |
| Anexo 08. Estándares de Calidad de Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3. según Decreto Supremo (DS) N° 004-2017-MINAM | 62 |

I. INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes del hombre, las civilizaciones surgieron y florecieron en lugares donde había suelos más productivos y agua de buena calidad y cantidad suficiente, dado que este compuesto es esencial para la vida e indispensable para gran parte de las actividades económicas y productivas del hombre; sin embargo, el crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, contribuyen a su degradación, constituyendo una amenaza para la salud del hombre (Valverde, 2001; Orozco, 2008).

El crecimiento urbano ha incrementado los problemas de salud vinculados a la contaminación ambiental; entre ellos el del agua debido a los vertidos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua; los primeros con un alto contenido de materia orgánica y microorganismos de origen fecal o coliformes, causantes de diversas enfermedades infecciosas como el cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras, que generan altos porcentajes de morbimortalidad en la población (Cifuentes, 1993.; Ayres y Wescot, 1987).

Para evaluar la calidad microbiológica del agua se emplea a los coliformes como indicadores de contaminación fecal debido a sus características de sobrevivencia y capacidad de multiplicación en este entorno; estableciéndose una relación directa entre su número y contaminación reciente (Camacho, 2009).

En Cuba, durante 1995, 1996 y primer semestre de 1997 se reportaron cepas de las familias *Vibrionaceae* y *Aeromonadaceae* procedentes de diferentes cuerpos de agua; caracterizándose diferentes especies de *Vibrio*, siendo las de mayor frecuencia *V. cholerae* 01, *V. alginolyticus*, *V. mimicus* y *V. fluvialis*, así como especies del género *Aeromonas* principalmente *A. caviae*, *A. hydrophila* y *A. veronii biovar sobria* (González, 1997).

En España, en aguas residuales urbanas y/o en cauces superficiales se ha reportado presencia y persistencia de *Vibrio cholerae* 01 (Jiménez, 1994);

En México, en la cuenca Lerma – Chápala, al estudiar coliformes totales, coliformes fecales y enterococos fecales, se identificaron *Escherichia coli*, *Vibrio fluvialis*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Enterobacter agglomerans* que podrían repercutir en la salud humana (Lima, y Mazari, 2005); y en la cuenca de los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino, cuyas aguas son de uso agrícola, se encontró elevadas concentraciones de coliformes fecales lo que implica una carga de excremento humano muy grande (Rivera, 2007).

En Venezuela, se determinó la calidad bacteriológica de las aguas del río Neverí a través de la identificación y cuantificación de los microorganismos indicadores coliformes totales, fecales y el grupo enterococos, encontrando bacterias de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Shigella*, *Klebsiella*, y *Enterococcus*; siendo las de mayor frecuencia. *E. coli* y *E. faecalis* (Barrios y Cañizares, 2001). En Paraguay, se encontraron cinco casos de transmisión de *Vibrio cholerae* 01 asociadas a fuentes de agua contaminada (Viceministerio de redes de salud colectiva, 2010).

En Perú, en Moyobamba, San Martín se ha estudiado la influencia de la actividad antropogénica en la calidad de aguas; en la quebrada de Mishquiyaquillo, que es de uso doméstico en el área de conservación municipal Almendra, se encontró que los coliformes fecales y totales superan los límites máximo permisibles propuestos por la ley general de aguas (Azabache, 2009); mientras en la cuenca del río Mayo se ha reportado moderada contaminación por dichos parámetros (Valverde, 2001).

En el río Chillón, Lima se ha efectuado un análisis integrado de trabajo de campo, aplicado a la cuenca media y baja, encontrando que los valores de coliformes totales estuvieron comprendidos entre 2100 y 75000 NMP/100 ml, con el valor más alto en la zona de Trapiche, y para coliformes fecales, el NMP/100 ml fueron superiores a 1 000 (Cabrera, 2001).

Investigaciones realizadas en pozos tubulares empleadas para consumo humano en las localidades de Santa y Coishco en Ancash, demostraron que éstas eran un reservorio potencial para bacterias del género *Aeromonas* y *Vibrio cholerae* (García, 2006); y al analizar coliformes totales y termo tolerantes en las aguas provenientes de la cuenca del río Santa, se encontró que superan los límites máximos establecidos por la Ley General de Aguas DL. 17752 (Araujo, 2003).

El agua es un elemento esencial para el desarrollo humano, incluyendo sus diversas actividades económicas; pero su calidad en el ecosistema depende de diversos factores, siendo las de mayor influencia las de la actividad humana, toda vez que está ligado al desarrollo de las civilizaciones cercanas a cuerpos de agua, que los emplea como fuente de recursos para multitud de funciones, así como medio receptor y depurador de parte de los residuos generados por sí mismos, ocasionando mayor presión sobre ríos y lagos conforme se incrementa la población, se alcanza mayor desarrollo industrial y agrícola; incrementando por lo tanto sus niveles de contaminación (Paredes, 2004).

El desarrollo industrial conduce a migración de la población rural hacia las ciudades incrementando paulatinamente la densidad poblacional generando con ello problemas en la calidad y cantidad del agua; sobre todo el primero por contaminación fecal y orgánica debido fundamentalmente a la falta de tratamiento de estas aguas residuales (Vink, y col. 1999). Por ello, las concentraciones de sus contaminantes están directamente relacionadas con las actividades humanas y descargas de efluentes, y debido también a las variaciones de caudal de ciertos vertidos puntuales que el cuerpo de agua recibe. (Behrendt, 1999).

La calidad del agua está determinada por sus características físicas, químicas y biológicas; que pueden ser modificadas por procesos naturales como su ciclo, al tener contacto con sustancias o microorganismos que se vierten en ella así como también en la atmósfera y litósfera; debido a sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como

arsénico, cadmio, arcillas, materia orgánica, bacterias, etc., o por los contaminantes generados por el hombre y que se vierten directa o indirectamente en cuerpos de agua, por ejemplo: aguas residuales, escurrimientos de rellenos sanitarios, desechos industriales, plaguicidas agrícolas (Carabias y col., 2006).

En el departamento de La Libertad el principal cuerpo de agua natural empleado para consumo humano directo y actividades de ganadería y agricultura es el río Moche, que abarca una superficie aproximada de 2,708 km² y un caudal anual promedio de 9.5 m³/s., que discurre por las provincias de Trujillo. Otuzco. Julcán y Santiago de Chuco; formando la llamada Cuenca del río Moche, geográficamente sus puntos extremos están comprendidos entre 7°46' y 8°15' de Latitud Sur y 78°16' y 79°08' de Longitud Oeste, y se extiende desde el nivel del mar hasta la cota de los 2100 msnm en la Cordillera Occidental de los Andes y está delimitado por las cuencas de los ríos Chicama por el Norte, Virú por el Sur y el Océano Pacífico por el Oeste (CERPLAN, 2009, Ministerio de agricultura, 2010).

A lo largo de la ribera del río Moche se observa descargas de residuos mineros, industriales y domésticos. Para los primeros existen estudios, principalmente para evaluar niveles de metales pesados, que han sobrepasado los niveles máximos permitidos por ley (Huaranga, y col. 2012), pero no para contaminación por vertidos domésticos, por lo que se planteó evaluar la presencia de coliformes y enterobacterias patógenas como potenciales de riesgo de contaminación de estas aguas para regadío en la cuenca baja del mismo; teniendo como hipótesis que, dadas las condiciones y basado en los conocimientos de campo estos microorganismos estarán presentes en este río y serán empleadas como indicadores de calidad de sus aguas; cuyo análisis permite inferir las consecuencias que pueden ocasionar sobre la salud, toda vez que muchos cultivos de la zona de tallo corto son regadas por estas aguas, por ende son potencialmente dañinas para la población; y con los datos anteriores es posible elaborar planes de contingencia por los entes correspondientes de la región.

II. MARCO TEORICO

Actualmente, los problemas de contaminación han ido incrementándose en el mundo entero dado el desarrollo industrial y explosión demográfica, causando alteración en las características fisicoquímicas y biológicas del entorno (Huaranga y col. 2012), repercutiendo en el desarrollo de los organismos, incluyendo el hombre, que ha visto afectada su salud sea directa o indirectamente por la demanda creciente de agua de regadío en el mundo entero, y en Latinoamérica, especialmente en Argentina, Brasil, Chile, México y Perú el riego es un componente significativo de la producción agrícola, particularmente para los productos de exportación (WWAP, 2016)

Las aguas superficiales son un medio para la eliminación directa de aguas residuales y otras formas de desechos, contaminando por lo tanto las masas de agua, principalmente las cercanas a los centros, pero este vertido y las de escorrentía de tierras agrícolas en países como el nuestro llega mayormente sin tratar, siendo una práctica habitual al no contar con la infraestructura adecuada, capacidades técnicas o financiamientos necesarios, calculándose que en promedio tan solo el 28% tienen alguna forma de tratamiento, poniendo en riesgo por lo tanto la salud humana y los ecosistemas, acrecentado por el uso de mayor materia orgánica, aparición de nuevos patógenos, incremento de la minería, uso de antibióticos, promotores de crecimiento, hormonas (WWAP, 2017).

Uno de los contaminantes básicos de las aguas continentales son los vertidos de las aguas domésticas, dado la cantidad y calidad de microorganismos que han sido identificadas en todo el mundo, destacando bacterias, virus, parásitos. Entre las primeras, se han identificado miembros de la familia *Vibrionaceae* y *Aeromonadaceae* en Cuba (González, 1997), España (Jimenez, 1994) y Paraguay (Viceministerio de redes de salud

colectiva, 2010)Y y en México se han reportado *Escherichia coli*, *Vibrio fluvialis*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Enterobacter agglomerans* (Lima & Mazari, 2005; Rivera, 2017), *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Shigella*, *Klebsiella*, y *Enterococcus*; en Venezuela (Barrios y Cañizares, 2001).

En la zona Este de los Estados Unidos se han identificado presencia de virus de la hepatitis B (HBV), empleándose técnicas de Biología Molecular, asumiéndose que son por los vertidos de las fincas directamente a los ríos (Krain, y col. 2014), por lo que urge establecer modelos de evaluación y gestión integral, que son diversos pero algunos difíciles de implementar debido a su costo, por lo que el uso de microorganismos como bioindicadores de calidad del agua tiene uso vigente y con excelentes resultados para implementar programas de monitoreo (Ríos-Tobón, y col. 2017), aunque se debe diferenciar de acuerdo al uso del agua.

En Perú, en las investigaciones realizadas destacan coliformes totales y fecales, tanto en la zona de la selva, específicamente el departamento de San Martín, donde incluso superan los máximos permitidos por ley (Azabache, 2009); o indicadoras de contaminación moderada (Valverde, 2001). En la costa, específicamente en Lima (Cabrera, 2001), Coishco y Chimbote, en aguas para consumo humano (García, 2006) o en aguas del río Santa (Araujo, 2003), donde también superan los estándares máximos permitidos.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES.

