UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

(Creada por Ley Nro 29531)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo-Chota

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

RESPONSABLE: Est. DÍAZ MUÑOZ, Luis Angel

MIEMBROS : Est. TARRILLO MEJÍA, Roiser Elí

Est. CAMPOS IDROGO, Alex Jhonatan

DOCENTE ASESOR**:** MSc. MEDINA VALDERRAMA, Carlos Javier

FECHA DE ENTREGA: 18 de julio del 2018

CHOTA – CAJAMARCA

2018

ÍNDICE

Resumen 4

Palabras clave: 4

Abstract 5

Key words: 5

Introducción 6

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7

1.1. Descripción del Problema 7

1.2. Formulación del Problema 7

1.3. Objetivos 7

1.3.1. Objetivo general 7

1.3.2. Objetivos específicos 7

1.4. Justificación 8

2.1. Antecedentes 9

2.1.1. A nivel mundial 9

2.1.2. A nivel nacional 11

2.2. Bases Teóricas 13

2.2.1. Calidad de agua superficial 13

2.2.2. Estándares de calidad Ambiental 14

2.2.3. Monitoreo de la Calidad de Aguas Superficiales 15

2.2.4. Parámetros fisicoquímicos 15

2.2.5. Parámetros microbiológicos 17

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 18

3.1. Ámbito de estudio 18

3.1.1. Frecuencia de muestreo 18

3.1.2. Estaciones de muestreo 18

3.1.2.1. Estación de muestreo 1 - EM 1 19

3.1.2.2. Estación de muestreo 2 - EM 2 20

3.1.2.3. Estación de muestreo 3 - EM 3 21
3.1.2.4. Estación de muestreo 4 - EM 4 22
3.1.2.5. Estación de muestreo 5 - EM 5 23
3.1.2.6. Estación de muestreo 6 - EM 6 23
3.2. Materiales y métodos de investigación 24
3.2.1 Diseño de investigación 24
3.2.2 Población, muestra y muestreo 25
3.2.3 Materiales y equipos utilizados 25
3.2.4 Procedimiento de recolección de datos 27
3.2.4.1 Recolección de muestras 27
3.2.4.2 Mediciones de parámetros 28
CAPITULO IV: RESULTADOS 32
4.1. Presentación de resultados 32
4.1.1. Parámetros fisicoquímicos 32
4.1.2. Parámetros Microbiológicos 35
4.2. Discusión 38
4.2.1. Parámetros Fisicoquímicos 38
4.2.2. Parámetros Microbiológicos 48
Conclusiones 54
Recomendaciones 54
Referencias Bibliográficas 55
Anexos 61

Resumen

Las aguas de la quebrada Colpamayo fluyen por el sur-este de la zona urbana de la ciudad de Chota y son afectadas a lo largo de su trayecto por descargas de efluentes con residuos domésticos e industriales. El propósito fue caracterizar y evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, efluente del rio Chotano en seis estaciones de muestreo (EM), en tres temporadas, estiaje (junio), transición estiaje-lluvia (octubre) y época lluviosa (noviembre). Los resultados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría III (ECA-Cat. III). De los parámetros microbiológicos se obtuvo que cinco de seis puntos de monitoreo no cumplen con los Estándares establecidos, la *Escherichia coli* presenta valores muy elevados en EM 5 (12.10^5 NMP/100ml), la concentración de los coliformes termotolerantes se evidencian en mayor grado en EM 5 con un valor extremo de (31.10^5 NMP/100ml). De los parámetros fisicoquímicos, el PH, la temperatura, la conductividad y los bicarbonatos están dentro de los ECA - CAT. III; el DBO_5 y DQO presenta valores más altos en EM 3 (41 mg/l DBO_5 y 78.43 mg/l DQO), sobrepasando en gran medida los Estándares, el OD es óptimo en EM1 y presenta valores muy bajos en EM 3 (3.01 mg/l) y EM 5 (2.98 mg/l). Los valores más altos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se dan en la época de estiaje, reduciéndose en épocas de lluvia.

Palabras clave:

Quebrada Colpamayo, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, Estándares de Calidad Ambiental.

Abstract

The waters of the Colpamayo creek flow through the south-east of the urban area of the city of Chota and are affected along its path by effluent discharges with domestic and industrial waste. The purpose was to characterize and evaluate the physicochemical and microbiological parameters of the waters of the Colpamayo creek, Chotano river effluent in six sampling stations (EM), in three seasons, low water (June), dry-rain transition (October) and rainy (November). The results were contrasted with the Environmental Quality Standards for water Category III (ECA-Cat. III). From the microbiological parameters it was obtained that five out of six monitoring points do not comply with the established Standards, Escherichia coli presents very high values in EM 5 (12,105 NMP / 100ml), the concentration of thermotolerant coliforms are more evident in EM 5 with an extreme value of (31,105 NMP / 100ml). Of the physicochemical parameters, the PH, the temperature, the conductivity and the bicarbonates are within the ECA - CAT. III; BOD5 and COD present higher values in EM 3 (41 mg / l BOD5 and 78.43 mg / l COD), greatly exceeding the Standards, the OD is optimal in EM1 and presents very low values in EM 3 (3.01 mg / l) and EM 5 (2.98 mg / l). The highest values of the physicochemical and microbiological parameters are given in the dry season, reducing in times of rain.

Key words:

Colpamayo creek, physicochemical parameters, microbiological parameters, Environmental Quality Standards.

Introducción

El agua, recurso natural, esencial para la existencia y supervivencia de los seres vivos, “en los últimos años ha cobrado importancia, el problema de contaminación de las fuentes naturales, tanto superficiales como subterráneas,” (Olivas et al., 2011), en este sentido, la conservación de los recursos naturales toma relevancia como disciplina que aporta y da respuesta a los problemas relacionados con la contaminación y degradación de los recursos hídricos (Acosta, 2015), además que esta puede convertirse en un medio transmisor de enfermedades para los seres humanos y animales, actualmente los cuerpos de agua (lagos, lagunas, ríos, quebradas y riachuelos) son alterados significativamente por causas atribuidas al hombre, quien se establece desordenadamente formando poblados, medianas y grandes ciudades, “el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico es uno de los impactos más importantes que se le atribuye al crecimiento urbano, y son los ecosistemas acuáticos los más afectados por estos impactos” (Chávez, Leiva y Fernando, 2016), esto se encuentra asociada a la inadecuada disposición final o ausencia de tratamiento de las mismas. Según Fernández (como se citó en Chávez, Leiva y Fernando, 2016) afirma que en el Perú, el vertido de diversos contaminantes a los ríos, se está convirtiendo en un grave problema, principalmente el derivado de la descarga de aguas servidas, evidenciando su degradación a lo largo del cauce, principalmente en las estaciones de muestreo cercanas a los asentamientos poblacionales, la ciudad de Chota esta también inmersa dentro este problema evacuando sus aguas residuales domesticas de origen urbano y aguas industriales provenientes del Camal Municipal directamente a la quebrada “Colpamayo” produciendo alteración en sus características físicas químicas y microbiológicas; frente a esta situación, la presente investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización y evaluación fisicoquímica y microbiológica de las aguas de la quebrada Colpamayo; desde sector Colpamayito hasta la descarga en el río Chotano, empleando como indicadores parámetros, para posteriormente contrastar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas (ECAs) categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

La quebrada Colpamayo pasa por el sur-este de la zona urbana del distrito de Chota, a unos diez minutos del centro de la ciudad, por esta quebrada fluyen aguas que requieren ser caracterizadas y evaluadas para determinar su composición fisicoquímica y microbiológica. Estas aguas de la quebrada son afectadas de diversas maneras por el vertimiento de efluentes con residuos domésticos e industriales (camal municipal); incluso, la misma población utiliza este lugar como botadero de desmonte y basura. La mayor contaminación se concentra desde el sector Colpamayito hasta la confluencia con el río Chotano.

Todo este problema conlleva una proliferación de vectores que muchas veces ocasionan enfermedades a la población, además estas aguas son usadas para la agricultura, bebedero de animales e incluso para actividades domésticas.

1.2. Formulación del Problema

¿Las características fisicoquímicas y microbiológicas que presentan las aguas de la quebrada Colpamayo- Chota cumplirán con los estándares de calidad ambiental para aguas de categoría 3?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Realizar una caracterización y evaluación fisicoquímica y microbiológica de las aguas de la quebrada Colpamayo; desde sector Colpamayito hasta la descarga en el río Chotano durante el periodo de evaluación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto,

Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Bicarbonatos) de las aguas de la quebrada Colpamayo.

- Determinar el comportamiento de los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y *E. Coli*) de las aguas de la quebrada Colpamayo.

- Comparar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los estándares de calidad ambiental establecidos en la ley peruana.

1.4. Justificación

Las aguas de la quebrada Colpamayo son afectadas a lo largo de su trayecto por descargas de efluentes con residuos domésticos e industriales, es probable que estas aguas presenten altos niveles de contaminación debido a que en la actualidad no existen investigaciones de la caracterización de estas aguas. Por lo tanto a través de este trabajo se pretende realizar un monitoreo de tres evaluaciones durante el periodo de seis meses, con este proyecto se caracterizará y evaluará el comportamiento de los componentes fisicoquímicos y microbiológicos en las épocas de estiaje y lluvia, asimismo comparar con los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental para aguas categoría 3 (ver Anexo 1), además que sirva como una base informativa de la población o futuras investigaciones, así como salvaguardar la salud de las personas que hagan uso de ella y de la población en general, siendo las instituciones responsables inmediatas de velar por la calidad del agua la municipalidad provincial de Chota, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Capitulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel mundial

Diferentes estudios han caracterizado y determinado la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas y quebradas, a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Estudios realizados por Mazzucchelli (2016) en el área serrana del arroyo Napaleofú. Tandil-Buenos Aires, entre septiembre 2012 y enero 2015 cuyo propósito fue realizar un diagnóstico físico - químico y microbiológico del agua superficial de esta zona (p. 13), indican que: la temperatura del agua superficial se encontró en rangos de valores normales para los momentos analizados, el pH resultó levemente alcalino, los sólidos totales aumentaron, desde la naciente a la desembocadura, correspondiendo con el mayor desarrollo de suelos, el uso de los mismos y el arrastre por escorrentía el oxígeno disuelto se comportó en forma similar a lo largo del recorrido del arroyo, con fluctuaciones en invierno, en todos los muestreos se registró amonio, nitrato y fosforo total y la presencia de coliformes totales y fecales se observó en los sitios 3, 1, 4, 2 y 5 en orden descendente respectivamente, evidenciando la vinculación de los mismos a la influencia antrópica para actividades productivas, sumados a las actividades de tipo recreativa que se observaron en la zona.

En evaluaciones de la calidad de agua de la Quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica", realizado por Bolaños, Montero, Rodríguez y Sánchez (2015), en el que cuyo fin es evidenciar la contaminación en el estero a nivel del agua superficial a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos durante la estación seca y lluviosa., se concluye que, durante la estación seca y lluviosa de 2014, se observó lo siguiente:

- El crecimiento de plantas en el lecho del río, se explica como un proceso de eutrofización de origen antropogénico, ya que se provee

el ecosistema de elevados niveles de nutrientes (nitratos y sulfatos), los cuales exceden los límites naturales.

- Los porcentajes de oxígeno disuelto en la quebrada son bastante bajos, lo cual dificulta la vida de diversas especies acuáticas.
- La presencia de coliformes totales además de servir como indicador de contaminación, ofrece un índice racional del contenido bacteriano del agua, el cual es necesario considerar si se llega a utilizar el agua de la quebrada en alguna actividad productiva.
- Existe una relación de incremento en la conductividad eléctrica del agua respecto al pH ácido de esta, aun cuando los niveles de acidez son bajos, estos valores desencadenan diversos desequilibrios que conllevan procesos de dilución de metales pesados, entre otros procesos altamente contaminantes, que cambian las propiedades organolépticas del agua.

Forero (2015), realizo una investigación sobre la caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia, que tuvo como objetivo realizar análisis químicos, físicos y microbiológicos de diferentes puntos estratégicos de la subcuenca del rio Soacha, la metodología consistió en realizar varios recorridos por toda la subcuenca del río desde la parte alta en la vereda Hungría, hasta la parte baja de la vereda Bosatama, donde desemboca en el río Bogotá; se identificaron y localizaron los tipos y puntos de vertido agrícolas, pecuarios, industriales y domiciliarios; durante los recorridos se realizaron varios talleres de conciencia ambiental con la comunidad allí presente. Posteriormente se tomaron un total de 60 muestras de agua en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2012; 20 de la parte alta, 20 de la parte media y 20 de la parte baja de la subcuenca. Las conclusiones a las que se llegó son las siguientes:

- La contaminación del río Soacha en su parte media y baja es generada por los altos niveles de fósforo, nitrógeno y heces fecales que son vertidas de manera directa o indirecta al río, como producto

de las diversas actividades domiciliarias, industriales y mineras ejercidas.

- La parte baja de la subcuenca del río Soacha es la zona que presenta más problemas de contaminación del recurso hídrico.
- Las autoridades ambientales y municipales de Soacha deben tomar medidas efectivas que permitan controlar el tipo de vertimientos que son arrojados al río y proponer programas y proyectos encaminados a su recuperación y conservación.