3.1.1 AREA DE ESTUDIO Y MUESTREO

El río Moche se extiende desde el nivel del mar hasta la cota de los 2100 msnm; geográficamente sus puntos extremos están comprendidos entre 7°46' y 8°15' de Latitud Sur y 78°16' y 79°08' de Longitud Oeste, cuyo recorrido, comprende total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán (Ministerio de agricultura, 2010; Soplopuco,1999). (Anexo 01)

Los muestreos se efectuaron en la Cuenca Baja del Río Moche, entre julio a diciembre del 2014, estableciéndose tres estaciones de muestreo, las que se evaluaron periódicamente durante 6 meses.

| ESTACIONES | LUGAR | COORDENADAS UTM | |
|--------------|--------------|-----------------|--------|
| | | NORTE | ESTE |
| 1ra Estación | Cerro Blanco | 9106492 | 734654 |
| 2da estación | Puente Moche | 9099943 | 719721 |
| 3ra estación | La Bocana | 9097734 | 716693 |

3.1.2 POBLACIÓN

Estuvo constituida por todas las repeticiones de evaluación de las unidades muestrales; por lo cual la población tiende al infinito.

3.1.3 MUESTRA

La confiabilidad de la muestra fue determinada por la representatividad y tamaño muestral de las unidades de análisis; la misma que se estimaron a través del siguiente estadístico (Ortega,2011); obteniéndose 54 unidades de

análisis Distribuidas en tres estaciones y seis meses de muestreo.

$$n = \frac{Z^2 P.Q}{(D)^2}$$

Donde: $Z^2= 1.96$ para una seguridad del 95%

$P= 0.05= 5\%$ Proporción esperada

$Q= 0.95$ En este caso $1-0.05 (1-p)$

$D= 6 \%$ Precisión.

3.1.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

Estuvo constituida por 1 Litro de agua de cada estación de muestreo, previamente homogenizada de tres muestras de similar volumen, cumpliendo con los criterios técnicos analíticos según normatividad vigente (García y col., 2011).

3.2 METODOS.

3.2.1 TIPO DE ESTUDIO

Aplicada, descriptiva.

3.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de una sola casilla.

3.2.3 VARIABLES Y OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables fueron: Coliformes totales y fecales, como potencial de riesgo de contaminación del agua de riego de la cuenca baja del río Moche. Así también los parámetros físicos y químicos de las aguas de la cuenca baja del río Moche.

3.2.4 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.:

Las estaciones se seleccionaron por su mayor susceptibilidad a cambios ambientales, ubicándolas después de poblaciones importantes y posibles fuentes de contaminación, considerando las características del entorno, uso principalmente agrícola y su hidrografía, siguiendo las recomendaciones indicadas por la CIDI/OEA (2004), especificadas en el Anexo 2

3.2.5 FRECUENCIA DE MUESTREO.: Las muestras para los análisis mencionados, se colectarán mensualmente en los tres puntos establecidos, durante seis meses consecutivos (Alva y col., 2011), de acuerdo al Plan de Monitoreo de Cuencas, su metodología y frecuencia (Anexo 03).

3.2.6 TOMA DE MUESTRAS

Se recolectaron muestras para los siguientes análisis.

3.2.6.1 ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Las muestras fueron colectadas en frascos de polietileno de 1L de capacidad previamente esterilizados; algunos parámetros fueron registrados in situ, (APHA, 1989). (Anexo 04).

TEMPERATURA: se midió la temperatura tanto del cuerpo de agua como la atmosférica, utilizando un termómetro protegido de alcohol marca Precisión con sensibilidad de 1°C y rango de -10 a 110 °C. (IDEAM, 2001).

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones,

así como de la temperatura del agua (Ministerio de Energía y Minas, 1997)

OXIGENO DISUELTO: Para su determinación se utilizó el método de Winkler. (Barreiro, 1999)

pH: Se determinó con un pH-metro portátil marca Mettler Toledo de lectura digital a la centésima. (Murray, 2001)

3.2.6.2 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS

Las muestras fueron colectadas en frascos de vidrio de 1L de capacidad, las que fueron colocadas en coolers refrigerados y mantenidas a 4 °C. En estas muestras se analizaron coliformes totales y fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO-5. (Ministerio de Salud, 1997). (Anexo 04, Anexo 05).

COLIFORMES TOTALES. Es un indicador universal de la calidad bacteriológica. Su presencia en el agua puede indicar contaminación fecal, inadecuado tratamiento del agua, contaminación no fecal o crecimiento de bacterias en el sistema de distribución. Son bacterias de morfología bacilar, gram negativas, aeróbicas o anaeróbicas facultativas, oxidasas negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 37 °C en un tiempo máximo de cuarenta y ocho horas (SEDALIB, 2001) Su determinación se realizó por el Método del Número Más Probable (NMP), de acuerdo a American Public Health Association (1992).

COLIFORMES FECALES-TERMOTOLERANTES. Su presencia en el agua indica contaminación, estas bacterias son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas a 44 °C en un tiempo máximo

de veinticuatro horas (SEDALIB, 2001). Su determinación se realizó por el Método del Número Más Probable (NMP), de acuerdo a American Public Health Association (1992).

ENTEROBACTERÍAS. La mayoría son intestinales, indica la calidad de aguas dulces y saladas utilizadas para la recreación y la probable presencia de contaminación fecal (Díaz, 2008). Se seguirá el método de acuerdo a American Public Health Association (1992).

Para la determinación de géneros de enterobacterias se realizó, un aislamiento primario y posteriormente pruebas bioquímicas:

AISLAMIENTO PRIMARIO

Las muestras de agua de los 3 puntos de recolección en el río Moche fueron incubadas por 24 horas en Caldo Lauril Sulfato a 37°C.

Posteriormente se sembró e incubó a 37°C, por duplicado, cada muestra en placas conteniendo el medio selectivo diferencial, Agar Mac Conkey a fin de obtener colonias aisladas de gérmenes Gramnegativos.

PRUEBAS BIOQUIMICAS

Las diferentes colonias que crecieron en Agar Mac Conkey fueron testeadas con los siguientes medios:

- a. **Medio TSI (Agar Hierro tres azúcares)**, para la detección de fermentación de glúcidos (glucosa, lactosa y sacarosa), además de la producción de gas a partir de glucosa, y H₂S. Siembra por puntura en medio inclinado en tubos de ensayo 13 x 100, incubación 18 a 24 horas a 37°C.
- b. **LIA (Agar Hierro Lisina)**, para la detección de descarboxilación de la lisina. Siembra por puntura en

medio inclinado en tubos de ensayo 13 x 100, incubación 18 a 24 horas a 37°C.

c. **Agar citrato de Simmons**, para la detección de la utilización del citrato. Siembra por estriado en la superficie del medio inclinado, en tubos de ensayo 13 x 100, incubación 18 a 24 horas a 37°C.

d. **Medio SIM (Sulfuro de hidrógeno, indol y movilidad)**, para la detección de producción de H₂S, producción de indol y movilidad. Siembra por puntura en tubos de ensayo 13 x 100, incubación 18 a 24 horas, luego de las cuales se agregó 2 a 3 gotas de Reactivo de Kovac's para la detección de producción de indol.

e. **Agar Urea**, para la detección de la producción de ureasa. Siembra por estriado en la superficie del medio inclinado, en tubos de ensayo 12 x 75, incubación 18 a 24 horas a 37°C.

Los ensayos fueron realizados por duplicado y se comparó con las tablas correspondientes (Koneman) a fin de determinar el género de la Enterobacteriaceae aislada (Anexo 06 y 07) (Winn y col. 2006).

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El procesamiento estadístico se realizó mediante el programa estadístico Minitab 17 y PAS 3. Obteniendo datos de estadística descriptiva para medidas de dispersión de tendencia central como media, mediana y moda, y datos de estadística inferencial como correlación, Anava, Prueba de Tukey además de la prueba de asociación χ^2 . (Torres, 2014).

IV. RESULTADOS

Los resultados de la investigación obtenidos fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) N° 004-2017 (Anexo 08).

Tabla 1 Análisis microbiológicos de agua según estaciones y meses de muestreo de la cuenca baja del río Moche.

| ESTACIONES DE MUESTREO | MESES | Coliformes Totales NMP/100 ml. | Coliformes Termotolerantes NMP / 100ml. | GÉNEROS GÉRMENES AISLADOS |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---|--|
| I CERRO BLANCO | JULIO | 1400 | 500 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter sp.</i> |
| | AGOSTO | 1400 | 500 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter sp.</i> |
| | SETIEMBRE | 16,000 | 2,800 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Serratia</i> ; <i>Klebsiella</i> |
| | OCTUBRE | 16,000 | 3500 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> |
| | NOVIEMBRE | 16,000 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> |
| | DICIEMBRE | 16,000 | 16,000 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> ; <i>Citrobacter</i> |
| II PUENTE MOCHE | JULIO | 16,000 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Klebsiella.</i> |
| | AGOSTO | 16,000 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Klebsiella</i> |
| | SETIEMBRE | 16,000 | 1,600 | <i>Serratia</i> ; <i>Escherichia coli</i> <i>Enterobacter.</i> |
| | OCTUBRE | 16,000 | 9,200 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Citrobacter</i> |
| | NOVIEMBRE | 16,000 | 480 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Citrobacter</i> |
| | DICIEMBRE | 2800 | 470 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> |
| III BOCANA | JULIO | 1,600 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Citrobacter.</i> |
| | AGOSTO | 1,600 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Citrobacter.</i> |
| | SETIEMBRE | 16,000 | 1,600 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Klebsiella.</i> |
| | OCTUBRE | 16,000 | 4,300 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> |
| | NOVIEMBRE | 16,000 | 9,200 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Citrobacter.</i> |
| | DICIEMBRE | 16,000 | 16,000 | <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterobacter</i> <i>Citrobacter.</i> |

Fuente: Base de datos del autor (Anexo 06 y 07)

Tabla 2: Prueba de asociación y coeficiente de contingencia por estaciones y meses de muestreo para coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) en la cuenca baja del río Moche

| (NMP/100ml) POR LUGARES DE MUESTREO | | | | | | |
|--|---|---------------------|---------------|---|---------------------|---------------|
| MESES | Coliformes Totales | | | Coliformes termotolerantes | | |
| | Cerro Blanco | Puente Moche | Bocana | Cerro Blanco | Puente Moche | Bocana |
| JULIO | 1400 | 16000 | 1600 | 500 | 1600 | 1600 |
| AGOSTO | 1400 | 16000 | 1600 | 500 | 1600 | 1600 |
| SETIEMBRE | 16000 | 16000 | 16000 | 2800 | 1600 | 1600 |
| OCTUBRE | 16000 | 16000 | 16000 | 3500 | 9200 | 4300 |
| NOVIEMBRE | 16000 | 16000 | 16000 | 1600 | 480 | 9200 |
| DICIEMBRE | 16000 | 2800 | 16000 | 16000 | 470 | 16000 |
| Prueba de Asociación | $\chi^2 = 61742$; g.l. = 10 | | | $\chi^2 = 29783$; g.l. = 10 | | |
| Coeficiente de Contingencia | CC = 47.513 % | | | CC = 53.531 % | | |