Tshibanda (2014) realizó una caracterización microbiológica y físico-quimica del agua y los sedimentos del río N'Djili, Kinshasa, República Democrática del Congo, los resultados muestarn una incidencia alta de bacterias indicadoras de contaminación fecal (FIB), incluidas *Escherichia coli (E. coli) y Enterococcus* (ENT), por lo tanto, el deterioro de la calidad de agua de este rio se atribuye a que no existe control en los rellenos sanitarios y el vertimiento de efluentes urbanos e industriales no tratados .

Investigaciones similares realizadas por Ahiarakwem, *et al* (2011) en el río Njaba, cuenca del delta del Níger, Sudeste de Nigeria, menciona que a través del monitoreo en 5 estaciones a lo largo del rio Njaba, evaluados en un periodo de tiempo (2003-2008), mostraron que se produjo un aumento gradual de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos; sim embargo este rio seguía siendo excelente para riego.

2.1.2. A nivel nacional

Minaya (2017), realizo un estudio para determinar los parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del agua de la laguna Moronacocha durante la época de transición de creciente a vaciante, meses de abril, mayo y junio del 2016 - Iquitos, Perú. Obtuvo las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los análisis, se encontró que los Sólidos Suspendidos Totales (TSS) no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental

para Agua, se obtuvieron valores promedio de 45.7 mg/L para la Estación 1 y de 46.51 mg/L para la Estación 2, ambos superan los 25 mg/L, valor considerado óptimo por la normatividad ambiental; este parámetro supera su Estándar en casi 100%.

- Se reporta que los niveles de pH no encajan con los niveles de ECA-Agua aprobadas por la normatividad ambiental. Los Estándares de Calidad indican que el valor óptimo de este parámetro se encuentra entre 6.5 y 9.0, en contraste el resultado obtenido es de 5.2 en ambas estaciones de muestreo, indicando niveles de acidez de moderado a fuerte en la Laguna.
- Con respecto al Oxígeno Disuelto, el valor deseable de este parámetro es de al menos 5 mg/L, encontrando en las Estaciones 1 y 2 concentraciones de 4.3 mg/L y 4.7 mg/L, por lo que este parámetro no cumple con los ECA-Agua.

Estudios similares realizados por Frias y Montilla (2016), cuyo fin fue evaluar los parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos en el Sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto –Perú, donde se recolectaron tres muestras en tres puntos de muestreo en los meses diciembre 2014, julio y diciembre 2015 existiendo en estos meses un mayor flujo poblacional en el puerto de Productores debido a las fechas festivas de ambos meses produciendo mayor concentración de diferentes agentes externos, concluyeron que: los parámetros físicos como pH, no se encuentra dentro de los límites permitidos por el ECA. 3, los parámetros químicos como aceites y grasas, Oxígeno Disuelto, fosfato son ligeramente diferentes de lo establecido por el ECA. 4, los parámetros Microbiológicos como Coliformes Totales y Termotolerantes difieren significativamente con los límites permitidos por el ECA.

Casilla (2014) realizo una evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez, se encontraron que los sólidos suspendidos son bajos (< a 5 mg/l), con tendencia a incrementar a medida que hay menos pendiente, en la

desembocadura; sin embargo, los sólidos totales alcanzan los valores más elevados en relación a otras zonas del sector 240 mg/l. El anión más importante son los sulfatos (32.0-24.0 mg/l) y el calcio es el catión predominante (24.0-16.0 mg/l), otros iones cuantificados fueron sodio (6.4-6.9 mg/l) y magnesio (5.1-3.4 mg/l) y recomienda que es necesario identificar el estado de contaminación de los ecosistemas locales, así como el riesgo a la salud que representa para los seres humanos.

A nivel regional y local no se reportan antecedentes que se encuentren disponibles con fecha actualizada, es por ello que ya no se consideran en esta investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Calidad de agua superficial

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le destine, considerando esto se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial y muchas veces suponen un riesgo para la salud.

López (2013), afirma que la calidad de aguas superficiales como tal, se da cuando las aguas que circulan sobre la superficie de la tierra son afectadas por múltiples factores como la producción agrícola, industrial, usos diversos del suelo, aguas residuales, entre otros y por lo tanto es alterada su calidad.

Es importante mencionar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar importancia a los procesos de muestreo, las unidades y terminologías empleadas.

Para interpretar de manera adecuada datos obtenidos de las evaluaciones, los resultados deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera (Gonzáles, 2015).

El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos (Molina y Castro, 2015).

2.2.2. Estándares de calidad Ambiental

En nuestro país se decretó la ley N° 28611, ley general del ambiente, que en su artículo 90, establece la necesidad de realizar una gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de la Calidad Ambiental. La misma ley describe los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, los cuales aprobados por el estado mediante Decreto Supremo 002-2008-MINAM y su modificatoria Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estos Estándares se dividen en categorías según el uso al cuál se destine, siendo la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) la que tomaremos como referencia para el presente trabajo. En la siguiente tabla sólo se incluirán los parámetros a ser evaluados en el proyecto (tabla 1).

***Tabla 1**: Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría 3 a ser evaluados.*

CATEGORÍAS		**ECA AGUA: CATEGORÍA 3**	
Parámetro	**Unidad**	**Parámetros para riego de vegetales**	**Parámetros para bebidas de animales**
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6 ,5 – 8, 4
Conductividad	uS/cm	2 500	5 000
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/L	40	40
Bicarbonatos	Mg/L	518	-
MICROBIOLÓGICOS, PARASITARIOS			
Coliformes termotolerantes (45 °C)	NMP/100 ml	2000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	-

Fuente: DS 004-2017-MINAM

2.2.3. Monitoreo de la Calidad de Aguas Superficiales

ANA, 2016. Menciona que debido a la creciente presión e impactos negativos de la actividad antropogénica sobre los recursos hídricos es que se hace necesaria la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de estos recursos que nos permitan evaluar su calidad.

El monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos conlleva un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores químico-físicos de la calidad del agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados establecidos en el protocolo de monitoreo. La aplicación de estos procedimientos permite minimizar errores y garantizar la generación de datos e información consistente y confiable.

2.2.4. Parámetros fisicoquímicos

- **Temperatura:** La temperatura es importante porque actúa sobre procesos como la actividad biológica, controla la velocidad de todas las reacciones químicas la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, y por los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento (Raffo, 2013.; Patil, 2012).

- **Potencial de hidrogeno (pH):** El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH es más importante para determinar la naturaleza corrosiva del agua. Baje el valor de pH más alto es la naturaleza corrosiva del agua El pH se relaciona con la conductancia eléctrica y alcalinidad total () Con el examen de pH se consigue el indicador de acidez de una sustancia, determinando el número de iones libres de hidrógeno (H+) en una sustancia (Raffo, 2013; Patil, 2012).

- **Conductividad:** La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. La CE muestra una correlación significativa con diez parámetros, como temperatura y pH valor, alcalinidad, dureza total, calcio, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sustancia química demanda de oxígeno, concentración de cloruro y hierro en el agua (Patil, 2012). La conductividad se relaciona directamente con la temperatura, cuanto mayor es la temperatura del agua mayor es la CE; por esta razón, la conductividad se reporta como conductividad a 25°C (Tevés, 2016).

- **Oxígeno disuelto:** Es uno de los parámetros más importantes en la determinación de la calidad de agua. El oxígeno disuelto es una sustancia química presente en los cuerpos de agua, es indispensable para la respiración de los seres vivos que se encuentran en estos. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce (Plúas, 2015).

- **Demanda bioquímica de oxigeno (DBO_5):** La materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua. El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Entre los efectos al ecosistema, se encuentra el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de peces y plantas (Raffo y Ruiz, 2014). La DBO_5 se evalúa durante un periodo de cinco días.

- **Demanda química de oxigeno (DQO):** Mide la cantidad requerida, para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, con el empleo de un oxidante, como el Dicromato de Potasio, obteniendo resultados en 3 h y guarda relación con DBO5. La DQO, no diferencia entre la materia biodegradable y el resto, no suministra

información sobre la velocidad de degradación en condiciones normales (T y P): El valor de la DQO, es siempre mayor al de la DBO_5 y ambas, se expresan en mg/L (Frías y Montilla, 2016).

- **Bicarbonatos:** Depende de la presencia de los iones oxidrilo (OH-), Carbonatos (CO3=) y bicarbonatos (HCO3-) en el agua según sea la procedencia de la misma. Se expresa como ppm de CaCO3 (Frias y Montilla, 2016). La alcalinidad, el pH y la dureza afectan la toxicidad de muchas sustancias en el agua (Patil, 2012).

2.2.5. Parámetros microbiológicos

- **Coliformes:** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan lactosa a temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO2) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (Molina y Castro, 2015).

- **Coliformes termotolerantes.** Subgrupo de las bacterias del grupo coliforme, presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Los coliformes fecales son coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal (Molina y Castro, 2015; Pullés, 2014).

- ***Escherichia coli.*** *Es* un miembro de la familia bacteriana de *Enterobacteriaceae.* Es estrictamente intestinal, indicadora específica de contaminación fecal, se caracteriza por la producción de indol a partir de triptófano, oxidasa negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β-galactosidasa y β-glucoronidasa (Robert Pullés, 2014). E. coli es la principal causa de enteritis, infección del tracto urinario, septicemia y otras infecciones clínicas, como la meningitis neonatal (Allocati *et al* 2013).

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito de estudio

El estudio se desarrolló en la quebrada Colpamayo perteneciente a la provincia de Chota, departamento de Cajamarca; el sector Colpamayito como punto inicial con coordenadas (UTM) 760573 este; 9274018 norte y a una altitud 2374 m.s.n.m., y tiene un recorrido llegando a desembocar en el río Chotano.

3.1.1. Frecuencia de muestreo

Para iniciar con el monitoreo de la calidad de agua superficial de la quebrada Colpamayo se realizó en una visita preliminar para identificar todas las posibles fuentes de contaminación, los usos de estas aguas se establecieron los puntos o estaciones de muestreo con sus respectivas coordenadas. Las campañas de muestreo se realizaron de acuerdo al régimen hidrológico de la quebrada Colpamayo, según Weather Spark (2017); el período de lluvia es de noviembre a marzo y de sequía es de mayo a septiembre. La visita preliminar se realizó el 26 de junio del 2017 (26-06-2017); el primer muestreo se realizó el 27 de junio del 2017 (27-06-2017) época de estiaje; el segundo se realizó el 14 de septiembre del 2017 (14-10-2017), época de transición de estiaje a lluvia; y el tercero se realizó 29 de noviembre del 2017 (29-11-2017), la inestabilidad climatológica impidió monitorear los días de mayor precipitación.

3.1.2. Estaciones de muestreo

Se seleccionaron seis estaciones de muestreo georreferenciadas por GPS Garmin 64s. Las estaciones de muestreo se localizaron en zonas que permitieron obtener una muestra representativa, donde la mezcla del agua fue homogénea. En la Tabla 2 se presenta la ubicación de cada estación.

Tabla 2. *Ubicación georeferencial de las estaciones de muestreo de la quebrada Colpamayo. Chota – Cajamarca (Perú).*

Estación de muestreo	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud (msnm)
EM 1	760573	9274018	2374
EM 2	760681	9274258	2357
EM 3	760570	9274127	2354
EM 4	760186	9273807	2322
EM 5	760080	9273709	2315
EM 6	759583	9273231	2301

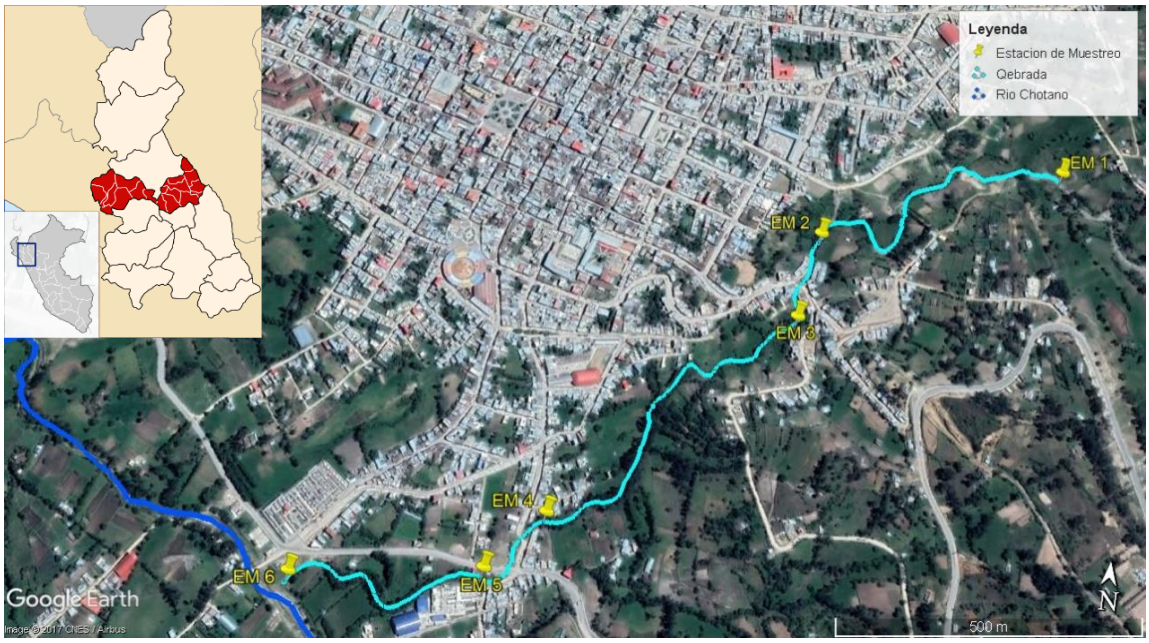


Figura 1*. Ubicación de las estaciones de muestreo de la quebrada Colpamayo. Chota – Cajamarca (Perú). (Fuente: Google Earth Satelital)*

3.1.2.1. Estación de muestreo 1 - EM 1

Esta estación de muestreo se ubica en el sector Colpamayito, a una distancia de 500 m de la comunidad de Colpamayo. La información que se

obtuvo permitió tener conocimiento de las características que presenta el agua de la quebrada Colpamayo sin que haya actividades humanas que alteren considerablemente su calidad.

Figura 2. *Estación de muestreo EM 1. Fuente: Propia (29-11-2017)*

3.1.2.2. Estación de muestreo 2 - EM 2

Esta estación de muestreo se ubica 70 m aguas abajo de la descarga de aguas residuales a la altura de la Agencia Agraria, además se encuentra aproximadamente a 50 m aguas arriba del Camal Municipal de la ciudad de Chota, la información que se obtuvo permitió tener conocimiento de las características que presenta el agua de la quebrada Colpamayo luego de que sean alteradas por residuos sólidos como botellas y bolsas de plástico, restos de papel higiénico, etc. Además de las descargas de aguas residuales.

Figura 3. *Estación de muestreo EM 2. Fuente: Propia (29-11-2017)*

3.1.2.3. Estación de muestreo 3 - EM 3

Esta estación de muestreo está ubicado a una distancia ubicado 100 m aguas abajo del Camal Municipal de la ciudad de Chota. La información que se obtuvo de este punto de muestreo permitió conocer las características del agua de la quebrada después de que se realice la descarga de efluentes del Camal con gran cantidad de materia orgánica.

Figura 4. *Estación de muestreo EM 3. Fuente: Propia (27-06-2017)*

3.1.2.4. Estación de muestreo 4 - EM 4

Esta estación de muestreo se ubica 50 m aguas arriba de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Chota (puente a Chim Chim). La información que se obtuvo permitió tener conocimiento de las características del agua de la quebrada. También cercano a este punto se encuentra la descarga de numerosos desagües de casas aledañas.

Figura 5. *Estación de muestreo EM 4. Fuente: Propia (14-09-2017)*

3.1.2.5. Estación de muestreo 5 - EM 5

Esta estación de muestreo se ubica 100 m aguas abajo de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Chota, cercano a la Gerencia Subregional. La información que se obtuvo permitió tener conocimiento de las características del agua de la quebrada luego de que descarguen la mayoría de aguas residuales de la ciudad de Chota.

Figura 6. *Estación de muestreo EM 5. Fuente: Propia (14-09-2017)*

3.1.2.6. Estación de muestreo 6 - EM 6

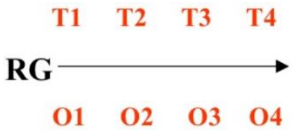
Esta estación de muestreo se ubica en la confluencia entre la quebrada colpamayo y el rio Chotano. Es el último punto de muestreo que permitió conocer las características de la quebrada Colpamayo antes de descargar y alterar la calidad del agua del río Chotano.

Figura 7. *Estación de muestreo EM 6. Fuente: Propia (27-06-2017)*

3.2. Materiales y métodos de investigación

3.2.1 Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es descriptivo longitudinal, es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera, además de la recolección de información y en el estudio de un fenómeno en intervalos de tiempo. Describiendo cuantitativamente características físicas, químicas y microbiológicas del agua de la quebrada San Mateo y comparándolas con los ECA categoría-III.



R: Indica que los sujetos han sido asignados de manera aleatoria.

G: Grupo de sujetos o muestra.

T: Tiempo.

O: Observación, una medición o prueba.

3.2.2 Población, muestra y muestreo

- **La Población**: La población está determinada por las aguas de la quebrada Colpamayo desde el sector Colpamayito hasta la confluencia con el río Chotano

- **Muestra**: Se establecieron seis puntos y en cada uno de ellos se caracterizó los componentes fisicoquímicos y microbiológicos durante el periodo de evaluación. Las muestras de las aguas de la quebrada Colpamayo, se obtuvo mediante campañas de monitoreo, haciendo uso de envases de material plástico, o vidrios limpios y esterilizados. Serán homogenizadas y rotuladas de acuerdo al "Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales – 2016" establecido por la Autoridad Nacional del Agua - ANA.

- **Muestreo**: Se aplicará un muestreo sistemático

3.2.3 Materiales y equipos utilizados

a. Materiales:

Materiales de bioseguridad y campo

- Mascarillas estériles y de jebe boca-nariz con filtro para gases orgánicos
- Guantes de látex
- Lentes protectores
- Botas de seguridad dieléctricas
- Cooler
- Libreta de campo
- Tablero
- Lapiceros

Materiales de laboratorio

- Placas Petri Film
- Algodón
- Frascos rotulados para muestreo microbiológico
- Porta objetos

- Cubre objetos
- Frascos para muestreo: Botellas OXI TOP
- Viales de DQO
- Vasos de precipitación
- Probetas
- Micro pipetas
- Tubos de ensayo
- Matraces

Reactivos

- Alcohol
- Agua destilada
- Indicador de anaranjado de metilo
- Indicador de fenolftaleína
- Ácido sulfúrico
- Sulfato de mercurio
- Ferroína monohidratada
- Sulfato ferroso
- Sulfato de plata
- Solución de glucosa – ácido glutámico
- Solución de fosfato reguladora de pH
- Solución de sulfato de magnesio
- Solución de cloro de hierro (III)
- Sulfato de hidracina
- Hexametilentetramina

b. Equipos

- Multiparámetro
- Balanza Analítica
- Agitador electromagnético
- Autoclave
- Estufa
- Espectrofotómetro
- Termo reactor

- Incubadora
- Sistema de determinación de DBO

Recalcando que algunos materiales, reactivos y equipos están disponibles en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

3.2.4 Procedimiento de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos y su análisis se siguió de acuerdo al parámetro a analizar según las Normas Técnicas Peruanas referido a calidad del agua, y normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua.

Para la selección de los parámetros de estudio se tuvo en cuenta el "Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales – 2016" establecido por la Autoridad Nacional del Agua – ANA. Siguiendo las recomendaciones de este protocolo se estableció que las aguas de la quebrada Colpamayo tiene una clasificación de agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Los parámetros a evaluados fueron Bicarbonatos, Conductividad, DBO, DQO, Oxígeno Disuelto, pH, temperatura, coliformes termotolerantes y *E. Coli.*

3.2.4.1 Recolección de muestras

Esta etapa se desarrolló de acuerdo al "Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales – 2016" establecido por la Autoridad Nacional del Agua. La recolección de muestras. Con la finalidad de obtener los mejores resultados se realizó un adecuado procedimiento de recolección de muestras. El muestreo se realizó desde la estación EM 1 hacia la estación EM 6 aguas abajo. Las muestras simples o puntuales de agua se recogieron lo más cerca al centro del río y contra corriente a una profundidad aproximada de 20 cm, evitando alterar las condiciones reales. Para mediciones de parámetros fisicoquímicos se utilizó botellas de polietileno de 1 L y ½ L de capacidad; y para parámetros microbiológicos se utilizó frascos de vidrio debidamente

esterilizados y de 1L de capacidad. Las botellas fueron rotuladas debidamente con el nombre de la estación de muestreo, su ubicación en coordenadas UTM, nombre del responsable del muestreo, la fecha y hora de la toma de muestra, posteriormente fueron selladas, almacenadas en cajas térmicas con hielo buscando asegurar que la temperatura este a 4°C.

Luego las muestras fueron trasladadas a el campus universitario donde se llevaría a cabo las mediciones en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Es así que los parámetros a determinar también dependían de los recursos disponibles en la universidad como reactivos, equipos y materiales. De acuerdo a esto podemos clasificar en mediciones de campo y mediciones de laboratorio.

3.2.4.2 Mediciones de parámetros

- **Mediciones en campo**

  Los parámetros determinados en el campo fueron OD, pH, CE, temperatura. Todos estos parámetros fueron medidos de manera directa en el curso de agua con un multiparámetro HANNA debidamente calibrado con soluciones estándar para cada parámetro. De esta manera se midió el oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura en cada las 6 estaciones y durante los 3 muestreos. Para el caudal se siguió la siguiente metodología.

- **Mediciones de laboratorio**

  Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se determinaron en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, utilizando métodos estandarizados del Standard (APHA, 1998). Para la selección de los métodos se tuvo en cuenta los recursos disponibles en la Universidad. De acuerdo a eso se realizaron los siguientes análisis.

  a. Demanda bioquímica de oxigeno

  Para la determinación de DBO_5 se utilizó el método Respirométrico, que se basa en medir el consumo de oxígeno, o la producción de

CO_2, en una Botella Respirométrica. Este objetivo se logra entre otras formas (Método Manométrico) midiendo la variación de la presión en la botella, mediante un manómetro lo suficientemente sensible (Calderón y Pavlova, 2007).

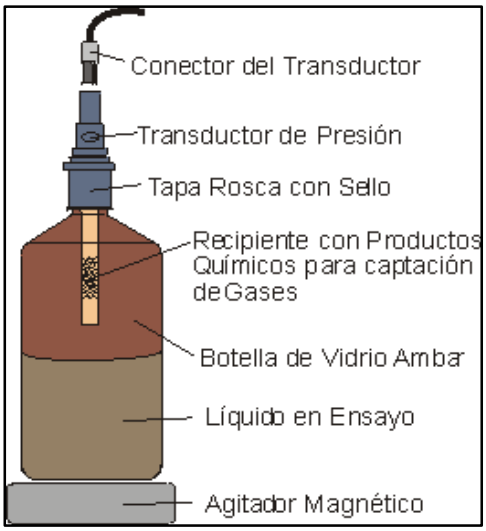


***Figura 8**. Modelo de método Respirométrico. Fuente: (Calderón y Pavlova, 2007).*

b. Bicarbonatos

La determinación de y bicarbonatos se realizó a través de titulación de la muestra con una solución valorada de un ácido fuerte como el ácido sulfúrico, indicados por medio del cambio de color utilizando dos indicadores ácido-base adecuados (Boluda, 2014). Para determinar bicarbonatos por variación de color se utilizó ácido sulfúrico 0,02 N como solución titulante y fenolftaleína con anaranjado de metilo como indicadores colorimétricos. Se valora a la muestra que contiene anaranjado de metilo para determinar el gasto de ácido sulfúrico hasta el siguiente viraje un amarillo Salmon. De esta forma se determinan los bicarbonatos presentes ($HCO3^-$).

Para representar los bicarbonatos en mg/ L se utilizó la siguiente formula (APHA,1999).

$$\text{mg de } CaCO_3/\text{ L} = \frac{A*B*50000}{\text{Volumen de la muestra(ml)}}$$

Donde: A=ml gastados de H_2SO_4

B=Normalidad de H_2SO_4

50000=Pmeq del $CaCO_3$

c. Demanda química de oxigeno

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método de la colorimetría, utilizando la espectrofotometría para poder medir las absorbancias dependiendo del rango de DQO que presente la muestra. Las muestras fueron preparadas y diluidas dependiendo de la concentración de materia orgánica no biodegradable, luego se sometieron a un termoreactor a una temperatura de 150 ºc por 2 horas. La utilización de la colorimetría (absorción visible-ultravioleta) para la determinación de la DQO en esta práctica se basa en los diferentes espectros de absorción del Cr(VI) (de color naranja, absorbe en longitudes de onda en torno a 440 nm) y el Cr(III) (decolor verde, absorbe en torno a 600 nm), por lo que ambas especies se pueden detectar independientemente. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno: mgO_2/L (Rueda y Casayan, 2015).

d. Coliformes termotolerantes

Para la determinación de este parámetro microbiológico se hizo uso de las Placas Petrifilm 3M para el Recuento de Coliformes (*Coliform Count, CC*) el cual contiene contienen nutrientes de Bilis Rojo-Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, y un indicador tetrazolium, que facilita el recuento de las colonias. La película superior atrapa el gas producido por los coliformes fermentadores de lactosa.

La AOAC Internacional y el Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) de la FDA de los Estados Unidos definen los coliformes como colonias de bastoncillos gram-negativos que producen ácido y gas durante la fermentación metabólica de la lactosa. Las colonias de coliformes crecen en la Placa Petrifilm CC y producen un ácido

que causa el oscurecimiento del gel por el indicador de pH. El gas atrapado alrededor de las colonias rojas de coliformes confirma su presencia (3M ™, 2006).