Fuente: Base de datos del autor

Tabla 3: Medidas de tendencia central y dispersión de Coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) por estaciones de muestreo en función del tiempo en meses de la Cuenca baja del río Moche

| ESTIMADORES | NMP/ml por estaciones de muestreo (n = 6) | | | | | | TOTAL | |
|---------------------------------|--|---------------------|---------------|--|---------------------|---------------|-------------------|------------------|
| | Coliformes Totales (Col.Total) | | | Coliformes termotolerantes (Col.Term) | | | Col. Total | Col. Term |
| | Cerro Blanco | Puente Moche | Bocana | Cerro Blanco | Puente Moche | Bocana | | |
| Media | 11133 | 13800 | 11200 | 4150 | 2492 | 5717 | 12044 | 4119 |
| Mediana | 16000 | 16000 | 16000 | 2200 | 1600 | 2950 | 16000 | 16000 |
| Moda | 16000 | 16000 | 16000 | 500 | 1600 | 2950 | 16000 | 16000 |
| Error estándar (ES) | 3344 | 2620 | 3036 | 2421 | 1360 | 2386 | 16590 | 1190 |
| Desviación estándar (S) | 8190 | 6418 | 7436 | 5930 | 3332 | 5843 | 7038 | 5048 |
| Coeficiente de Variación | 76.45 | 47.96 | 66.39 | 142.89 | 133.74 | 102.22 | 59.82 | 122.55 |

Fuente: Base de datos del autor

Tabla: 04 Resultados promedio de los parámetros físicos y químicos en las tres estaciones y meses de muestro de la cuenca baja del río Moche.

| ESTACIÓN DE MUESTREO | PARAMETROS FISICOS | MESES DE MUESTREO | | | | | | PROM |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | JULIO | AGOST | SETIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEM | |
| I CERRO BLANCO | TEMPERATURA DEL AGUA (°C) | 12.7 | 13.0 | 12.9 | 12.9 | 13.1 | 13.0 | 12.93 |
| | TEMPERATURA AMBIENTAL (°C) | 17.9 | 17.7 | 17.6 | 17.5 | 17.8 | 18.5 | 17.83 |
| | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (uS/cm) | 1065 | 1080 | 1090 | 1085 | 1086 | 1090 | 1082.6 |
| | HUMEDAD ATMOSFERICA (%) | 65 | 67 | 70 | 66 | 72 | 75 | 69.17 |
| | SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/dl) | 28 | 30 | 29 | 28 | 25 | 30 | 28.33 |
| | CAUDAL (m³/Seg) | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| | pH | 7.41 | 7.33 | 7.25 | 7.38 | 7.25 | 7.33 | 7.325 |
| | OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4.33 |
| | DB05 (mg/L) | 12 | 11 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11.83 |
| | II PUENTE MOCHE | TEMPERATURA DEL AGUA (°C) | 12.5 | 12.8 | 12.7 | 12.6 | 12.8 | 12.9 |
| TEMPERATURA AMBIENTAL (°C) | | 17.7 | 17.4 | 17.1 | 17.2 | 17.4 | 18.3 | 17.52 |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (uS/cm) | | 1055 | 1079 | 1085 | 1085 | 1085 | 1087 | 1079.3 |
| HUMEDAD ATMOSFERICA (%) | | 65 | 65 | 67 | 70 | 73 | 78 | 69.67 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/dl) | | 25 | 30 | 28 | 29 | 30 | 29 | 28.5 |
| CAUDAL (m³/Seg) | | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 2.9 | 2.57 |
| pH | | 7.28 | 7.34 | 7.23 | 7.18 | 7.27 | 7.26 | 7.26 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3.5 |
| DB05 (mg/L) | | 13 | 13. | 12 | 13 | 12 | 13 | 12.67 |
| III BOCANA | | TEMPERATURA DEL AGUA (°C) | 12.2 | 12.1 | 12.3 | 12.3 | 12.7 | 12.6 |
| | TEMPERATURA AMBIENTAL (°C) | 17.5 | 17.1 | 16.8 | 16.9 | 17.0 | 17.9 | 17.20 |
| | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (uS/cm) | 1100 | 1125 | 1130 | 1127 | 1099 | 1149 | 1121.7 |
| | HUMEDAD ATMOSFERICA (%) | 75 | 69 | 71 | 70 | 75 | 79 | 73.17 |
| | SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/dl) | 27 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 29.67 |
| | CAUDAL (m³/Seg) | 2.5 | 2.3 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.7 | 2.50 |
| | pH | 7.35 | 7.33 | 7.26 | 7.18 | 7.25 | 7.26 | 7.27 |
| | OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3.67 |
| | DB05 (mg/L) | 11 | 12 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12.17 |

Fuente: Base de datos del autor

Tabla 05: Medidas de tendencia central y dispersión de los parámetros físico y químicos en las estaciones y meses de muestreo de las aguas de la cuenca baja del río Moche.

| PARÁMETROS | n | Estimadores | Lugares | | | TOTAL |
|--|---|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| | | | Cerro | Puente | Bocana | |
| Temperatura Del agua (°C) | 6 | Media | 12.93 | 12.72 | 12.37 | 12.67 |
| | | Error Standar. | 0.06 | 0.06 | 0.10 | 0.07 |
| | | Coef.Variación. | 1.06 | 1.16 | 1.89 | 2.31 |
| Temperatura Ambiental (°C) | 6 | Media | 17.83 | 17.52 | 17.20 | 17.52 |
| | | Error Standar. | 0.15 | 0.18 | 0.17 | 0.11 |
| | | Coef.Variación. | 2.00 | 2.49 | 2.44 | 2.65 |
| Conductividad Eléctrica (uS/cm) | 6 | Media | 1082.70 | 1079.30 | 1121.70 | 1094.60 |
| | | Error Standar. | 3.84 | 4.99 | 7.83 | 5.62 |
| | | Coef.Variación. | 0.87 | 1.13 | 1.71 | 2.18 |
| Humedad Atmosférica (%) | 6 | Media | 69.17 | 69.67 | 73.17 | 70.67 |
| | | Error Standar. | 1.58 | 2.09 | 1.56 | 1.05 |
| | | Coef.Variación. | 5.59 | 7.36 | 5.22 | 6.29 |
| Sólidos suspendidos Totales (mg/dl) | 6 | Media | 28.33 | 28.50 | 29.67 | 28.83 |
| | | Error Standar. | 0.76 | 0.76 | 0.72 | 0.43 |
| | | Coef.Variación. | 6.57 | 6.56 | 5.90 | 6.32 |
| Caudal (m ³ /seg) | 6 | Media | 2.90 | 2.57 | 2.50 | 2.66 |
| | | Error Standar. | 0.03 | 0.10 | 0.06 | 0.06 |
| | | Coef.Variación. | 2.18 | 9.11 | 5.66 | 8.88 |
| pH | 6 | Media | 7.33 | 7.26 | 7.27 | 7.29 |
| | | Error Standar. | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| | | Coef.Variación. | 0.90 | 0.73 | 0.84 | 0.87 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 6 | Media | 4.33 | 3.50 | 3.67 | 3.83 |
| | | Error Standar. | 0.33 | 0.34 | 0.21 | 0.19 |
| | | Coef.Variación. | 18.84 | 23.90 | 14.08 | 20.50 |
| DBO5 (mg/L) | 6 | Media | 11.83 | 12.67 | 12.17 | 12.22 |
| | | Error Standar. | 0.31 | 0.21 | 0.31 | 0.17 |
| | | Coef.Variación. | 6.36 | 4.08 | 6.19 | 5.99 |

Fuente: Base de datos del autor

Tabla 06: Análisis de Varianza Unidireccional (ANVA) de los parámetros físico – químicos de las aguas del río Moche entre estaciones de muestreo.

| Fuente | GL | Coliformes totales | | | | Coliformes termotolerantes | | | |
|--------|----|--------------------|----------|------|-------|----------------------------|----------|------|-------|
| | | SC | CM | Fc | P | SC | CM | Fc | P |
| Factor | 2 | 24200711 | 12100356 | 0.22 | 0.804 | 31210278 | 15605139 | 0.58 | 0.571 |
| Error | 15 | 817798133 | 54519876 | | | 402064217 | 26804281 | | |
| Total | 17 | 841998844 | | | | 433274494 | | | |

| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----|----------------------|---------|-------|-------|-----------------------|--------|------|-------|
| Fuente | GL | Temperatura del agua | | | | Temperatura ambiental | | | |
| | | SC | CM | Fc | P | SC | CM | Fc | P |
| Factor | 2 | 0.9811 | 0.49056 | 15.49 | 0.000 | 1.203 | 0.6017 | 3.67 | 0.051 |
| Error | 15 | 0.4750 | 0.03167 | | DF | 2.462 | 0.1641 | | DF |
| Total | 17 | 1.4561 | | | | 3.665 | | | |

| Fuente | GL | Conductividad eléctrica | | | | Humedad | | | |
|--------|----|-------------------------|--------|-------|-------|---------|-------|------|-------|
| | | SC | CM | Fc | P | SC | CM | Fc | P |
| Factor | 2 | 6648 | 3224.2 | 16.46 | 0.000 | 57.00 | 28.50 | 1.53 | 0.248 |
| Error | 15 | 3030 | 202.0 | | DF | 279.00 | 18.60 | | |
| Total | 17 | 9678 | | | | 336.00 | | | |

| Fuente | GL | Sólidos suspendidos totales | | | | Caudal | | | |
|--------|----|-----------------------------|-------|------|-------|--------|---------|-------|-------|
| | | SC | CM | Fc | P | SC | CM | Fc | P |
| Factor | 2 | 6.333 | 3.167 | 0.95 | 0.410 | 0.5511 | 0.27556 | 10.51 | 0.001 |
| Error | 15 | 50.167 | 3.344 | | | 0.3933 | 0.02622 | | DF |
| Total | 17 | 56.500 | | | | 0.9444 | | | |

| Fuente | GL | pH | | | | Oxígeno disuelto | | | |
|--------|----|---------|----------|------|-------|------------------|--------|------|-------|
| | | SC | CM | Fc | P | SC | CM | Fc | P |
| Factor | 2 | 0.01441 | 0.007206 | 1.99 | 0.172 | 2.333 | 1.1667 | 2.14 | 0.152 |
| Error | 15 | 0.05443 | 0.003629 | | | 8.167 | 0.5444 | | |
| Total | 17 | 0.06884 | | | | 10.500 | | | |

| Fuente | GL | DBO5 | | | | LEYENDA |
|--------|----|-------|--------|------|-------|--|
| | | SC | CM | Fc | P | |
| Factor | 2 | 2.111 | 1.0556 | 2.26 | 0.139 | DF: diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) |
| Error | 15 | 7.000 | 0.4667 | | | |
| Total | 17 | 9.111 | | | | |

Fuente: Base de datos del autor

Tabla 07: Prueba de Tukey para estimar diferencias de promedios entre estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche.

| Parámetro | FACTOR | | N | Media | Agrupación |
|-------------------------|----------------|--|---|---------|------------|
| | Lugar | | | | |
| Temperatura del agua | Cerro Blanco | | 6 | 12.9333 | A |
| | Puente del Río | | 6 | 12.7167 | A |
| | Moche | | | | |
| | Bocana | | 6 | 12.3667 | B |
| Temperatura ambiental | Cerro Blanco | | 6 | 17.833 | A |
| | Puente del Río | | 6 | 17.517 | A B |
| | Moche | | | | |
| | Bocana | | 6 | 17.200 | B |
| Conductividad eléctrica | Bocana | | 6 | 1121.67 | A |
| | Cerro Blanco | | 6 | 1082.67 | B |
| | Puente del Río | | 6 | 1079.33 | B |
| | Moche | | | | |
| Caudal | Cerro Blanco | | 6 | 2.9000 | A |
| | Puente del Río | | 6 | 2.5667 | B |
| | Moche | | | | |
| | Bocana | | 6 | 2.5000 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes .

Fuente: *Base de datos del autor*

Tabla 08: Valores de la correlación entre coliformes con meses y parámetros físico – químicos del agua entre puntos de muestreo y total.

| INDICADORES | | Coliformes totales | | | | Coliformes termotolerantes | | | |
|-------------------------|---|--------------------|---------------|---------------|------------------------------|----------------------------|--------|--------------|----------------|
| | | Cerro | Puente | Bocana | Total | Cerro | Puente | Bocana | Total |
| Meses | r | 0.828 | -0.655 | 0.828 | 0.389 | 0.735 | -0.023 | 0.892 | 0.589 |
| | p | 0.042 | 0.158 | 0.042 | 0.111 | 0.096 | 0.966 | 0.017 | 0.010 |
| Temperatura del agua | r | 0.472 | -0.610 | 0.718 | 0.166 | 0.257 | -0.484 | 0.836 | 0.090 |
| | p | 0.343 | 0.198 | 0.108 | 0.510 | 0.623 | 0.331 | 0.038 | 0.724 |
| Temperatura ambiental | r | 0.073 | -0.881 | -0.185 | - | 0.830 | -0.436 | 0.632 | 0.260 |
| | p | 0.891 | 0.020 | 0.726 | 0.271 0.276 | 0.041 | 0.388 | 0.178 | 0.297 |
| Conductividad eléctrica | r | 0.836 | -0.307 | 0.370 | 0.106 | 0.506 | 0.138 | 0.421 | 0.396 |
| | p | 0.038 | 0.554 | 0.470 | 0.677 | 0.306 | 0.795 | 0.406 | 0.104 |
| Humedad | r | 0.634 | -0.797 | 0.237 | - | 0.749 | -0.124 | 0.802 | 0.519 |
| | p | 0.176 | 0.058 | 0.651 | 0.011 0.967 | 0.086 | 0.814 | 0.055 | 0.027 |
| Sólidos suspendidos | r | - | -0.131 | 0.737 | 0.074 | 0.411 | 0.050 | 0.872 | 0.512 |
| | p | 0.277 0.595 | 0.805 | 0.095 | 0.771 | 0.418 | 0.925 | 0.023 | 0.030 |
| Caudal | r | - | -0.698 | 0.548 | - | - | -0.294 | 0.513 | 0.005 |
| | p | 0.612 0.196 | 0.123 | 0.261 | 0.206 0.411 | 0.160 0.762 | 0.572 | 0.298 | 0.985 |
| pH | r | - | 0.000 | -0.866 | - | 0.006 | -0.697 | -0.325 | - |
| | p | 0.531 0.278 | 1.000 | 0.026 | 0.505 0.033 | 0.990 | 0.124 | 0.530 | 0.199 0.428 |
| Oxígeno disuelto | r | - | 0.293 | 0.250 | 0.017 | - | -0.272 | -0.409 | - |
| | p | 0.158 0.765 | 0.573 | 0.633 | 0.948 | 0.285 0.765 | 0.602 | 0.421 | 0.224 0.371 |
| DBO5 | r | 0.343 | -0.316 | 0.686 | 0.359 | - | 0.337 | -0.064 | - |
| | p | 0.506 | 0.541 | 0.132 | 0.143 | 0.397 0.436 | 0.513 | 0.904 | 0.196 0.436 |

Fuente: Base de datos del autor

V. DISCUSIÓN

La calidad biológica de las aguas define la riqueza biológica y valor ambiental de las comunidades de seres vivos asociados al ecosistema acuático en su totalidad o tramo de él, considerando que los seres vivos necesitamos al agua para todas nuestras actividades, con una adecuada cantidad y calidad Sin embargo, están expuestas a contaminantes naturales como virus, bacterias y otras formas de vida; especies minerales disueltos; productos orgánicos solubles y sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos, cuya concentración puede incrementarse o aún ser suplida por otros materiales producto de la tecnología industrial o agrícola (Martínez y col., 2009).

En diversos países, pero principalmente en los de América Latina la contaminación se acentúa por la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento en los cuerpos de agua, inadecuada eliminación de excretas por ausencia o deficiente sistema de alcantarillado (WWAP, 2017, Vaccari y col., 2009), ocasionando diversas enfermedades como el cólera, amebiasis, hepatitis, fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras. (Chigor y col., 2012) ocasionado incluso alertas mundiales por las epidemias que han ocasionado *Vibrio cholerae* y *Cryptosporidium* (Staley y col., 2012); siendo indispensable asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento hasta la entrega al consumidor, sometiéndolos a tratamientos de potabilización. (Mushi y col., 2012).

En la Tabla 01 se presentan los resultados de coliformes totales y fecales (NMP/100ml), y los géneros de los microorganismos aislados en las tres estaciones de muestreo (Cerro Blanco, Puente Moche y Bocana) durante los meses de julio a diciembre del 2014, identificándose los géneros de coliformes totales y termotolerantes en todas las estaciones y meses de muestreo. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Larrea y col. (2012), realizadas en La Habana, Cuba quienes identificaron los mismos géneros.

Alva y col. (2011); al evaluar la calidad ambiental de la zona costera de la cuenca hidrográfica del río Moche bajo la influencia de residuos domésticos entre enero a diciembre de ese año encontraron valores muy por debajo a los encontrados en esta investigación, probablemente debidos al mayor caudal de ese año que superó los 7m³/segundo. Pero valores similares fueron encontrados por García y col. (2011) al investigar la calidad ecológica del agua del río Utcubamba en el departamento de Amazonas. En la tabla 02, se presentan los valores de Ji Cuadrado y Coeficiente de Contingencia, con el fin de estimar asociación e intensidad de los coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) de la muestra entre estaciones y meses de muestreo.

En todos los meses y lugares de estudio se observa constancia promedio de 16 000 NMP/100 ml. de coliformes totales (Tabla 1), excepto para los meses de julio y agosto en Cerro Blanco que equivale a 1400 y en el mes de diciembre disminuye drásticamente a 2800 en el puente del río Moche. Así mismo, los coliformes termotolerantes (NMP/100ml) se incrementan al pasar el tiempo tanto en cerro blanco como para la Bocana; excepto en los meses de noviembre y diciembre que disminuye respectivamente a 480 y 470 (NMP/100ml) en el Puente del Río Moche.

Se han identificado cuatro géneros (Tabla 01) de coliformes y enterobacterias: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter* en las tres estaciones de muestreo excepto en el mes de setiembre se encontró el género *Serratia* en las estaciones de Cerro Blanco y puente del río Moche; posiblemente porque hubo las condiciones físico-químicos para el desarrollo del mismo, pudiendo destacarse la temperatura y el pH (Larrea y col. 2012). Con la prueba del Ji Cuadrado (Tabla 02) evidenciamos asociación de los valores de coliformes totales y termotolerantes (NMP/100ml) entre lugares y meses; con una intensidad de asociación de 47.513 % para coliformes totales y de 53.531 % para coliformes termotolerantes, similar al reporte de Larrea y col.(2012).

Los coliformes totales son un indicador universal de la calidad bacteriológica del agua, pudiendo indicar contaminación fecal o inadecuado tratamiento. Son bacilos gram negativas, aeróbicas o anaeróbicas facultativas, oxidasas negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 37 °C en un tiempo máximo de cuarenta y ocho horas (SEDALIB, 2001) En la Tabla 3, se presentan los valores de la estadística descriptiva para los coliformes totales (NMP/100ml) y termotolerantes (NMP/100 ml) en las tres estaciones de muestreo, determinándose que los valores de mediana y moda de coliformes totales son iguales (NMP/ml. = 16000) para las tres estaciones de muestreo; mientras que el valor promedio es ligeramente mayor (NMP/ml=13800) en el Puente Moche, seguido de (NMP/ml=11200) la Bocana y (NMP/ml=11133) de cerro blanco; valores que son similares a los encontrados por Corcuera (2014)., quien reporta 15,000 NMP/100ml de coliformes totales y fecales

La presencia de coliformes fecales o termotolerantes en el agua indica contaminación, estas bacterias son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y de gas a 44 °C en un tiempo máximo de veinticuatro horas (SEDALIB, 2001). En tanto que las Enterobacterias, la mayoría son intestinales, indica la calidad de aguas dulces y saladas utilizadas para la recreación y la probable presencia de contaminación fecal (Díaz, M., 2008). En la Tabla 3 referente a los coliformes termotolerantes se observa que la mediana y moda (NMP/100ml=1600) son iguales para la estación de muestreo del Puente del rio Moche; al igual que la media y moda (NMP/ml=2950) en la estación 3 (la Bocana), Sin embargo, el valor promedio es mayor en la estación Bocana, seguido de la estación Cerro Blanco y puente del rio Moche. Así mismo la mediana y moda para la interacción global Coliformes totales y termotolerantes, indica similitud para ambas (NMP/ml.=16000); aunque el promedio es mayor que la mediana y moda para los termotolerantes; no así para coliformes totales.

Las medidas de dispersión (Tabla 3) muestran que la variable evaluada a través del tiempo en las tres estaciones de muestreo, tiene una acentuada heterogeneidad, como lo demuestran los valores del Error Estándar (ES),

Desviación Estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV); especialmente los valores de Coliformes termotolerantes (NMP/100ml), cuyos valores del Coeficiente de Variación (CV), sobrepasan el 100 % en las tres estaciones de muestreo consideradas en la cuenca baja del río Moche.

En las Tablas 04 y 05, se presentan los valores promedio y su estadística descriptiva para los parámetros físico y químicos de muestras de agua en las tres estaciones de muestreo y de manera global, encontrándose que los valores promedios de cada parámetro, tienden a ser uniformes; así mismo, los valores de las medidas de dispersión, muestran que el tiempo, no influye drásticamente en los valores de los parámetros evaluados; como lo confirman los valores del Coeficiente Variación ($CV < 10 \%$); con excepción del Oxígeno disuelto, cuyo $CV < 20 \%$, indica que este parámetro tiende a la heterogeneidad. De igual manera se encontró en lo planteado por García y col. (2011), y Alva y col (2011).

El establecimiento y desarrollo de los gérmenes depende de ciertos parámetros físicos químicos, entre los que destacan la temperatura del agua, acorde con el tipo de microorganismo que le permite sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos); que a su vez influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica, la misma que depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones y la temperatura del agua (Ministerio de Energía y Minas, 1997). Así mismo, el pH es de suma importancia porque los valores bajos del pH corresponden a las concentraciones mayores del H^+ , y los valores altos del pH, a las concentraciones menores del H^+ (Murray, 2001). El rango promedio normal del pH del agua es de 6 a 9, fuera de ella son dañinas para la vida acuática porque ocasionan alteraciones celulares y eventualmente destrucción de la flora y fauna acuática (Ministerio de Salud, 1997).

En la tabla 06 se muestran los resultados del análisis de varianza unidireccional con el fin de detectar si existen, estadísticamente, diferencias significativas de cada parámetro entre estaciones de muestreo, encontrándose heterogeneidad de promedios para temperatura del agua y temperatura ambiental; así como para la conductividad eléctrica y caudal del río Moche; por ello, para tipificar los lugares que en promedio muestran diferencias significativas, se aplicó la Prueba de Tukey.

El análisis de la Tabla 7, nos permite inferir que la temperatura del agua, en promedio, es mayor en la estación de muestro Cerro Blanco y Puente del Río Moche, aunque estadísticamente no son diferentes entre sí, a un nivel de confianza del 95 %; pero diferentes a la temperatura de la Bocana. En el caso de la temperatura ambiental, existe una variación gradual; observándose que en la estación de Cerro Blanco es igual a la del Puente Moche, pero diferente al valor de la Bocana, el mismo que es homogéneo con el promedio de la estación Puente Moche. El promedio de conductividad eléctrica es mayor en la estación de muestreo la Bocana y diferente a los de las estaciones Cerro Blanco y Puente Moche, que son iguales entre sí. En el caso del caudal, el valor promedio es mayor en la estación Cerro Blanco y diferente a las estaciones Puente Moche y la Bocana; los mismos que son iguales entre sí.

En la Tabla 8, se muestran los valores del Test de Correlación obtenidos al relacionar los Coliformes totales (NMP/100 ml de muestra) y termotolerantes con el tiempo (meses) y parámetros físico y químicos del agua de la cuenca baja del río Moche, por puntos de muestreo y globalmente. Los resultados, con un nivel de confianza del 95 %, indican que el tiempo (meses) se correlaciona con los coliformes totales para las estaciones Cerro Blanco y la Bocana; mientras que las Coliformes termotolerantes se relacionan con el tiempo en la estación Bocana y globalmente; además, en la estación Bocana guardan relación con la temperatura del agua.

La temperatura ambiental tiene relación negativa con las coliformes totales de la estación Puente del Río Moche; pero positiva con las Coliformes termotolerantes de la estación Cerro Blanco; mientras que la conductividad eléctrica tiene relación positiva con las Coliformes totales de la estación Cerro Blanco; y, la humedad se relaciona positivamente con el total de Coliformes termotolerantes, las cuales globalmente y en la estación la Bocana, muestran relación positiva con los sólidos suspendidos. Mientras que las Coliformes totales de la estación Bocana y globalmente, tiene relación negativa con el pH.

Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA- D.S. N° 0004-2017-MINAM) para agua podemos inferir que en la cuenca baja del río Moche existe contaminación evidenciado por el número de coliformes termotolerantes encontrados de 4229 NMP/100ml cuando lo permitido por el ECA para la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) es de 1000NMP/100ml. Así mismo el oxígeno disuelto promedio para las estaciones Cerro Blanco, Puente del río Moche y Bocana fueron de 4.33; 3.5 y 3.67 mg/L respectivamente cuando los ECA indican valores ≥ 4 para la categoría 3 y valores ≥ 5 para la categoría 4 (Conservación del ambiente acuático). De la misma manera la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) establecida por ECA exige valores menores a 15 para la categoría 3 y menores a 10 para la categoría 4, y los obtenidos fueron 11.83 (cerro blanco); 12.67 (puente río Moche) y 12.17 (bocana) mg/L. siendo determinantes para la vida en un ambiente acuático (MINAM, 2017; Corcuera, 2012).

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar. (Méndez y col., 2010). Una vez que se ha demostrado la presencia de estos grupos indicadores, se puede inferir qué microorganismos patógenos se encuentran presentes y su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura,

presencia de nutrientes y tiempo de retención hídrica. (Del pilar y col., 2005; Ávila de Navia y col.,2009).

Del Pilar y col. (2005) y Boehm y Soller.(2013) refieren que un buen microorganismo indicador de contaminación fecal debe cumplir algunos requisitos, tales como ser constituyente normal de la microbiota intestinal de individuos sanos, estar presente de forma exclusiva en las heces de animales homeotermos y cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están, presentarse en número elevado, lo cual facilita su aislamiento e identificación, debe ser incapaz de reproducirse fuera del tracto gastrointestinal del ser humano y de los animales homeotermos, su tiempo de supervivencia debe ser igual o superior al de las bacterias patógenas, su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal, y sobre todo fáciles de aislar y cuantificar.

Los coliformes son un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie, pero todos pertenecientes a las Enterobacteriaceae, son considerados indicadores de contaminación fecal porque forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal de humanos y animales homeotermos, y están presentes en grandes cantidades en él. (Santiago y col., 2012; Delgado y col., 2008); tipificado en este estudio por la presencia de los géneros de coliformes y enterobacterias (*Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*) en las tres estaciones y meses de muestro en la cuenca baja del río Moche, no cumpliendo por lo tanto con los estándares normativos para la clasificación de categoría 4 de Conservación del Ambiente Acuático E-2 Ríos de la costa y sierra, menos aún en la categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales D-1 Riego de cultivos de tallo alto y bajo. (Ministerio de agricultura y riego, 2015).

VI. PROPUESTA

El aumento del uso del agua para diferentes fines y el crecimiento de la población a nivel mundial han contribuido al incremento de los niveles de contaminación de los sistemas acuáticos, debido al constante vertimiento de desechos domésticos e industriales que constituyen una fuente de deterioro del medio ambiente, por lo que se requiere efectuar análisis dirigidos para determinar la presencia de microorganismos patógenos y evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, como alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad de los cuerpos de agua empleando indicadores de contaminación fecal como los coliformes totales y termotolerantes. Las bacterias indicadoras permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, la determinación de criterios para las normas de calidad, la identificación de contaminantes, el control de procesos de tratamiento de agua y estudios epidemiológicos, etc.

Son varios los elementos que deterioran el medio natural, y muchas las actividades del hombre que tienen consecuencias negativas en los recursos naturales de la Tierra. Entonces, cada vez es mayor el número de alarmas que alertan de los riesgos, no existe ningún medio que no esté afectado, o con grandes posibilidades de afectarse, y no existe ninguna solución que garantice la plena resolución de los peligros. En tanto el vertido de sustancias contaminantes se hace cada año más incalculable, los organismos nacionales e internacionales publican cifras aproximadas, que siempre se refieren a millones de toneladas. Esta llegada de miles de compuestos químicos, creados en laboratorios y utilizados por las industrias y producto de la actividad doméstica, altera el funcionamiento de los ecosistemas y atenta contra la salud de sus habitantes.

Son cada vez mayores las conexiones entre contaminación y salud individual y poblacional, ya nadie duda, que un ambiente contaminado provoca numerosas enfermedades, desde las relacionadas con la piel o el aparato respiratorio (alergias, dermatitis, asma), a procesos mucho más

graves de tipo degenerativo. Como consecuencia de esta situación, la comunidad científica y los poderes públicos deben establecer estrategias para luchar contra la contaminación y su repercusión en nuestra calidad de vida.

Para lograr estas metas, tanto la Organización Mundial de la Salud (OMS), como la Agencia Europea del Medio Ambiente, han establecido programas a escala mundial que propugnan un ambiente más sano. En ellas se analizan los distintos componentes del medio natural, y su relación con la deposición de residuos peligrosos. Entre estos medios está la atmósfera, el agua, tanto superficial como subterránea, y el suelo.

La contaminación de los cuerpos de agua es una problemática que se presenta en la actualidad, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados y por lo que constituyen una fuente constante de deterioro del medio ambiente. (Sardiñas y col., 2006; Campo y col., 2008), y la calidad biológica de las aguas es un modo de definir la riqueza biológica y el valor ambiental de las comunidades de seres vivos asociados al ecosistema (Martínez y col., 2009)

Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, contaminando todos los recursos hídricos, debido a muchas causas desde la falta de cultura o educación ambiental hasta lo económico, favoreciendo la diseminación de enfermedades de diversa índole (Chigor y col., 2012), que en determinadas épocas han constituido signos de alerta porque han ocasionado epidemias que han provocado altas tasas de morbilidad y mortalidad en la población mundial. (Staley y col., 2012).

El control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente puede llevarse a cabo mediante la enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal, usadas para evaluar la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la

ganadería, la industria y la recreación, aunque no existe un indicador universal, debe seleccionarse el más adecuado para el uso específico que se pretende evaluar. (Bachoon y col., 2010; Luby y col., 2008).

Los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos. (Rossen y col., 2008). Aunque presentan numerosas limitaciones para su aplicación, como su escasa supervivencia en cuerpos de agua y fuentes no fecales, su habilidad para multiplicarse y debilidad frente a los procesos de desinfección, por lo que se usan como alternativas bacterias anaerobias fecales como *Bacteroides* spp., *Bifidobacterium* spp., *Clostridium perfringens*, virus (colifagos) y componentes orgánicos fecales como el coprostanol. (Mushi y col., 2010; Zamendella y col., 2008).

La realidad descrita nos permite afirmar que esta contaminación ha afectado al agua del río Moche ya que tanto en su margen derecha como izquierda se desarrolla actividad antropogénica, lo cual ha sido verificada por el propio Ministerio de Energía y Minas MINEM (1997) al concluir que: “Se ha constatado que las aguas del río Moche presenta un alto grado de contaminación...”. Como lo sostienen Malca (1998), Angulo (2006), Soplopucó (1998), y estas aguas son usadas para el regadío contaminando por lo tanto el suelo y poniendo en peligro la salud humana.