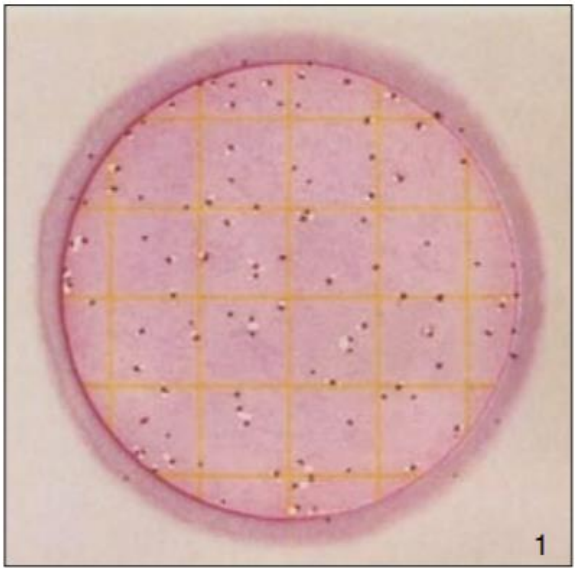


Figura 09. *Modelo de placa Petrifilm con coliformes termotolerantes (fecales). Fuente:* (3M ™, 2006).

e. *Escherichia coli*

Para la determinación de este parámetro microbiológico se utilizó las Placas Petrifilm™ para el Recuento de E. coli/Coliformes (Placa Petrifilm EC) contienen nutrientes de Bilis Rojo Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) produce beta-glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. La película superior atrapa el gas producido por *E. coli* y coliformes fermentadores de lactosa. Cerca del 95% de las *E. coli* producen gas, representado por colonias entre azules y rojo-azules asociadas con el gas atrapado en la Placa Petrifilm EC (dentro del diámetro aproximado de una colonia) (3M ™, 2006).

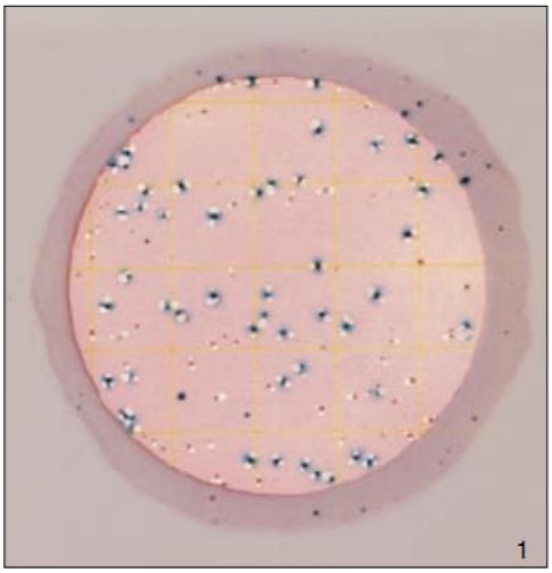


Figura 10. *Modelo de placa Petrifilm con E. Coli. Fuente:* (3M ™, 2006).

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros evaluados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3. En la tabla 3 se muestran los valores del primer muestro realizado en el mes de junio, época de estiaje.

La mayoría de los parámetros físicos - químicos y microbiológicos evaluados en el agua de la quebrada Colpamayo, presentaron una notable variación en todos los puntos de monitoreo.

Los bicarbonatos, conductividad, Potencial de Hidrógeno (pH) y Temperatura presentan ligeras variaciones, pero todas ellas se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3.

La Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) presenta valores que varían entre 12.4 mg/ l (EM 1) y 35.43 mg/l (EM 5).

La Demanda Química de Oxigeno (DQO) es mínima en EM 1 (20 mg/l) y máxima en EM 3 (78.43 mg/l).

Los valores del Oxígeno Disuelto (OD) son de 6.82 mg/l (máximo) en EM 1 y de 3.01 mg/l (mínimo) en EM 3.

Tabla 3: *Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en el primer muestreo (época de estiaje).*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3		EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
		Riego de vegetales	Bebidas de animales						
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	16.01	15.6	19.97	17.34	20.34	16.49
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	7.84	7.01	6.54	7.05	6.85	7.09
Conductividad	uS/cm	2 500	5 000	167.14	207.03	994.9	367.32	641.43	475.12
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5	6.82	5.03	3.01	3.87	3.27	4.48
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/L	15	15	12.4	13.23	32.21	19.21	35.43	16.5
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/L	40	40	20	36	78.43	56.76	56.76	47.38
Bicarbonatos	mg/L	518	–	187.34	214.08	354	167.78	376.54	275.32

En la Tabla 4 se presentan los valores de los parámetros fisicoquímicos y tomados en el mes de setiembre, considerada según los datos climatológicos época de transición de estiaje a lluvia.

Las concentraciones de los bicarbonatos, conductividad, Potencial de Hidrógeno (pH) y Temperatura presentan variaciones moderadas en las seis estaciones de muestreo, pero todas ellas se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3.

La Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO), presenta un valor máximo de 41 mg/l en EM 3, el cual está muy por encima de las demás concentraciones.

Las concentraciones de la Demanda Química de Oxigeno (DQO), en general son valores cercanos a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3, a excepción de EM 3 donde el valor es de 63.07 mg/l.

La concentración de Oxígeno Disuelto es muy variada, ya que se puede encontrar valores de 7.21 en EM 1 y de 2.98 en EM 2.

Tabla 4: *Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en el segundo muestreo (época de transición).*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3		EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
		Riego de vegetales	Bebidas de animales						
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	18.56	17.61	19.32	17.76	18.75	19.6
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	8.37	7.43	6.78	8.32	7.52	7.98
Conductividad	uS/cm	2 500	5 000	159.65	547.76	598.87	418.5	828.1	897.54
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5	7.21	4.03	3.71	3.9	4.01	2.98
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/L	15	15	10.93	15.03	41	16.31	34.76	18.73
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/L	40	40	33.41	33.78	63.07	43.8	49.52	54.31
Bicarbonatos	mg/L	518	–	156.34	234.87	210.3	193.01	258.76	321.08

La tabla 5 muestra valores de los parámetros fisicoquímicos del muestreo realizado en el mes de noviembre, considerado época de lluvia.

Los bicarbonatos, conductividad, Oxígeno Disuelto, Potencial de Hidrógeno (pH) y Temperatura presentan variaciones en todas las estaciones de monitoreo. Todos estos valores se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (riego de vegetales).

Las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) presentan fluctuaciones en su valor en el trascurso de la quebrada Colpamayo. El valor mínimo se evidencia en EM 1 (10.67 mg/l) y el máximo en EM 3 (25.61).

Los valores Demanda Química de Oxigeno (DQO), se evidencian por encima de los ECAs- cat.3 en EM 3 y EM 5.

Tabla 5: *Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en el tercer muestreo (época de lluvia)*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3		EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
		Riego de vegetales	Bebidas de animales						
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	17.2	17.89	18.76	17.63	18.21	17.45
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	7.31	7.93	7.78	8.31	7.32	7.81
Conductividad	uS/cm	2 500	5 000	654	432.9	976.43	745.78	750.5	854.1
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5	8.03	6.33	5.21	5.68	4.96	5.62
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/L	15	15	10.67	13.05	25.61	15.76	24.89	14.53
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/L	40	40	25.32	30.71	58.61	38.65	57.43	36.3
Bicarbonatos	mg/L	518	–	412	256.3	312.45	145.72	324.3	187.45

4.1.2. Parámetros Microbiológicos

Los parámetros microbiológicos (*Escherichia coli* y Coliformes termotolerantes) de la quebrada Colpamayo Chota, fueron evaluados en tres espacios temporales diferentes, el primer muestreo se realizó en el mes de junio (época de estiaje), el segundo, en el mes de setiembre (época de transición de estiaje a lluvia) y el tercer muestreo en el mes de noviembre (época de lluvia), estos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3; los resultados se resumen en las Tablas 6, 7 y 8 expresados en Número Más Probable en 100 mililitros (NMP/100ml).

En la Tabla 6 se muestran los resultados del primer muestreo para las 6 estaciones de muestreo, este se realizó en el mes de junio considerado como época de estiaje, siendo mínimo el caudal de la quebrada.

La cantidad de *Esherichia coli* de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 0 a 9.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 5 (EM 5**)** y 6 (EM 6) con 12.10^5 y 9.10^5 respectivamente, seguido de la estación de muestreo 3 (EM 3) con 5.10^5; los valores más bajos obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo (EM 4) y 2 (EM 2) con valores de 4.10^5 y 2.10^5 respectivamente; en la estación de muestreo numero 1 (EM 1) no se encontró presencia de *Esherichia coli***.**

La cantidad de Coliformes termotolerantes de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 4.10^2 a 23.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 5 (EM 5**)** y 6 (EM 6) con 31.10^5 y 23.10^5 respectivamente, seguido de las estaciones de muestreo 4 (EM 4) y 3 (EM 3) con 9.10^5 y 8.10^5 respectivamente; los valores más bajos obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo 2 (EM 2) y 1 (EM 1) con valores de 3.10^5 y 4.10^2 respectivamente.

Tabla 6: *Valores de los parámetros microbiológicos obtenidos en el primer muestreo (época de transición)*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	0	2.10^5	5.10^5	4.10^5	12.10^5	9.10^5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	4.10^2	3.10^5	8.10^5	9.10^5	31.10^5	23.10^5

En la tabla 7 se muestran los resultados del segundo muestreo para las 6 estaciones de muestreo, este se realizó en el mes de setiembre considerada como época de transición de estiaje a lluvia.

La cantidad de *Esherichia coli* de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 0 a 6.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 5 (EM 5**)** y 6 (EM 6) con 9.10^5 y 6.10^5 respectivamente, seguido de la estación de muestreo 3 (EM 3) con 4.10^5; los valores más bajos obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo 4 (EM 4) y 2 (EM 2) con valores de 3.10^5 y 1.10^5 respectivamente; en la estación de muestreo numero 1 (EM 1) no se encontró presencia de *Esherichia coli***.**

La cantidad de Coliformes termotolerantes de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 8.10^2 a 11.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 5 (EM 5**)** y 6 (EM 6) con 23.10^5 y 11.10^5 respectivamente, seguido de las estaciones de muestreo 4 (EM 4) y 3 (EM 3) con 7.10^5 y 6.10^5 respectivamente; los valores más bajos obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo 2 (EM 2) y 1 (EM 1) con valores de 23.10^4 y 8.10^2 respectivamente.

Tabla 7: *Valores de los parámetros microbiológicos obtenidos en el segundo muestreo (época de transición de estiaje a lluvia)*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	0	1.10^5	4.10^5	3.10^5	9.10^5	6.10^5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	8.10^2	23.10^4	6.10^5	7.10^5	23.10^5	11.10^5

En la Tabla 8 se muestran los resultados del tercer muestreo para las 6 estaciones de muestreo, este se realizó en el mes de noviembre, considerado época de lluvia o de máxima avenida donde el caudal fue máximo.

La cantidad de *Esherichia coli* de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 0 a 4.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 6 (EM 6) y 5 (EM 5**)** con 4.10^5 y 64.10^4 respectivamente, seguido de la estación de muestreo 4 (EM 4) con 18.10^4; los valores más bajos obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo 3(EM 3) y 2 (EM 2) con valores de 12.10^4 y 28.10^3 respectivamente; en la estación de muestreo numero 1 (EM 1**)** no se encontró presencia de *Esherichia coli***.**

La cantidad de Coliformes termotolerantes de la quebrada Colpamayo Chota evaluada y contabilizada en laboratorio, va desde 4.10^2 a 9.10^5, alcanzando los más altos valores en las estaciones de muestreo 5 (EM 5**)** y 6 (EM 6) con 11.10^5 y 9.10^5 respectivamente, seguido de las estaciones de muestreo 4 (EM 4) y 2 (EM 3) con 5.10^5 y 26.10^4 respectivamente; los valores más bajos

obtenidos corresponden a las estaciones de muestreo 2 (EM 2) y 1 (EM 1**)** con valores de 2.10^4 y 5.10^2 respectivamente.

Tabla 8: *Valores de los parámetros microbiológicos obtenidos en el tercer muestreo (época de lluvia).*

PÁRAMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	0	28.10^3	12.10^4	18.10^4	64.10^4	4.10^5
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	5.10^2	2.10^4	26.10^4	5.10^5	11.10^5	9.10^5

4.2. Discusión

4.2.1. Parámetros Fisicoquímicos

Temperatura

La temperatura de las aguas de la quebrada Colpamayo presentan variaciones de acuerdo a la época y puntos de monitoreo (Figura 11).

En el mes de junio, época donde se realizó el primer monitoreo, el SENAMHI reportó una temperatura ambiente promedio para Chota de 19 °C. Los resultados muestran que la temperatura más baja se registró en EM 2, posiblemente por la poca contaminación que existe en este punto; también se evidencia que en EM 5 la temperatura alcanza un valor de 20.34, posiblemente por las dos fuentes de descargas de aguas domesticas que existen a unos 50 metros aguas arriba de este punto.

La temperatura promedio reportada por el SENAMHI, para el mes de octubre (donde se realizó el segundo monitoreo) es de 20.1 °C. Este muestreo evidencia las mayores temperaturas en EM 3 y EM 6 (19,32 °C y 19.6 °C respectivamente), posiblemente por los focos de contaminación presentes aguas arriba de los dos puntos.

En el tercer monitoreo que se realizó en épocas de lluvia (noviembre), el SENAMHI reportó una temperatura promedio de 19.8 °C. Los valores de la temperatura en esta época muestran una tendencia similar a los anteriores monitoreos, con menor temperatura en EM 1 (17, 2 °C), donde existe

escasa intervención antrópica; por el contrario, la mayor temperatura se da en EM 3 y EM 6 (18.76 °C y 18.21 °C respectivamente), puntos donde existe mayor descarga de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas e industriales.