El Estado Peruano está permitiendo que se ponga en riesgo los derechos humanos a la vida, la salud y a un medio ambiente sano de los habitantes de la provincia de Trujillo, por no tomar las medidas suficientes que eviten la contaminación del agua del río Moche, pese a contar con la legislación necesaria para protegerlo, principalmente la Constitución Política del Perú de 1993, Ley de Recursos Hídricos 29338, Ley General del Medio Ambiente 28611, Ley Forestal y de Fauna Silvestre 27308, etc. Sin embargo, la contaminación continúa, sin que las autoridades tomen medidas radicales para evitarla omitiendo cumplir la exhortación que se hace en el artículo 11 de la Declaración y el Programa de Acción de Viena (La Conferencia Mundial de Derechos Humanos en Viena. 1993), para que apliquen

rigurosamente las convenciones existentes en materia de vertimiento de productos y desechos tóxicos y peligrosos y cooperen en la prevención del vertimiento ilícito (Revista “*Ciencia y Tecnología*”, Escuela de Postgrado - UNT)

Este trabajo pretende dar una visión general de la evaluación de las Enterobacterias, coliformes totales y fecales, como potencial de riesgo de contaminación del agua de riego de la cuenca baja del río Moche. A fin de tomar acciones en pro de la recuperación o mitigar el impacto negativo que éstas ocasionan directa e indirectamente a los pobladores de la provincia de Trujillo. Así como a los moradores de los distritos de Moche, Salaverry, Trujillo, Victor Larco Herrera, Laredo, El porvenir. Florencia Mora, La Esperanza, Huanchaco entre otros, por ser los directamente consumidores de las hortalizas y demás productos agrícolas que allí se cultivan y producen.

Debe coordinarse acciones entre sociedad civil, Gobierno Regional, Municipalidad, Sedalib y Organismos No Gubernamentales (ONGs) a fin de cambiar actitudes, costumbres y malos hábitos y prácticas negativas en desmedro de nuestros recursos naturales como el Río Moche, exhortándolos a emitir Ordenanzas municipales o Regionales para luego extrapolarlas a nivel nacional y analizar esta propuesta, toda vez que va a solucionar un problema de contaminación del agua.

En tanto lo expuesto se plantea implementar un programa denominado “MONITOR-MOCHE” el cual tenga un carácter autónomo, social, académico y de investigación y que permita evaluar la calidad de las aguas de la cuenca baja del río Moche.

Objetivo:

- Implementar un programa denominado “MONITOR-MOCHE” que permita evaluar la calidad de las aguas de la cuenca baja del río Moche.

Alcance:

- Vigilar la calidad de las aguas de la cuenca baja del río Moche.
- Contribuir a la recuperación de la calidad del agua de la cuenca baja de del río Moche.
- Garantizar agua de categoría para fines de uso agrícola de cultivos de tallos cortos

Infraestructura requerida:

- Local de 25 m² ubicado en el distrito de Moche. Será de utilidad para ofrecer charlas, capacitaciones, orientación, información y exponer los resultados de las evaluaciones periódicas realizadas en la cuenca baja del río Moche. Zona comprendida desde la localidad de Laredo hasta la bocana del distrito de Buenos Aires.
- Un equipo multiparámetro para el análisis de aguas in situ. Y equipamiento para muestreo de aguas.

Beneficios esperados:

- Recuperar la calidad de las aguas de la cuenca baja del río Moche, con fines de uso agrícola para especies de tallo corto,
- Educar, culturizar, concientizar y a la población en acciones en beneficio de las aguas del río moche comprendida en el tramo Laredo-Buenos Aires.
- Recuperar los cuerpos de agua y su riqueza biológica, flora, fauna y microbiológica.
- Adecuado manejo de las aguas servidas, mediante canalización adecuada y adecuada disposición final.
- Reglamentación y políticas a favor de los gobiernos locales para asegurar el adecuado manejo de sus aguas servidas.

Metas:

- Posicionamiento regional en la vigilancia y control de la calidad de agua de la cuenca baja del río Moche
- Lograr que los gobiernos locales y regionales generen políticas en favor de la recuperación de la calidad de las aguas del río Moche.
- Alcanzar en un año, que el 50 por ciento de la población cambie sus malas costumbres, hábitos y prácticas en favor de las diferentes acciones a favor de las buenas prácticas ambientalistas.
- Publicar los resultados de la investigación, por lo menos, en dos eventos científicos por año.
- Realizar eventos públicos conjuntamente con colegios, universidades e institutos, alegóricos al cuidado del ambiente y en especial los ríos, lagos, lagunas y el océano.

El término programa hace referencia a un plan o proyecto organizado de las distintas actividades que se realizaría con propósitos enmarcados en políticas institucionales y gubernamentales, que tienden a cumplir grandes objetivos de interés social, político, económico, cultural, educativo y académico, tendientes a alcanzar y cubrir grandes metas en beneficios la mayoría.

El alcance y logro de éstos objetivos serán de común esfuerzo entre instituciones gubernamentales y no gubernamentales además de la sociedad civil y la académica, todos enmarcados en las normas antes descritas.

Existen antecedentes que programas como estos, pueden ser exitosos cuando se planifica, organiza y se plantean objetivos de corto, mediano y largo plazo, Como el realizado en México para rescatar el río Lerma. La estructuración, logística y estrategias

llevadas a cabo para tal noble fin con los resultados encontrados se pueden adoptar para nuestra realidad, logrando quizá al cabo de dos años un cambio radical en la actitud de los habitantes de las comunidades cercana a la rivera del río y además, a las autoridades con poder y decisión política para plantear y legislar en favor de acciones que promuevan el cuidado y la conservación de nuestros recursos naturales, en especial los cuerpos de agua, como ríos, lagos, lagunas y los océanos.

VII. CONCLUSIONES

1. Se encontró coliformes y enterobacterias patógenas en las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche; Cerro Blanco, puente Moche y la Bocana.
2. Los Géneros de coliformes y enterobacterias patógenas para el hombre en las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche son; *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*; mientras el género *Serratia* se encontró sólo en las estaciones Cerro blanco y Puente moche.
3. Los coliformes totales (NMP/100 ml), alcanzaron valores de muestra. según la media, mediana y moda de 12044, 16000 y 16000 respectivamente, excediendo los estándares de calidad ambiental (ECA) N° 004-2017 MINAM para la categoría 3 en las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche
4. Los coliformes fecales (NMP/100 ml), alcanzaron valores de muestra, según la media, mediana y moda de 4119, 1600 y 1600 respectivamente, excediendo ECA N° 004-2017 MINAM para la categoría 3 en las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche
5. Las aguas de las tres estaciones de muestreo; Cerro blanco, Puente Moche y La Bocana, de la Cuenca baja del río Moche, no deben ser usados con fines de uso agrícola por presentar gérmenes patógenos para el hombre.
6. Los parámetros, físicos y químicos de las aguas de las tres estaciones de muestreo; Cerro blanco, Puente Moche y La Bocana de la cuenca baja del río Moche presentan una correlación Negativa con los coliformes y enterobacterias.
7. Según normatividad vigente, las aguas de la cuenca baja del río Moche, no es recomendable el uso de ésta para fines agrícolas y recreativos que se desarrollen dentro de la cuenca, y sería un riesgo sanitario su uso para consumo humano.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

ALVA, R., B. VENEROS. Y A. BULNES. (2011). Calidad ambiental de la zona costera de la cuenca hidrográfica del río Moche (Trujillo, Perú), influenciada por la actividad doméstica. REBIOL. 31(2) Julio-Diciembre. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1992). Standard methods for the examination of water and. 18 ed. Washington D.C., APHA, (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Environment Federation). Pp 9-69, 9- 73.

ANGULO, F. (2006). Pérdida de la producción de las tierras agrícolas contaminadas por las aguas del río Moche, Sector Cushmun – Casmiche – año 2003-2004. Tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias con mención en gestión ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

APHA – AWWA – WPCF (1998). Métodos normalizados para el análisis del agua potable y residual. 17° ed. España: Edit. Díaz de los Santos S.A. Madrid-España

ARAUJO, A. (2003). Calidad de las aguas de la cuenca del río Santa, para uso agrícola y doméstico. Tesis para obtener el grado académico de maestro en ciencias, Mención en Gestión ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

ÁVILA DE NAVIA S Y S. ESTUPIÑAN. (2009). Calidad sanitaria del agua de la Ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. NOVA.; 7(11):85-91.

AYRES, R. Y D. WESCOT. (1987). "La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación".

Estudio FAO Riego y Drenaje, N° 29. Roma, p 8- 101 en Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Capítulo 20: Indicadores de contaminación fecal en aguas.

AZABACHE, Y. (2009). Influencia de la actividad antropogénica en la calidad de las aguas de uso doméstico de la quebrada de Mishquiyaquillo, en el área de conservación municipal Almendra, Moyobamba, San Martín - 2008. Tesis para obtener el Grado académico de Maestro en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

BACHOON, D. S. MARKAND, E. OTERO, G. PERRY, A. RAMSUBAUGH. (2010). Assessment of non-point sources of fecal pollution in coastal waters of Puerto Rico and Trinidad. *Marine Pollution Bulletin.*; 60:1117–1121.

BARREIRO, M. Y M. SIGNORET (1999). *Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros: métodos de evaluación.* Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. México. 81 pp.

BARRIOS, A. Y N. CAÑIZARES. (2001). Estudio Preliminar de La calidad bacteriológica de las aguas del río neverí, Barcelona, Venezuela. Universidad de Oriente. Venezuela. Vol. 13. N° 2: 97-104. Disponible en: <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/758/02-BACTERIAS%20NEVERI.p65.pdf>.

BEHRENDT H. (1999). Detection of anthropogenic trends in time series loads using Windows of discharge and long-term means. Report of the ICES/OSPAR workshop on the identification of statistical methods for temporal trends, ICES 1997; 25-26.

BOEHM A. Y J. SOLLER. (2013). Recreational Water Risk: Pathogens and Fecal Indicators. In: Laws EA, editor. *Revista. Environmental Toxicology:* New York: Springer;441-59.

CABRERA, C. (2001). Análisis Integrado de Trabajo de Campo, Aplicado a la Cuenca Media y feaja del río Chillón, Lima. *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas metal*

ciñe. Geogr. Vol.4, no.7 [citado 15 Setiembre 2009], Pp.7-12. Disponible en la World Wide Web:[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/vQ4n7/an%C3%A1lisis integral.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/vQ4n7/an%C3%A1lisis%20integral.htm)

CAMACHO, A. (2009). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 2a ed. Facultad de Química, UNAM. México.

CAMPOS-PINILLA, C, M. CÁRDENAS, A. GUERRERO. (2008). Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferentes tipos de agua de la sabana de Bogotá (Colombia). Universitas Scientiarum.; 13 (2):103-108.

CARABIAS, J., LANDA, L., COLLADO, J., Y MARTÍNEZ, P. (2006). Agua, medio ambiente y sociedad. 2005. El Colegio de México Universidad Nacional Autónoma de México, México. México D.F.:214.

CERPLAN. (2009). Centro Regional de Planeamiento Estratégico-Gobierno Regional La Libertad (www.regiónlalibertad.gob.pe/sir/admin/docs/PDRC_version_final.pdf); consultado el 16 de setiembre de 2011

CIFUENTES, E. (1993). Problemas de salud asociados al riego agrícola con agua residual. [Citado 11 Setiembre 2009], Pp. 614- 619. Disponible en <http://www.insp.mx/rsp/files/File/1993/199335614-619.pdf>.

CORCUERA, V. (2012). Estudio de la calidad del agua del río Moche. Tesis. Para optar el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

CHIGOR, V., V. UMOH, C. OKUOFU, J. AMEH, E. IGBINOSA, A. OKOH. (2012). Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard. Environ Monit Assess.; 184(5):3389-3400.

DEL PILAR M, S. ÁVILA, S. MÓNICA, A. GÓMEZ. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA - Publicación Científica.; 3(4):1794-2470.

DELGADO, Y., M. MIRAVET Y R. NÚÑEZ. (2008). Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de la Ciudad de La Habana. Revista. Higiene y Sanitización Ambiental.; 8:387-391.

DÍAZ, M. (2008). Calidad Microbiológica del Agua. Cátedra Internacional de Ingeniería: Salud Pública y Saneamiento Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. Disponible en: http://www.inq.unal.edu.co/catedra/drs_diaz_collazos/Salud,%20Calidad%20v%20Tratamiento%20de%20AR/Calidad%20Microbiologica%20del%20Aqua.pdf.

GARCÍA, A. (2006). *Vibrio cholerae* No 01 en muestras de agua no cloradas consumidas por los pobladores de las localidades de Santa y Coishco (Ancash), 2003-2004.

GARCÍA, F., J. TORRES. Y S. VERGARA. (2011). Calidad ecológica del agua del río utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. amazonas, Perú. Revista. SCIENDO. 14(1-2):7-19. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

GONZÁLEZ, C. (1997). Resultados del sistema de vigilancia de *Vibrio cholerae* en aguas de Cuba. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Cuba. [Citado 11 Noviembre 2012], Disponible <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliaqua/peru/cubcca003.pdf>

HUARANGA, F.; MÉNDEZ, E., QUILCAT, V.; HUARANGA, F.A.. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010. La Libertad, Perú. Scientia Agropecuaria 3(2012): 235-247

IDEAM (2001). Indicadores de calidad ambiental. Adscrito al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental. [Citado 11 Enero 2015].

JIMÉNEZ, C. (1994). Aislamiento ambiental de *Vibrio cholerae* 01 en aguas continentales de la Provincia de Sevilla. Rev. San Hig Púb 1994: 68: 187-196. Disponible <http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/recursos propios/resp/revista cdromA/OL68/68 1 187.pdf>.

KRAIN, L.; KENRAD, N.; LABRIQUEA, A. (2014). Host Immune Status and Response to Hepatitis V virus infection. Clin. Microbiol. Rev. 27(1): 139 - 165.

LA CONFERENCIA MUNDIAL DE DERECHOS HUMANOS EN VIENA. (1993). Declaración y programa de acción de Viena. (www.ife.org.mx/Declaracion_y_Programa_de_Accion_de_Viena_1993; Consultado el 14 de Julio del 2015).

LAMENDELLA R., J. SANTO DOMINGO, C. KELTY, D. OERTHER. (2008). Bifidobacteria in feces and environmental waters. Application and Environmental Microbiology.; 74:575–584.

LARREA, J., M. ROJAS, B. ROMEU, N. ROJAS Y M. HEYDRICH. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 44, No. 3, pp. 24-34. Habana-Cuba.

LIMA, A. Y M. MAZARÍ. (2005). Evaluación bacteriológica de la calidad del agua en el río Lerma. Universidad Autónoma de México. Instituto de Ecología. México. Disponible en: http://\rw\v.mecc.gob.mxJ/descargas/ cuencas/ cong_nal 06/tema 05/03 albe rto lima.pdf

LUBY, S. S. GUPTA, M. SHEIKH, R. JOHNSTON, P. RAM, M. ISLAM, C. TUBEWELL. (2008). Water quality and predictors of contamination in three flood-prone areas in Bangladesh. *Appl Microbiol.*; 105:1002–1008.

MALCA, L. (1997). Macro invertebrados bentónicos como indicadores de contaminación por metales pesados en el río Moche. Tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias con mención en gestión ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

MARTÍNEZ A, FONSECA K, ORTEGA JL, GARCÍA-LUJÁN C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del río Nazas, México. *Química Viva*. 2009; 8 (1):35-47.

MÉNDEZ R, L. SAN PEDRO, E. CASTILLO, E. VÁZQUEZ. (2010). Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.*; 26 (4):327-335.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2015). Actualización de identificación de fuentes de contaminación en la cuenca del río Moche. Informe técnico de la Autoridad Nacional del agua-ANA: N°016-2015-ANA-AAA.HCH-SDGCRH/RELSCUT:130990.2015. Lima-Perú.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2010). Principales cuencas a nivel nacional: Cuenca del río Moche. Perú. [Citado 11 Enero 2010], Pp. 1-29. Disponible en la World Wide Web: <http://www.minaq.gob.pe/cuencas-e-hidrografia/principales-cuencas-a-nivel-nacional/6.html>.

MINAM. 2017. D.S. N° 004-2017." Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias". Publicado el 7 de junio de 2017. *El peruano*.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1997). Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la Reducción o Eliminación de La Contaminación de Origen Minero en La Cuenca Del Río Moche. [Citado 18 enero 2010], Pp. 1-61. Disponible en la World

WideWeb:<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dqaam/publicaciones/evats/moche/mochei.htm> <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad.htm>.

MINISTERIO DE SALUD, (1997). Manual de Laboratorio Colera. Serie de: Normas Técnicas N° 2. Tercera edición, Lima. Perú.

MURRAY, R. (2001). Bioquímica de Harper. 15a Edición. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. Pp 23. México.

MUSHI D, BYAMUKAMA D, A. KIRSCHNER, R. MACH, K. BRUNNER, A. FARNLEITNER. (2012). Sanitary inspection of wells using risk-of-contamination scoring indicates a high predictive ability for bacterial faecal pollution in the peri-urban tropical lowlands of Dar es Salaam, Tanzania. *J Water Health.*; 10(2):236–243.

MUSHI, D., D. BYAMUKAMA, A. KIVAISI, R. MACH, A. FARNLEITNER. (2010). Sorbitol-fermenting Bifidobacteria are indicators of very recent human faecal pollution in streams and groundwater habitats in urban tropical lowlands. *J Water Health.*; 8(3):466–478.

OROZCO, C. (2008). Contaminación ambiental Una visión desde la química. International Thomson editores Spain Paraninfo, S. A. Madrid, España.

ORTEGA H.; B. RENGIFO, I. SAMANEZ Y C. PALMA. (2007). Diversidad y Estado de conservación de cuerpos de agua amazónicos en el nororiente del Perú. *Rev. peru. biol.* Lima, Perú. 13 (3):185-194.

PAREDES J. (2004). Integración de la modelación de la calidad del agua en un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de recursos hídricos. Tesis de Doctor en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. España.

RÍOS-TOBÓN S, AGUDELO-CADAVID RM, GUTIÉRREZ-BUILES LA. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2017; 35(2): 236-247

RIVERA, R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos texcoco, chapingo y san bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle De México. Rev. Int. Contam. Ambient. 23 (2): 69-77. Disponible en: <http://vwww.uaemex.mx/Red.Ambientales/docs/congresosTLAXCALA%20200>

SANTIAGO, T., R. TREMBLAY, C. TOLEDO, J. GONZALEZ, H. RYU, J. SANTO DOMINGO, G. TORANZOS. (2012). Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. Revista Application and Environmental Microbiology; 78(15):5160-5169.

SARDIÑAS O, S. CHIROLES, M. FERNÁNDEZ, Y. HERNÁNDEZ Y A. PÉREZ. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental.; (6):202-206.

SEDALIB (2001). Manual de Técnicas de Microbiología y Parasitología para Aguas Subterráneas, superficiales y Residuales - Laboratorio Control de Calidad. Trujillo, Perú.

SOPLOPUCO, M. (1999). Contaminación por relaves sobre agua, suelos y cultivos en la cuenca baja del río moche, enero - diciembre de 1998. Tesis para optar el grado de Maestro en ciencias, mención en Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

STALEY, C., K. RECKHOW, J. LUKASIK, V. HARWOOD. (2012). Assessment of sources of human pathogens and fecal contamination in a Florida freshwater lake. Water Research.; 46:5799-5812.

VACCARI M, COLLIVIGNARELLI C, THARNPOOPHASIAM P, VITALI F. WELL (2009). sanitary inspection and water quality monitoring in Ban Nam Khem (Thailand) 30 months after 2004 Indian Ocean Tsunami. Environ Monit Assess.; 161(1-4):123–133.

VALVERDE, M. (2001). Nivel de contaminación de las aguas del río Mayo por actividad agrícola, Moyobamba - San Martín durante enero - junio del 2000, y

su aplicación en un plan de gestión Ambiental. Tesis para optar el grado de Maestro en ciencias, mención en Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

VICEMINISTERIO DE REDES DE SALUD COLECTIVA (2010). colera (CIIE-10 A00). Guía para vigilancia epidemiológica, prevención y control de brotes. Ministerio del Poder Popular para la Salud. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Disponible: <http://bvs.per.paho.org/texcom/colera/coleracie10.pdf>

VINK R, BEHRENDT H, SALOMON W. (1999). Development of the heavy metal pollution trends in several European rivers: an analysis of point diffuses sources. Water Scien Technol; 39 (12): 215-223.

Winn WC, Allen SD, Janda WM, Koneman EW, Procop GW, Schreckenberger PC, Woods GL. Koneman (2006). Diagnóstico microbiológico. Texto y atlas en color. 6ta Edición. Editorial Médica Panamericana. 1696 p.

WWAP. (2016). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos UNESCO. París, Francia 84 -87

WWAP. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos UNESCO. París, Francia 2-8

ANEXOS

**Anexo 1: Tramo longitudinal de la Cuenca baja del rio Moche.
Trujillo-Perú**



Fuente: Google earth.