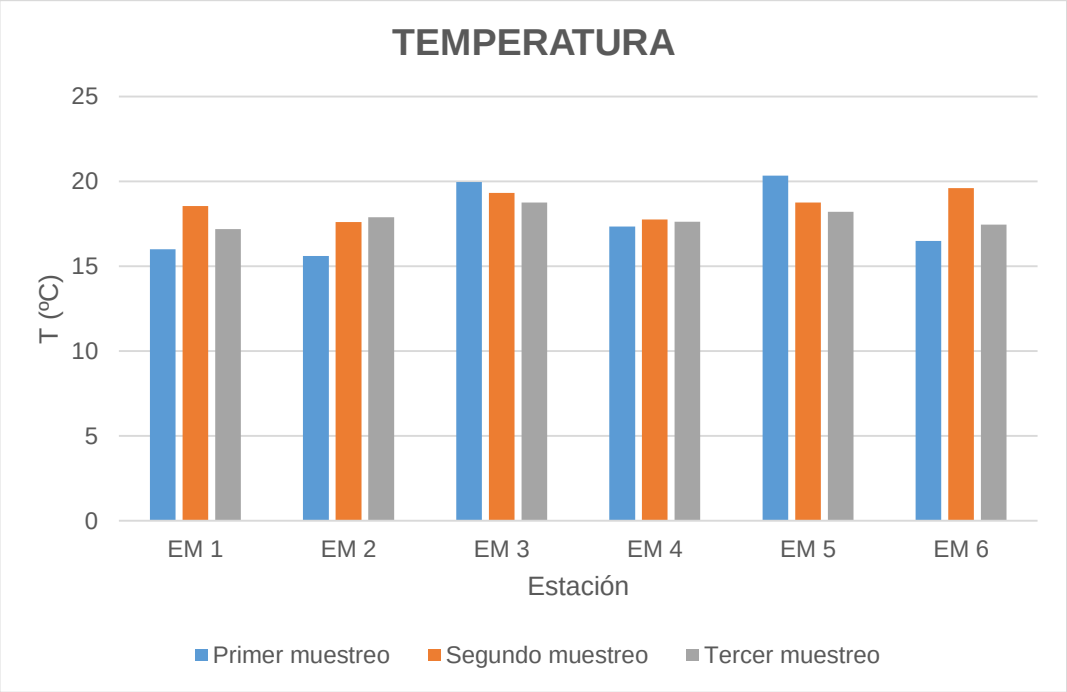


Figura 11. *Gráfico de CE correspondiente a los tres muestreos.*

PH

Todos los valores de PH se encuentran dentro del rango del ECA agua cat. III, es decir no presentan cambios significativos, además la tendencia es a un PH neutro.

En el primer monitoreo realizado en época de estiaje (junio), se evidencia que en EM 1, existe una ligera inclinación a un PH básico (7.84), podría deberse a las rocas carbonatadas y presentes en la quebrada y a la presencia de carbonatos que se forman por la acción del CO2 sobre materiales básicos presentes en las aguas superficiales (Forero, 2015) que hacen que el PH se incline a un valor ligeramente alcalino, pero que este es neutralizado rápidamente por la acelerada descomposición de la materia orgánica. En EM 3, el valor de PH presenta una ligera acidez (6.54), esto podría deberse a la descarga de aguas con alto contenido de materia

orgánica las cuales en su descomposición generan ácidos húmicos (ácidos débiles) que aumentan la acidez en el agua (Teves, 2016).

En general los valores de pH no presentaron valores fuera del rango establecido por la legislación peruana, quizás la composición de las descargas de efluentes sea diversa de tal manera que haya un equilibrio acido-base y el comportamiento mismo de la quebrada hacen que el PH torne a neutro, sin que afecto otros procesos fisicoquímicos del agua.

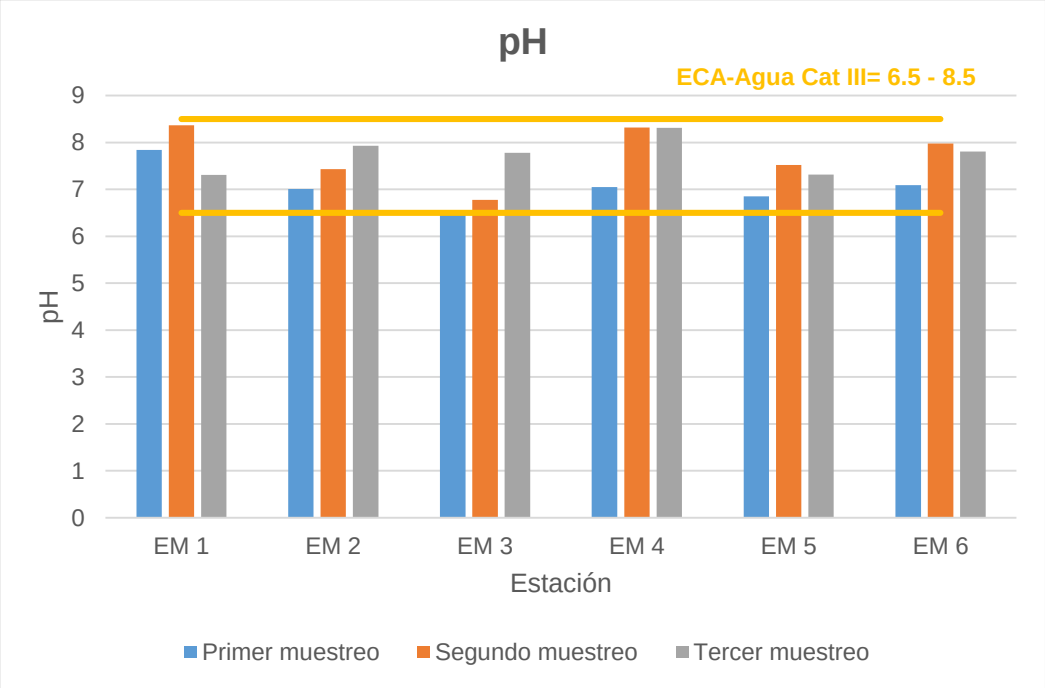


Figura 12. *Gráfico de CE correspondiente a los tres muestreos.*

Conductividad eléctrica

El parámetro de la conductividad eléctrica es uno de los más usados por la rapidez de su medición y porque permite detectar variaciones en la composición química de los constituyentes del agua (Zhen-Wu, 2009).

Sabiendo que la conductividad eléctrica del agua pura es baja, pero se puede aumentar en gran medida por las impurezas solubles que ionizar el agua, la conductividad eléctrica en las aguas de la quebrada Colpamayo es relativamente alta debido a los múltiples focos de contaminación que existen a lo largo de la quebrada y los valores van aumentado aguas abajo por la posible descomposición de la materia orgánica (Goyenola, 2007;

Bolaños, Montero, Rodríguez y Sánchez, 2015), pero sin embargo estos no sobrepasan los ECA para agua – Categoría III (Figura 13), aunque muestra una relación de temporalidad y vertimiento de contaminantes.

En la Figura 13 se muestra que en EM 3 existe mayor conductividad eléctrica, puesto que a 200 metros aguas arriba de este punto existe una descarga directa del agua del camal municipal. La tendencia temporal indica que en el último muestreo existió un leve aumento de la conductividad en casi todos los puntos de muestreo.

En el primer muestreo realizada en época de estaje (junio), se muestra que el valor mínimo de conductividad se da en EM 1 (167.14 uS/cm), debido a que en este punto no se evidencia descargas cercanas de efluentes líquidos domésticos ni posibles focos de contaminación. Por el contrario se evidencia en EM 3 donde la conductividad es de 654 uS/cm, ya que este punto se encuentra influenciado por las descargas aguas arriba de efluentes del camal municipal que contienen gran cantidad de materia orgánica y sólidos en suspensión que hacen que la conductividad tome valores altos y en la época de estiaje el agua no tiene la capacidad de amortiguar las descargas provenientes de las actividades humanas (Legarda, Quintero y Ramirez, 2009; Ortiz, Tafur y Corroto, 2016).

El comportamiento de la conductividad realizada en el segundo muestreo (octubre), se evidencia como mínima en el primer punto, descrito anteriormente como punto con escasa intervención antrópica. El valor más alto de la conductividad se da en el punto EM 6 (punto próximo a la confluencia con el rio Chotano), probablemente por la acumulación materiales contaminantes y presencia de alta carga orgánica, solidos suspendidos y de iones provenientes de sales inorgánicas (Silva, 2016).

En el tercer muestreo realizado en época de lluvia (noviembre), los valores de la conductividad eléctrica es mayor respecto los otros muestreos, posiblemente por la diferencia de caudal con respecto a los muestreos anteriores y este, sumado a la intensidad de corriente, facilitan la dilución de los agentes contaminantes evitando que esta diferencia sea notoria y estadísticamente perceptible (Cabrera, Pacheco y Coronado, 2008).

En general las tendencias del comportamiento de la conductividad son similares a los reportados por Chalarca, Mejía y Aguirre (2007), quienes mencionan que en los meses de marzo y abril (considerado periodo de aguas bajas para esa zona), la conductividad media fue de 70,02 y 70,37 µS/cm respectivamente, considerada alta debido a que la época de aguas bajas, las concentraciones de iones se incrementan posiblemente por el aumento en las tasas de descomposición de la materia orgánica. Mientras que, en el mes de abril, la resuspensión de los sedimentos por parte de las lluvias aumentan su concentración.

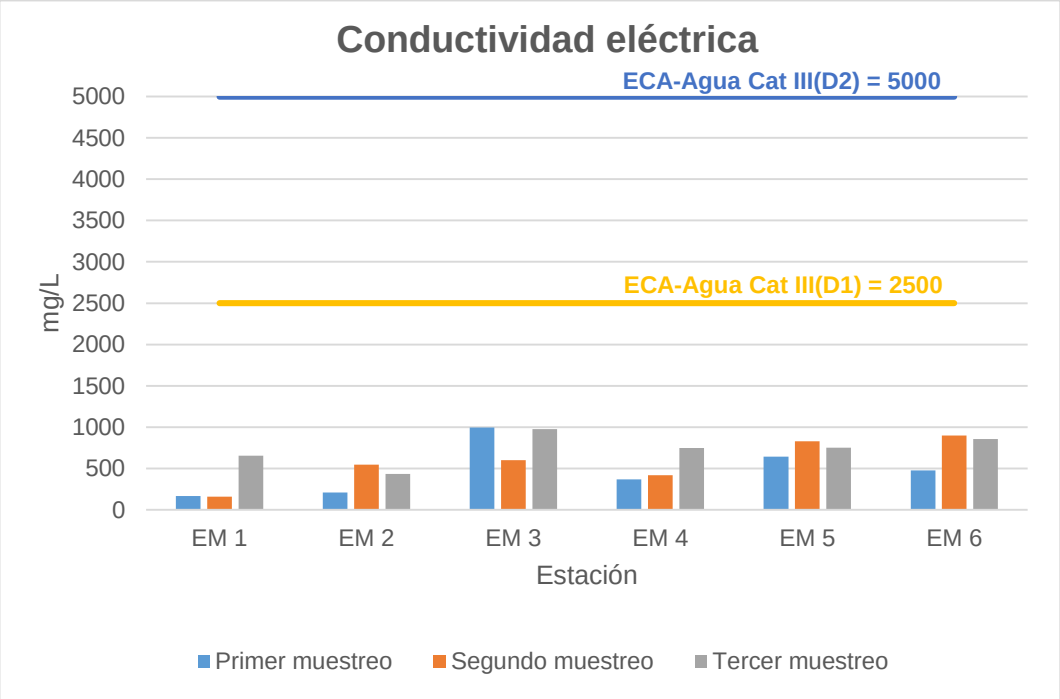


Figura 13. *Gráfico de CE correspondiente a los tres muestreos.*

Oxígeno disuelto

En la Figura 14 se presenta los valores obtenidos de oxígeno disuelto en la quebrada Colpamayo en distintas épocas del año. En general en la época de estiaje los niveles de oxígeno en el agua son menores, mientras que en las épocas lluvia y en la transición estiaje a lluviosa aumentan, esto se debe a que el oxígeno disuelto está relacionado con la temperatura a mayor temperatura será menor la cantidad de oxígeno en el agua debido a la liberación de este al medio ambiente y la aceleración de los procesos biológicos que consumen OD (Teves, 2016). También el incremento en la

concentración de OD en todas las estaciones en el tercer muestreo se debe al aumento en la precipitación durante la época lluviosa, ocasiona un incremento en el caudal del río (efecto de dilución), que aunado a la disminución de la temperatura promedio y la limpieza del lecho del río por las fuertes corrientes que movilizan los contaminantes, explican el aumento en el OD (Mena, Salgado, Benavides, Vega y Coto, 2016). Los tres muestreos evidencian una gran variación de acuerdo a la época en la que se realizó, solo la EM 1 sobrepasa en los tres muestreos la concentración mínima de OD establecida por el ECA para agua - Categoría III (D1 y D2).

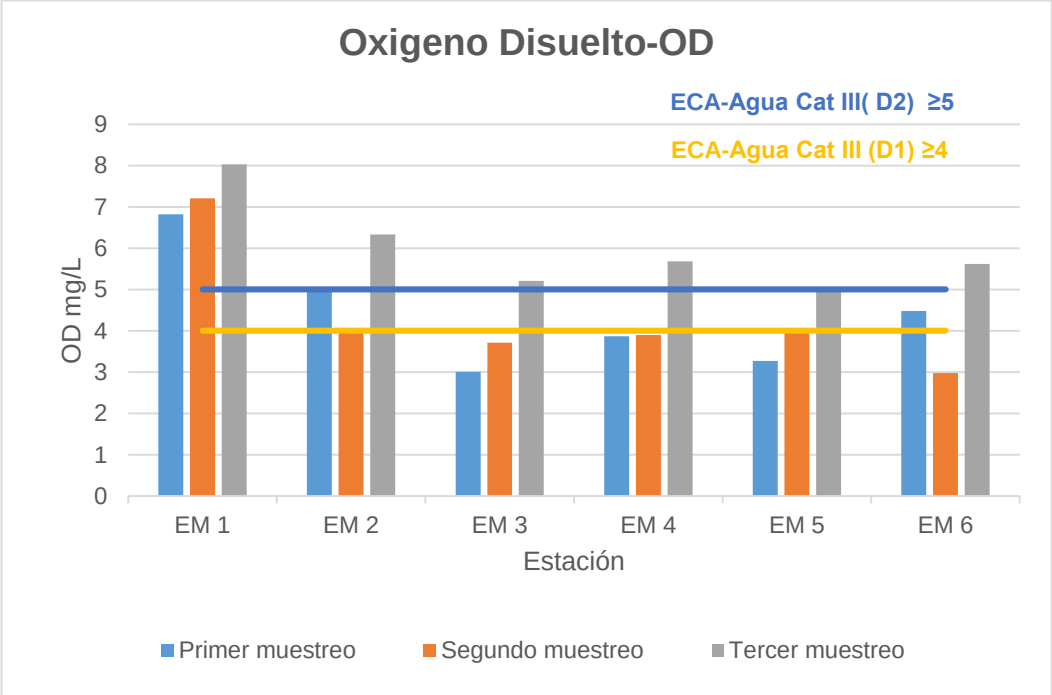


Figura 14. *Gráfico de OD correspondiente a los tres muestreos.*

A partir del ingreso de la quebrada Colpamayo en zonas más pobladas (EM 2) se nota la reducción en el oxígeno disuelto, presentándose la zona más crítica entre la EM 3 a EM 6 que en época de estiaje y transición estiaje a lluvia las concentraciones de oxígeno disuelto están por debajo del ECA – Agua Cat. III (D2). La figura 14 también muestra las concentraciones de OD de las aguas de la quebrada Colpamayo en el primer y segundo muestreo, estas disminuyen desde la estación EM 2 hasta la estación EM 6 debido a que en la quebrada se vierten residuos sólidos y aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, la adición puntal de estos residuos generan un

alto grado de contaminación por materia orgánica como evidencia los resultados obtenidos de DBO_5 y DQO (ver Figuras 15 y 16) que superan los ECAs para agua - Categoría III. El alto contenido de materia orgánica, la eutrofización y la contaminación por sustancias químicas disminuye circunstancialmente el OD en los cuerpos de agua, afectando seriamente la vida de los peces y otras especies acuáticas que allí estén presentes (Forero, 2015).

Demanda bioquímica de oxígeno

Al observar la Figura 16 se aprecia que en el primer y segundo muestreo la concentración de DBO_5 es mayor al tercer muestreo. La concentración de este parámetro en dos estaciones de muestreo (EM 3 y EM 5) están muy por encima del ECA – Agua Cat. III. El valor más alto registrado 41 mg/L corresponde al segundo muestreo y en la estación EM 3, este valor representa un alto grado de contaminación proveniente del vertimiento de efluentes del camal municipal de la ciudad de Chota el cual aumenta la carga orgánica y disminuyen la concentración de oxigeno de la quebrada, en la estación EM 5 hay una elevada concentración ya que cercano a estación se realiza la descarga de aguas residuales de gran parte de la población de la ciudad de Chota. según IMARPE (2010, citado por Trujillo y Guerrero, 2015); los valores elevados de DBO_5 indican una alta concentración de materia biodegradable, tal es así que para aguas contaminadas con descargas de aguas residuales obtienen valores mayores de 8 mg/L de oxígeno.

Los valores de DBO_5 en la estación de muestreo EM 1 no superan al ECA – Agua Cat. III, al igual que los valores del primer y tercer muestreo en de la estación EM 2 y el valor del tercer muestreo en la estación EM 6.

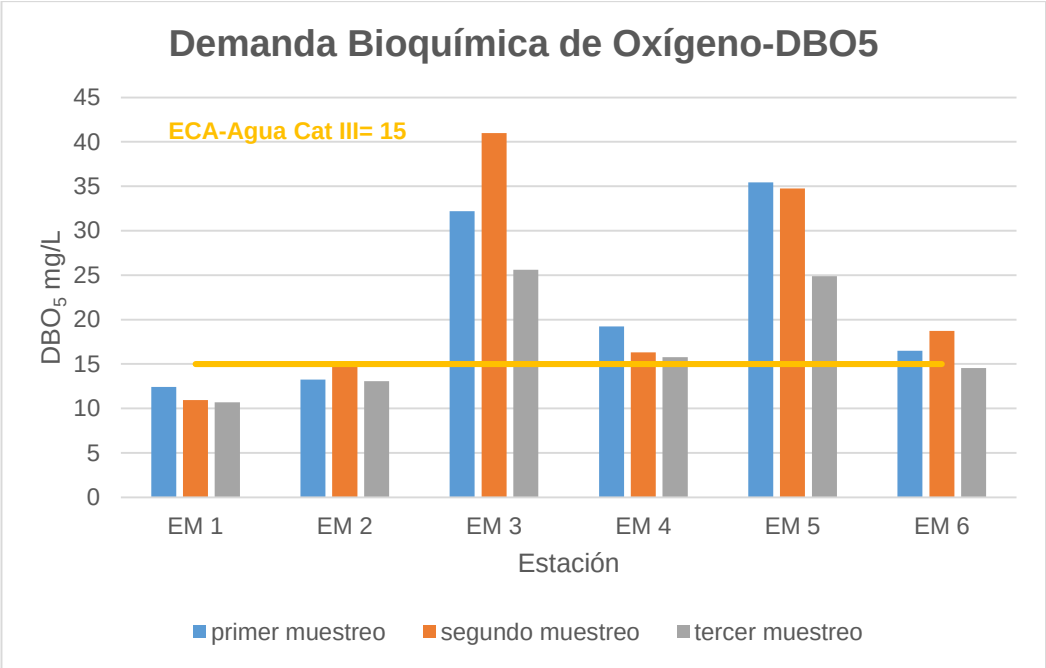


Figura 15. *Gráfico de DBO_5 correspondiente a los tres muestreos.*

En la estación EM 4 se observa una disminución en la concentración de DBO_5 esto debido a la reaireación en el recorrido y la autodepuración que tienen los ríos y quebradas para absorber o asimilar las diferentes cargas contaminantes que recibe en su recorrido natural (Duarte, Pico y Estupiñán, 2017).

Demanda química de oxígeno

Los resultados en las estaciones EM 1 y EM 2 en los tres muestreos se encuentran por debajo ECA para agua – Cat. III (15 mg/L).

Al analizar el parámetro de demanda química de oxígeno (DQO), se encontró un valor máximo de 78. 43 mg/L en la estación EM 3 y un valor mínimo de 20 mg/L ambos resultados en el primer muestreo (ver Tabla 3).

Al observar la Figura 16 se aprecia los valores de las estaciones EM 3, EM 4, EM5 y EM 6; todas sobrepasan en el primer y segundo muestreo el ECA para agua – Cat. III (15 mg/L) y que las estaciones EM 4 y EM 5 se encuentran por debajo de este. Las concentraciones de DQO tienen variaciones en las estaciones antes mencionadas.

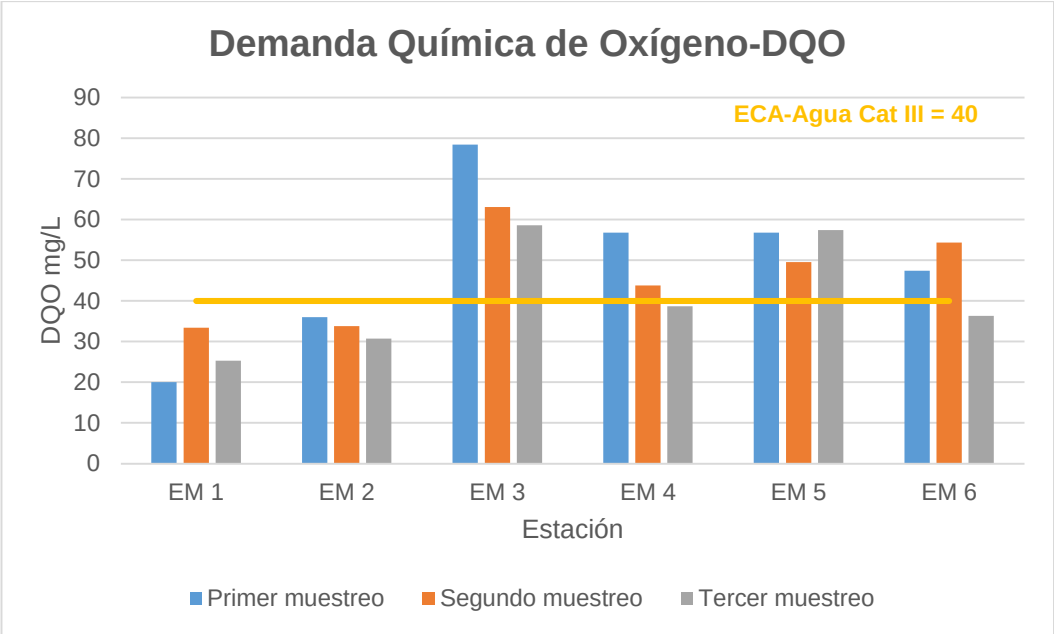


Figura 16. *Gráfico de DQO correspondiente a los tres muestreos.*

La variación entre los valores observados en la Figura 16, están de acuerdo a la época y estación de muestreo de las aguas de la quebrada Colpamayo; así mismo, Los valores de este estudio se muestran muy elevados debido a que la quebrada se encuentra a las afueras de la ciudad de Chota y es impactada a gran escala por la descarga aguas residuales domesticas e industriales, obteniendo así como consecuencia, una reducción del oxígeno en el área generando un severo impacto en la flora y fauna de este ya que estas aguas son utilizadas en la agricultura y ganadería (Ramos, 2017) . Mejía (2006, citado por Bolaños et al., 2015) señala que un agua con un DQO mayor a 200 mg/L son clasificadas como fuertemente contaminadas y se consideran como aguas superficiales con un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Al observar las Figuras 15 y 16 se puede apreciar que los valores de DBO_5 son menores a los valores de DQO, esto se debe a que la demanda química de oxigeno oxida toda la materia orgánica tanto de origen biológico como de origen sintético; en cambio la demanda bioquímica de oxigeno solo permite determinar la fracción biodegradable de la materia orgánica presente en una muestra (López, 2013; Mejía y Perez, 2016).

Bicarbonatos

El contenido bicarbonato en el agua, depende del equilibrio entre la cantidad de dióxido de carbono y la disolución de rocas carbonatadas o calcáreas presentes en el río (Tevez, 2016).

Lo valores de bicarbonato en la quebrada Colpamayo son muy variados, aunque todos los valores están por debajo de los límites del ECA para agua – Categoría III (ver Figura 17).

En el tercer muestreo y en punto EM 1 se evidencia el valor más alto (512 mg/L), debido a que este se realizó en época de lluvias donde existió una gran influencia de la descomposición y lavado de rocas calizas presentes a lo largo de la quebrada que hacen que parte del carbonato que contienen pase al agua (Sánez y Trujillo, 2014) y el arrastre de partículas de arena.