Anexo 2: Estaciones de muestreo (31,32 y 33) de la calidad del agua de la cuenca baja del río Moche. Trujillo-Perú.

| | | | | | | |
|----|---------|---|------|--------|---------|------|
| 16 | RMoch6 | Aguas arriba, antes de la confluencia con el río Otuzco (Loc. Otuzco/ Distr. Otuzco/ Prov. Otuzco/ Dpto. La Libertad) | 17M | 768070 | 9123043 | 2529 |
| 17 | RMoch7 | Río Moche, a 20 m. aprox. después de la confluencia con el Río Otuzco (Loc. Otuzco/ Distr. Otuzco/ Prov. Otuzco/ Dpto. La Libertad) | 17 M | 767256 | 9123065 | 2517 |
| 18 | RChan1 | Río Chanchacap, aguas abajo después del Caserío Chanchacap | 17 M | 768205 | 9116710 | 2969 |
| 19 | QADul1 | Quebrada Agua Dulce, aguas abajo del Distrito de Salpo y del Caserío Milluachaqui | 17 M | 765521 | 9116438 | 2670 |
| 20 | QCush1 | Quebrada Cushmun, antes del pasivo minero (Loc. Samne/ Distr. Otuzco/ Prov. Otuzco /Dpto. La Libertad) | 17 M | 755143 | 9115627 | 1381 |
| 21 | RMoch8 | Aguas abajo antes de la confluencia con la quebrada Cushmun (Distr. Otuzco /Prov. Otuzco /Dpto. La Libertad) | 17M | 755350 | 9115400 | 1376 |
| 22 | RMoch9 | En el Río Moche a la altura del Centro Poblado El Platanar (Distr. Otuzco /Prov. Otuzco /Dpto. La Libertad) | 17M | 754124 | 9114680 | 1224 |
| 23 | RMoch10 | A 150 m. aprox. aguas abajo del punto de vertimiento del Centro Poblado El Platanar | 17M | 753912 | 9114150 | 1176 |
| 24 | RMoch11 | Río Moche, Puente Concon (Loc. Concon /Distr. Otuzco /Prov. Otuzco /Dpto. La Libertad) | 17 L | 749580 | 9114059 | 820 |
| 25 | RLucm1 | En el río Lucmar, a 150 m. aprox. aguas arriba del punto de vertimiento de las aguas residuales domésticas del distrito de Simbal | 17M | 739994 | 9117215 | 514 |
| 26 | RLucm2 | En el río Lucmar, a 100 m. aprox. aguas abajo del punto de vertimiento de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Simbal | 17M | 739930 | 9116956 | 505 |
| 27 | RLCue1 | Río La Cuesta, Puente La Cuesta (Loc. La Cuesta/ Distr. La Cuesta /Prov. Otuzco /Dpto. La Libertad) | 17 M | 751671 | 9123418 | 1734 |
| 28 | RSins1 | Río Sinsicap, aguas arriba del Centro Poblado de San Ignacio (Loc. San Ignacio /Distr. Sinsicap /Prov. Otuzco /Dpto. la Libertad) | 17 M | 752891 | 9133439 | 3128 |
| 29 | RSins2 | Río Sinsicap, a 10 m. aprox. aguas abajo del puente Sinsicap (Sinsicap /Otuzco /La Libertad) | 17 M | 747397 | 9131209 | 2264 |
| 30 | RLCue2 | Río La Cuesta, Puente Pedregal (Loc. Simbal /Distr. Simbal /Prov. Simbal /Dpto. La Libertad) | 17 M | 739500 | 9113669 | 362 |
| 31 | RMoch12 | Río Moche, aguas debajo de la Población de Quirihuac (Distr. Laredo /Prov. Laredo /Dpto. La Libertad) | 17 L | 735379 | 9107130 | 293 |
| 32 | RMoch13 | Río Moche, Puente Moche – Carretera Panamericana (Loc. Moche /Distr. Moche /Prov. Trujillo /Dpto. La Libertad) | 17 L | 718889 | 9099303 | 42 |
| 33 | RMoch14 | Río Moche, Bocana Buenos Aires (Loc. Buenos Aires /Distr. Victor Larco /Prov. Trujillo /Dpto La Libertad) | 17 L | 716491 | 9097398 | 4 |

Fuente: Informe técnico de la Autoridad Nacional Del Agua N°: 016-2015-ANA-AAA.HCH-SDGCRH/RELS CUT:130990-2015

Anexo 3: Plan de monitoreo de cuencas; metodología y frecuencia.

| PARÁMETRO | MÉTODO ESTANDAR | FRECUENCIA |
|---|------------------------------------|-------------------|
| pH | APHA-AWWA-WPCF (parte 4500 H) | mensual |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | APHA-AWWA-WPCF (parte 2540 D) | mensual |
| Oxígeno (mg/L) | APHA-AWWA-WPCF (parte 4500 O G) | mensual |
| Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) | APHA-AWWA-WPCF (parte 5210 B) | mensual |
| Coliformes totales (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9221 B) | mensual |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9221 C) | imensual |
| Escherichia coli (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9260 F) | mensual |

Fuente: APHA-AWWA-WPCF: Organizaciones que establecen los métodos estándar para análisis de aguas de consumo y residuales en E.U.A.

Anexo 04: Recomendaciones para la cadena de seguridad de la muestra de agua de la cuenca baja del rio Moche. Trujillo-Perú

| Parámetro | Tipo de frasco | Volumen de Muestra | Preservación | Tiempo de almacenaje |
|---|----------------|--------------------|---|-----------------------------|
| Color | P ó V | 500 ml | Refrigerar a 4°C | 48 horas |
| Conductividad | P ó V | 500 ml | Refrigerar a 4°C | 28 días |
| Turbiedad | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 10°C | 48 horas |
| Alcalinidad | P ó V | 50 ml | Refrigerar a 4°C | 48 horas |
| Dureza | P ó V | 100 ml | Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 | 6 meses |
| Sólidos | P ó V | 1 L | Refrigerar a 4°C | 2-7 días |
| Cloro residual | P ó V | 500 ml | | Analizar inmediatamente |
| Cloruros | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 7 días |
| Fluoruros | P | 10 ml | Refrigerar a 4°C | 7 días |
| Sulfatos | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 25 días |
| Cianuros | P ó V | 500 ml | Refrigerar, agregar NaOH hasta pH = 12 | 14 d, 24 hr en presencia S= |
| Oxígeno disuelto | V | 300 ml | Analizar inmediatamente | 30 min. |
| DBO | P ó V | 1 L | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| DQO | P ó V | 10 ml | Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 | 28 días |
| Aceites y grasas | V (ambar) | 1 L | Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 | 24 horas |
| Hidrocarburos | V (ambar) | 1 L | Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 | 7 días |
| Nitrógeno | P ó V | 250 ml | Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 | 23 días |
| Nitrógeno Amoniacal | | 50ml | | 24 horas |
| Nitrógeno Orgánico | | 250ml | | 28 días |
| Nitratos | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 28 días |
| Nitritos | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 48 horas |
| Fósforo total | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Fósforo soluble | | | | |
| Fósforo hidrolizable | P ó V | 10 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| SAAM | P ó V | 100 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| | P ó V | 500 ml | Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 | 6 meses |
| i) Metales :(Cd, Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Fe) | P ó V | 100 ml | Refrigerar, agregar HNO ₃ hasta pH < 2 | 6 meses |
| | V | 100 ml | Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 | 28 días |
| Arsénico | | | | |
| Mercurio | | | | |

| | | | | |
|--------------------------------|-------|------------|----------------------|----------|
| Bacterias heterotróficas | * V/P | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Coliformes total y fecal (NMP) | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Coliformes total y Fecal (FM) | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Salmonella (A/P) | V | 1 L | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Aguas superficiales | V | 4 L | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Agua potable | | | | |
| Salmonella (NMP) | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Clostridios sulfato reductores | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Estreptococcus fecales | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Vibrio cholerae (A/P) | V | 1 L 4 L | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Aguas superficiales | | | | |
| Agua potable | | | | |
| Vibrio cholerae (NMP) | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Clorofila | V | 200 ml | Refrigerar a 4°C | 24 horas |
| Enteroparásitos | P | 1 L | Refrigerar en hielo | 24 horas |
| Agua residual cruda | P | 5 L | Refrigerar en hielo | 24 horas |
| Agua residual tratada | P | 5 L | Refrigerar en hielo | 24 horas |
| Agua superficial | B | 10 L | Refrigerar en hielo | 24 horas |
| Agua potable | | 200 g | Refrigerar en hielo | 3 días |
| Lodos | | | | |
| Fitoplancton** | P | 1 L | Temperatura ambiente | 24 horas |
| Aguas eutróficas | | 6 L | | |
| Aguas oligotróficas | P | 1 L | Temperatura ambiente | 24 horas |
| a. Zooplancton | | 6 L | | |
| Aguas eutróficas | | | | |
| Aguas oligotróficas | | | | |

Esteriles **P** = plástico **V** = vidrio **B** = bolsa de plástico sellado **A/P** = Ausencia / Presencia

Fuente: APHA-AWWA-WPCF: Organizaciones que establecen los métodos estándar para análisis de aguas de consumo y residuales en E.U.A.

Anexo 05: Metodología para determinación de parámetros evaluados y Requisitos para la toma de muestra para análisis físico químico y microbiológico del agua.

| PARÁMETRO | MÉTODO ESTANDAR |
|--|--------------------------------|
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | APHA-AWWA-WPCF (parte 2540 D) |
| Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) | APHA-AWWA-WPCF (parte 5210 B) |
| Coliformes totales (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9222 B) |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9221 C) |
| Escherichia coli (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9260 F) |
| Streptococo fecal (NMP/100 ml) | APHA-AWWA-WPCF (parte 9230 B) |

SAAM=Sustancias Activas al Azul de Metileno **NMP**=Numero Más Probable

** Puede preservarse con formalina, 40 ml de formalina tamponada (20 g de borato de sodio más 1 litro de formaldehido al 37%) para un litro de muestra.

Fuente: APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Anexo 6: Patrones de Identificación de géneros de enterobacterias por pruebas bioquímicas de los análisis de agua de la cuenca baja del río Moche. 2014.

| Género | TSI | Gas | H ₂ S | Indol | Citrato | Ureasa | Movilidad | Descarboxilación de la Lisina |
|------------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------|---------|--------|-----------|-------------------------------|
| Escherichia (E. coli) | A ¹ /A | + ³ | - ⁴ | + | - | - | + | + |
| Citrobacter | A/A; K ² /A | + | + | + | + | + | + | - |
| Klebsiella | A/A | +++ | - | - | + | + | - | + |
| Enterobacter | A/A | ++ | - | - | + | + | + | +/- |
| Serratia | A/A; K/A | + | - | - | + | - | + | + |

¹ A: Ácido

² K: Alcalino

³ Reacción positiva (produce)

⁴ Reacción negativa (no produce)

Fuente: Winn WC, Allen SD, Janda WM, Koneman EW, Procop GW, Schreckenberger PC, Woods GL. Koneman Diagnóstico microbiológico. Texto y atlas en color. 6ta Edición. Editorial Médica Panamericana. 2006. 1696 p.

Anexo 7: Fotografías (a, b y c) de los resultados de las pruebas bioquímicas realizadas para la identificación de los géneros de bacterias Coliformes totales y fecales de las tres estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Moche, 2014.



Foto a: Pruebas bioquímicas de las aguas de la estación 1 Cerro blanco.



Foto b: Pruebas bioquímicas de las aguas de la estación 2 Puente Moche.



Foto c: Pruebas bioquímicas de las aguas de la estación 3 La Bocana.

Anexo 8: Estándares de Calidad de Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. según Decreto Supremo (DS) N° 004-2017-MINAM

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|---|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5 | | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | | ** |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 | | 0,1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | | ** |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt/ Co | 100 (a) | | 100 (a) |
| Conductividad | (μ S/cm) | 2 500 | | 5 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 15 | | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 40 | | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/L | 0,2 | | 0,5 |
| Fenoles | mg/L | 0,002 | | 0,01 |
| Fluoruros | mg/L | 1 | | ** |
| Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N) | mg/L | 100 | | 100 |
| Nitritos (NO ₂ ⁻ -N) | mg/L | 10 | | 10 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 4 | | ≥ 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1 000 | | 1 000 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | | Δ 3 |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO | | | | |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1 000 | 2 000 | 1 000 |
| Escherichia coli | NMP/100 ml | 1 000 | ** | ** |
| Huevos de Helminthos | Huevo/L | 1 | 1 | ** |