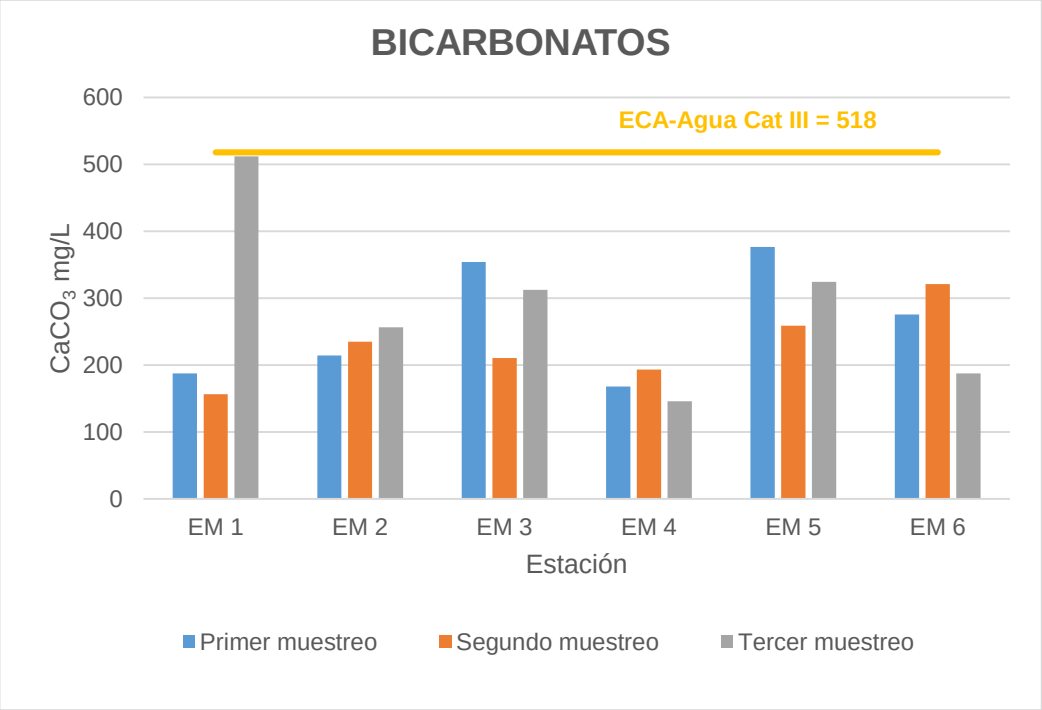


Figura 17. *Gráfico de bicarbonatos correspondiente a los tres muestreos.*

4.2.2. Parámetros Microbiológicos

Escherichia coli

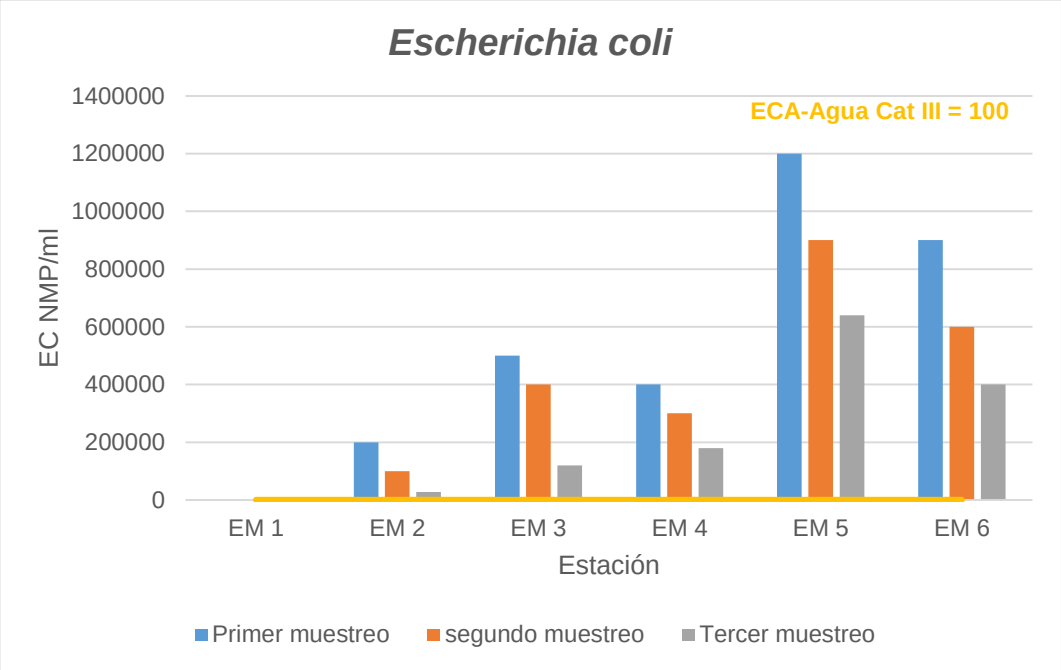


Figura 18. *Gráfico de Escherichia coli correspondiente a los tres muestreos.*

Las concentraciones de *Escherichia coli* en relación a las estaciones de muestreo, pusieron de manifiesto que 5 estaciones (EM 2, EM 3, EM 4, EM 5 y EM 6) sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua Cat. III, con valores extremadamente altos, esto se debe a la existencia de puntos de contaminación de origen humano urbanístico (vertederos de aguas residuales urbanas domésticas y aguas servidas provenientes del camal municipal del distrito de chota), a lo largo de la quebrada; según Harrigan (como se citó en Martínez, Fonseca, Ortega y García, 2009) afirma que, "en análisis de agua, la presencia de *Escherichia coli* indica contaminación fecal", esto evidencia que en estas aguas se descargan vertidos con ese tipo de contenido ; lo que no sucedió con la estación muestreo numero 1 (EM 1), esta no presento contaminación por *Escherichia coli*, encontrándose dentro de los ECAs para Agua Categoría III; esto se debe a que la EM 1 se encuentra en una zona con actividad antrópica urbana no considerable, donde no existen puntos de contaminación aguas arriba, según Fernández (1996) afirma que los

asentamientos humanos formando poblados y ciudades medianas y grandes, traen consigo la transformación y modificación de la naturaleza, esto quiere decir que a menor concentración de asentamientos humanos será menor la contaminación que estos generen en los cuerpos de agua (ríos).

Manifestando el índice de contaminación más alto durante los tres muestreos, la EM 5 con valores de 12.10^5, 9.10^5 y 64.10^4 para el primer, segundo y tercer muestreo respectivamente, esto se debe a que 150m aguas arriba de esta estación existe un efluente de descarga de aguas residuales urbanas domesticas del distrito de Chota y 200m existe un segundo, además a esta estación se une la pluma de contaminación producida por el vertido de aguas servidas del camal municipal y el vertido directo de desagües de viviendas aguas arriba, según Rock y Rivera (2013) dice que "la presencia de *Escherichia coli* en el agua es una fuerte indicación de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales" p.2, esto muestra que las descargas de aguas residuales y del camal aportan gran cantidad de *Escherichia coli* a la quebrada; seguida de la EM 6 con valores de 9.10^5, 6.10^5 y 4.10^5 para el primer, segundo y tercer muestreo respectivamente, esto se debe a que la estación está ubicada en el punto final de la quebrada, donde la pluma de contaminación producida por todos los puntos contaminantes originada aguas arriba se van acumulando y llegan concentrados, debido al recorrido que hace.

El índice de contaminación media corresponde a la estación EM 3 con valores de 5.10^5, 4.10^5 y 12.10^4 para el primer, segundo y tercer muestreo respectivamente, esto se debe a que esta se ubica a 200 metros aguas abajo del efluente de descarga de aguas residuales del camal municipal del distrito de chota, según Añazco (2013), afirma que la bacteria *Escherichia coli* se asocia solamente con la materia fecal de animales de sangre caliente, esto demuestra que el "Camal Municipal", es un importante aportador de esta bacteria a la quebrada; los valores inferiores corresponden a las estaciones EM 4 y EM 2 con 4.10^5, 3.10^5, 18.10^4 y 2.10^5, 1.10^5, 28.10^3 para el primer, segundo y tercer muestreo

respectivamente, estos valores de contaminación en la EM 4, se deben a que está ubicada en un tramo de la quebrada donde llega la pluma de contaminantes acumulada, de los puntos contaminación ubicadas aguas arriba y los índices de contaminación correspondientes a la EM 2, se debe a que este está ubicado aguas abajo de una zona donde arrojan residuos sólidos y la descarga de un efluente de aguas residuales urbanas del distrito de chota.

La estación que no presento contaminación es la EM 1, porque aguas arriba de esta, no hay puntos de contaminación considerables.

La concentración de Escherichia coli en relación al número de muestreos sigue un patrón de variabilidad espacio-temporal, la mayor contaminación se evidencio, en el primer muestreo, realizado en el mes de Junio, considerado por datos climatológicos, como época de estiaje; esto se debe a que en esta época el caudal de la quebrada es mínimo, según Johnson (2012); la contaminación microbiana es importante en los acuíferos poco profundos y de menor caudal en donde pueden mostrarse cambios significativos en la calidad de agua; seguida del segundo muestreo realizado en el mes de septiembre, considerada como época de transición de estiaje a lluvia, donde se evidencia el aumento del caudal de la quebrada, debido a la presencia de precipitaciones, por lo tanto, sería mayor la dilución de la pluma contaminante, en relación a la época de estiaje; la menor contaminación se evidencio en el tercer muestreo realizado en el mes de noviembre considerada por datos climatológicos época de lluvia o de máxima avenida, donde el caudal fue máximo, esto se debe a que la concentración del contaminante (*Escherichia coli*) es dispersada con mayor rapidez y facilidad, debido al incremento en caudal, volumen y movimiento de las aguas, que presenta la quebrada, Según Ruíz (2008) al haber aumento de caudal en un rio, provocaría una disminución significativa de la contaminación en la fase disuelta.

Coliformes termotolerantes

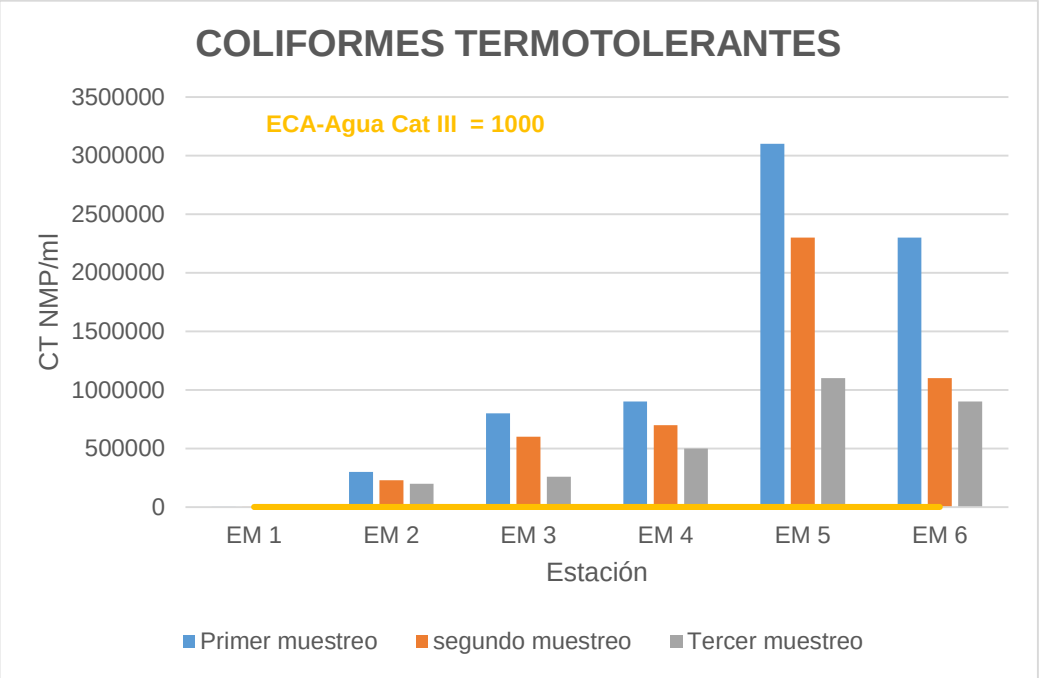


Figura 18. *Gráfico de coliformes termotolerantes correspondiente a los tres muestreos.*

Los índices de concentración de Coliformes termotolerantes en relación a las estaciones de muestreo de evaluación, pone de manifiesto que 5 estaciones (EM 2, EM 3, EM 4, EM 5 y EM 6) en los tres muestreos realizados, superan los valores con cifras extremadamente altos, a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua Categoría 3, quien establece que no deben de sobrepasar los 1000 NMP/100ml, según Larrea, Rojas, Romeu, Rojas y Heydrich (2013) afirman que la presencia de estos microrganismos indican la existencia contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen Coliformes termotolerantes que están presentes en la microbiota intestinal, esto quiere decir que los principales aportantes de contaminación en la quebrada Colpamayo son el vertido de aguas residuales doméstica, el vertido de aguas residuales del camal municipal del distrito de Chota y las descargas de aguas residuales por la población asentada a la rivera directamente a la quebrada, según Añazco (2013) dice que en este proceso de contaminación fecal intervienen las poblaciones asentadas en la ribera de los ríos que contaminan el agua a lo largo de su recorrido; lo que no sucedió con la EM 1 que evidencio

presencia de Coliformes termotolerantes que no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua Categoría 3, quien establece que loa concentración no deben de ser superior a los 1000 NMP/100ml.

Los índices de contaminación más elevados se evidenciaron en las estaciones de muestreo EM 5 con valores de 31.10^5, 23.10^5 y 11.10^5 para el primer, segundo y tercer muestreo respectivamente, la predominancia en contaminación de la EM 5 en relación a las otras, se debe a que, 150m aguas arriba, existe un efluente de aguas residuales domésticas que vierten sus aguas sin tratamiento previo de la zona urbana del distrito de Chota y a 200m existe un segundo efluente, según Narvaez, Gomez y Acosta (2008) dice que, la concentración de Coliformes termotolerantes en cuerpos de agua, son influenciadas principalmente por la descarga directa de residuos domésticos de las poblaciones que no cuentan con un sistema de saneamiento adecuado para la eliminación de sus desechos, en este caso, el tamaño de las poblaciones es un factor determinante en la contaminación significativa de la calidad sanitaria del cuerpo de agua, esto refleja la incidencia de contaminación que producen las descargas de aguas residuales domesticas en la quebrada; seguida de la EM 6 con valores de 23.10^5, 11.10^5 y 9.10^5, el grado de contaminación de esta estación, está influenciada por la acumulación de todos los puntos de contaminación originados aguas arriba.

El valores medios de contaminación por Coliformes termotolerantes corresponden a la EM 4 con valores de 9.10^5, 7.10^5 y 5.10^5, este índice de contaminación se da principalmente por la acumulación de contamines originados aguas arriba, que llegan hasta esta estación por el recorrido que hacen sus aguas; seguida de la EM 3 con valores de 8.10^5, 23.10^4 y 26.10^4, este índice de contaminación se debe a la existencia de un efluente a 200 metros, que vierte las aguas residuales directamente a la quebrada, sin tratamiento previo, del Camal Municipal del distrito de Chota.

Los valores inferiores obtenidos pertenecen a las estaciones EM 2 con valores de 3.10^5, 23.10^4 y $2.10^{4,}$ estos valores de concentración se debe a

que este está ubicado aguas abajo de una zona donde arrojan residuos sólidos y la descarga de un efluente de aguas residuales urbanas del distrito de chota; seguida de la EM 1 con valores de 4.10^2, 8.10^2 y 5.10^2, quien presento menor índice de contaminación, encontrándose dentro de Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua Categoría 3, esto se debe a que aguas arriba de este no existen puntos de contaminación significativos que alteren la calidad de agua de esta estación.

La concentración de Coliformes termotolerantes, en relación al número de muestreos sigue un patrón de variabilidad espacio-temporal al igual que las concentraciones de *Escherichia coli*, la mayor contaminación se evidencio, en el primer muestreo, realizado en el mes de Junio, considerada como época de estiaje, donde el caudal de la quebrada es mínimo, por lo tanto la calidad de agua de la quebrada es menor en relación a los otros muestreos; los índices menores de contaminación se registraron en el tercer muestreo realizado el mes de Noviembre, considerada por datos climatológicos como época de lluvia o de máxima avenida, donde el caudal fue máximo, esto evidencia que al haber mayor caudal mayor será la dispersión y se evidenciara menor contaminación en un cuerpo de agua, según Repetto y Matto (1999) dicen que la importancia del caudal se debe a que influye en la dilución de los contaminantes y condiciona la calidad del agua de los ríos; el índice de contaminación media corresponde al segundo muestreo realizado en el mes de septiembre, considerada como época de transición de estiaje a lluvia, donde se evidencia el aumento del caudal no considerable de la quebrada, debido a la presencia de precipitaciones, donde hay mayor dispersión del contaminante en relación a la época de estiaje, pero menor en relación a la época de máxima avenida.

Conclusiones

El Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, fueron las variables fisicoquímicas que superaron en cinco de los seis puntos de monitoreo los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, asociándose este hecho a los focos de contaminación y vertimiento de aguas residuales domesticas e industriales generadas a lo largo de la quebrada Colpamayo.

De los parámetros microbiológicos, los Coliformes termotolerantes y la *Escherichia coli,* solo en EM 1 los resultados son bajos y están dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, en los demás puntos se evidencian valores muy altos, que sobrepasan los Estándares, presentándose valores extremos en EM 3 y EM 5, relacionado con las descargas de efluentes de aguas residuales domesticas e industriales existentes a lo largo de la quebrada.

Recomendaciones

Debe evitarse usar el agua de la quebrada Colpamayo para fines agropecuarios, y mucho menos para actividades humanas, debido a la existencia de una excesiva contaminación en toda la quebrada, evidenciada en los elevados valores de los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría III.

Las autoridades responsables deben erradicar las descargas directas de aguas residuales domesticas e industriales hacia la quebrada Colpamayo, y plantear medidas para la recuperación de la microcuenca en cuestión, debido a que existe una dependencia de uso de esas aguas por parte de la población.

Referencias Bibliográficas

3M ™. (2006). *Placas Petrifilm para el Recuento de Coliformes*. 3M Microbiology, Ciudad de Mexico.

Acosta, G. (2015). Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(2), 119-144.

Ahiarakwem, C. A., & Onyekuru, S. O. (2011). A comparative assessment of the physico-chemical and microbial trends in Njaba River, Niger Delta Basin, Southeastern Nigeria. *Journal of Water Resource and Protection*, *3*(09), 686.

Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). Escherichia coli in Europe: an overview. *International journal of environmental research and public healt*h, 10(12), 6235-6254.

American Public Health Association. (1998). Water pollution control federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, *19*.

Añazco, J. (2013). *Contaminación microbiológica fecal del río Tumbes, desde Rica Playa hasta su desembocadura abril-diciembre 2004* (tesis de postgrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de los recursos hídricos superficiales*. Lima.

Bolaños, J., Montero, N., Nazareth, R., y Sánchez, A. (2015). Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual, 15*(25), 61-76.

Boluda, N. (2014). *Determinación de párametros en aguas implicadas en procesos de desalación.* Alicante: Universidad de Alicante.

Cabrera, A., Pacheco, J. y Coronado, V. (2008) Presencia de organismos coliformes fecales en el agua subterránea de una granja porcícola en el Estado de Yucatán*. Revista académica de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán* [en línea] Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexi co11/as-13.pdf

Calderón , F., y Pavlova, M. (9 de Mayo de 2007). *Determinacion de la demanda bioquimica de oxigeno DBO5 metodo respirometrico.* Bogota, Colombia.

Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.

Chalarca, D., Mejía, R., y Aguirre, N. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *Revista Facultad de Ingeniería, 40*, 41-58*.*

Chávez, J., Leiva, D., y Fernando, C. (2016). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río Shocol, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas. INDES. *Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 2*(1), 62-70.

Duarte, C., Pico, G., y Estupiñán, R. (2017). Determinación de la capacidad de autodepuración en un tramo del río Fonce en San Gil con base en el balance de oxígeno disuelto. *Revista Matices tecnológicos*, *6*.

Fernández, M. (1996). *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina*. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Lima.

Forero, G. (2015). Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(2), 119-144.

Frías, T, & Montilla, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú*. *2014 -2015* (tesis de grado). Universidad Científica del Perú, San Juan, Perú.

González, M. (2015). *Estandarización de las metodologías para el análisis de ph, alcalinidad y turbidez en muestras de agua potable en el laboratorio de la Asociación Municipal de Acueductos Comunitarios de Dos quebradas (amac)* (tesis de grado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras-Conductividad. *Red de Monitoreo de Ambiental Participativo (RED MAPSA)*. Uruguay.

Johnson, P. (2012). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica en las cuencas del Río Porcón y Río Grande, Cajamarca-Perú, entre Noviembre del 2011 y Febrero del 2012* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Larrea, J. A., Rojas, M. M., Romeu, B., Rojas, N. M., y Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, *44*(3).

Legarda, N., Quintero, O, y Ramirez, N. (2009). Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. *Producción Más Limpia*, *4*(1).

López, L. (2013). *Calidad del agua superficial en Latinoamérica*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

López, L. (2013). *Evaluación del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta para la localidad de Cosautlán de Carvajal, Veracruz* (tesis de postgrado), Universidad Veracruzana, México.

Martínez, R., Fonseca G., Ortega S., y García, C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, *8*(1).

Mazzucchelli, M. (2016). *Diagnóstico físico - químico y microbiológico del área serrana del arroyo Napaleofú. Tandil.* Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata .

Mejía, F., & Perez, K. (2016). *Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante biodigestor pre fabricado en la subestación eléctrica Cotaruse-Apurímac* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria laMolina, Lima, Perú.

Mena, L., Salgado, V., Benavides., Vega, Ll., y Coto. (2016). *Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío Quebrada Seca, Heredia.* Indicadores Recurso Hídrico. Observatorio Ambiental.

Minaya, R. (2017). *Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016* (tesis de grado). Universidad de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2017). *DS 004. Etandares de Calidad Ambinetal Agua.* MINAM. Lima.

Molina, J., & Castro, F. (2015). *Determinacion de la calidad del agua mediante parametros fisicos quimicos y microbiologicos en la micro cuenca quebrada La Estancia en Gonzales, Cesar* (tesis pregrado, Universidad Fransisco De Paula Santander Ocaña , Colombia.

Narvaez, S., Gomez, M., y Acosta, J. (2008). Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, *13*(3).

Olivas, E., Flores, J., Serrano, M., Soto, E., Iglesias, J., Salazar, E., y Fortis, M. (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al río bravo. *Terra latinoamericana*, *29*(4), 449-457.

Ortiz, J. C., Tafur, D. L., y Corroto, F. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas. *Ciencia Amazónica:(Iquitos), 6*(1), 16-27.

Patil, P. N., Sawant, D. V., & Deshmukh, R. N. (2012). Physico-chemical parameters for testing of water-A review. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1194.

PLÚAS, M. (2015). *Calidad de agua de consumo humano en el proceso de captación, tratamiento, distribución y consumo en la parroquia Venus del Río Quevedo del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos* (Tesis doctorol) Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Pullés, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 45* (1), 25-36.

Raffo, E. (2013). Tratado del agua y la legislación peruana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, *16* (2), 106-117.

Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, 17* (2), 71-80.

Repetto, E. y Matto, C. (1999). *El agua una sustancia diferente e indispensable.* Editorial Taravilla.Madris-España.340 pp.

Rock, C. y Rivera B. (2013). Seguimiento de Origen Microbiano: Caracterización de cuencas e identificación de origen. *College of Agriculture and Life Sciences*, University of Arizona (Tucson, AZ).

Rueda, Y., y Casayan, M. (2015). *Verificacion del metodo determinacion de demanda quimica de oxigeno en agua residual, en el laboratorio*

multiproposito de Calarca S.A Esp. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.

Ruíz, C. (2008). *La calidad del agua de los ríos Tinto y Odiel. La calidad del agua de los ríos Tinto y Odiel. Evolución temporal y factores condicionantes de la movilidad de los metales* (tesis doctoral) Universidad de Huelva, Huelva, España.

Sánez, M., L. J., Vera, T., A, J. (2014). *Efecto de la concentración de ácido nítrico del lavado ácido en la eficiencia de remoción de carbonatos del proceso carbón en columnas* (tesis de pregrado para obtar el titulo de Ingeniero quimico). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

Silva, N. (2016). Evaluación de parámetros físico-químicos del agua en el proceso de potabilización del río Subachoque. Tecnogestión, 13(1).

Teves, B. (2016). *Estudio fisicoquimico de la calidad del agua del rio Cacra, region Lima* (Tesis para optar el grado de Magister en Química). San Miguel. Perú.

Trujillo, G., y Guerrero, A. (2015). Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *REVISTA REBIOL*, *35*(1), 23-33.

Tshibanda, J. B., Devarajan, N., Birane, N., Mwanamoki, P. M., Atibu, E. K., Mpiana, P. T., ... & Poté, J. (2014). Microbiological and physicochemical characterization of water and sediment of an urban river: N'Djili River, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, *3*, 47-54.

Weather Spark (2017). *El clima promedio en Chota Perú. Cedar Lake Ventures, Inc. Minneapolis*

Zhen-Wu, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria,*

Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008 (tesis de postgrado). Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

Anexos

- Cuadro del presupuesto asignado y aprobado con resolución.
- Constancia de conformidad de las rendiciones económicas por la Oficina General de Economía de la UNACH.
- Fotografías, tablas.

Fotos 1 y 2: Medición de parámetros de campo por el equipo de investigación.

Fotos 3 y 4: Recolección de muestras en la quebrada Colpamayo.

Foto 5: Dilución de muestras para análisis de DQO, laboratorio de la UNACH.

Foto 6: Digestión de muestras en termoreactor, análisis de DQO.

Foto 7: Botellas Oxi Top para realizar el análisis de DBO_5.

Foto 8: Análisis de Bicarbonatos por método de titulación.

Foto 9: Procesamiento de muestras para análisis de *E. Coli* y coliformes termotolerantes.

Foto 10: Procesamiento de muestras para análisis de *E. Coli* y coliformes termotolerantes.

Foto 10: Cuantificación de colonias de *E. Coli* y coliformes termotolerantes.

Foto 10: Equipo de investigación luego haber realizado el muestreo de aguas de la quebrada Colpamayo, Chota.

TABLA 1: Requisitos para toma de muestras de aguas y su manipulación.

Parámetro	Material del frasco[2]	Volumen requerido	Conservación/ preservación	Tiempo máximo para análisis
pH	determinación en campo			
Temperatura	determinación en campo			
Conductividad	determinación en campo			
Oxígeno disuelto		Determinación en campo		3 meses
DBO_5	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
DQO	P o V	200 mL	Agregar H_2SO_4 hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días
Bicarbonatos	P	1000 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Coliformes termotolerantes	V	20 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
E. Coli	V	250 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas

V (Vidrio); P (Plástico); V(A) o P(A) = lavado con 1 + 1 HNO3; V(D)=lavado con acetona luego hexano. Fuente: Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016).

TABLA: 2 Ficha de recolección de datos en campo

N° Estación	Origen de la Fuente	Descripción del Puento de Muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y Hora de Muestreo	T °C	pH	STD mg/L	OD mg/L	Conductividad umhos/cm	Coordenadas UTM Este	Coordenadas UTM Norte	Observaciones

Fuente: Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016).