

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CONTAMINACIÓN MICRO BIOLÓGICA Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS DE AGUA EN LA QUEBRADA
“KUSHURO” – TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

Presentado por:

MELVIN WILFREDO LEVEAU FRETTEL

2013

DEDICATORIA

A mis padres Melvin y Juana:
por el amor, esfuerzo y
perseverancia con sus hijos.

A mis hermanos: Carlos y Teodoro, por
su cariño y comprensión.

A mi futura esposa y compañera en esta
vida que empezamos juntos Gabriela,
por su amor y apoyo incondicional.

A mis queridos amigos Juanita, Juan
Carlos y Davy junto con todas las
personas que me apoyaron para la
realización del presente trabajo de
investigación.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por darme la vida y/o salud para poder permitirme culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por contribuir en mi carrera profesional.

Al Ing. Ricardo Chávez Asencio, asesor de este trabajo de investigación.

A los jurados de tesis: Ing. José Lévano Crisóstomo, Mblgo. M.Sc. Cesar Samuel López López, Ing. Tania Lopez Vejarano por sus oportunas sugerencias.

Al Ing. MS.c. Luis Eduardo Oré Cierto, por sus aportes durante todo el trabajo de investigación.

A mi hermano Carlos, a mis amigos Davy y Richard por su colaboración para poder realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Importancia del agua.....	5
2.3. Manejo del agua en el Perú,,,,,,.....	7
2.3.1. Cursos de agua.....	8
2.3.2. Zonas costeras.....	8
2.4. Calidad de agua.....	9
2.4.1. Indicadores de calidad de agua.....	10
2.4.1.1. Indicadores fisicoquímicos.....	10
2.4.1.2. Indicadores biológicos.....	15
2.5. Protección del agua.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Ubicación.....	17
3.1.1. Condiciones climáticas.....	17
3.1.2. Ecología.....	17
3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. De campo.....	18
3.2.2. De colección y muestreo.....	18

3.2.3. De laboratorio.....	18
3.2.3.1. Materiales.....	18
3.2.3.2. Equipos.....	18
3.2.3.3. Insumos.....	18
3.3. Métodos de análisis.....	19
3.3.1. Ubicación de las Zonas de muestreo.....	19
3.3.2. Toma y almacenamiento de muestra.....	19
3.3.3. Parámetros de estudio.....	20
3.3.4. Parámetros microbiológicos.....	20
3.3.4.1. Enumeración de bacterias coliformes.....	20
3.3.4.2. Determinación de <i>Escherichia coli</i>	20
3.3.4.3. Enumeración de m.o. aerobios viables.....	20
3.3.4.4. Enumeración de mohos y levaduras.....	21
3.3.5. Parámetros fisicoquímicos.....	21
3.3.5.1. Determinación de DBO ₅	21
3.3.5.2. Determinación de DQO	21
3.3.5.3. Determinación de oxígeno disuelto.....	21
3.3.5.4. Determinación de sólidos suspendidos totales.....	21
3.3.5.5. Determinación del pH	21
3.3.6. Determinación de los Caudales.....	22
3.3.7. Diseño Experimental.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Parámetros microbiológicos.....	23
4.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.	23
4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	30

4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos...	30
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. ABSTRACT.....	42
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43
ANEXO.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto.....	11
2. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.....	23
3. Parámetros fisicoquímicos de las quebradas.....	31
4. Índice de Numero Más Probables (NMP).....	49
5. Parámetros de calidad de agua de acuerdo a la OMS	50
6. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de acuerdo a ley.....	51
7. Control de parámetros microbiológicos.....	52
8. Control de parámetros fisicoquímicos.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Números de microorganismos aerobios viales y E. coli.....	24
2. Número más probables y numero de mohos y levaduras.....	25
3. Caudal, pH, solidos totales y temperatura.....	32
4. Comportamiento de la OD, DQO y DBO ₅	33
5. Comportamiento de la OD, DQO y DBO ₅ en funcion de epocas.....	35
6. Comportamiento de la OD, DQO y DBO ₅ en funcion de meses.....	36
7. Comportamiento del calcio, aluminio y hierro.....	38
8. Muestreo para análisis de agua zona I.....	54
9. Muestreo para análisis de agua zona II.....	54
10. Muestreo para análisis de agua zona III.....	55
11. Preparación de muestras microbiológicas.....	55
12. Muestras de enumeración de mohos y levadura.....	56
13. Preparación de muestras microbiológicas.....	56
14. Lectura de minerales.....	57
15. Lectura de minerales.....	57
16. Mapa de ubicación política.....	58

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos determinar los parámetros de contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de la Quebrada "Kushuro" en la ciudad de Tingo María. La metodología empleada fueron los siguientes: ubicación de la zona de muestreo, toma y almacenamiento de muestra, parámetros en estudio: los parámetros microbiológicos que se basó en determinación del número más probable (NMP) de coliformes, enumeración de microorganismos aerobios viables (NMAV), determinación de *E. coli* y enumeración de mohos y levaduras (NML), y para los parámetros fisicoquímicos fueron la determinación de sólidos totales, potencial hidrogeno (pH), caudal, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), temperatura, minerales.

Las zonas de la quebrada Kushuro en lo que respecta a NMAV para la Zona I: 1.8×10^4 ufc/ml, Zona II: 6.325×10^4 ufc/ml, y Zona III: 14.35×10^4 ufc/ml; el NMP de coliformes, la Zona I: 1002.5 mo/ml, Zona II: 4425.00 mo/ml y Zona III: 11750.00 mo/ml; los NML la Zona I: 1.75×10^3 ufc/ml, Zona II: 7.00×10^3 ufc/ml, y Zona III: 11.00×10^3 ufc/ml. En lo referente a parámetros físicos-químicos: pH, sólidos totales, temperatura, calcio, aluminio, hierro, las aguas de la quebrada Kushuro muestreadas están dentro de los límites máximos permisibles. La quebrada Kushuro tiene el OD en promedio de 6.09 mg/l, el DBO₅ en promedio de 6.09 mg/l, y el DQO en promedio de 6.09 mg/l. por lo tanto las aguas de las quebradas por estar fuera de los límites máximos permisibles con respecto a los parámetros microbiológicos no son aptas para el consumo.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los sistemas ambientales es un problema que se ha venido agravando en las últimas décadas en el Perú y el mundo. Sin embargo, en la práctica, es poco lo que se ha hecho para reducir dicha contaminación a niveles permitidos (OMS, 2001), ya que el consumo de los alimentos aumenta cada año. La contaminación ambiental es de preocupación mundial, debido a los elevados niveles de residuos generados al ambiente.

La vida empieza en el agua, las cuales son depósito de calor y fuente de frío, transporte de los alimentos a cada célula del cuerpo, ascendiendo a las plantas por osmosis y capilaridad, es un gran conductor de la electricidad y materia prima para la formación de todas las plantas. El agua es parte esencial de los seres vivos: hombre, animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen de aproximadamente un 72% de agua (PRIETO, 2002).

El total del agua presente en el planeta cubre 3/4 partes (71%) de la superficie de la Tierra. El 97% es agua salada, la cual se encuentra principalmente en los océanos y mares; sólo el 3% de su volumen es dulce. De esta última, un 1% está en estado líquido. El 2% restante se encuentra en estado sólido en capas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente

en humedales y, subterráneamente, en acuíferos; en Perú debido a la alta vegetación en el lado oriental, cuenta con abundante recurso hídrico, la cual se está degradando debido al mal manejo de las cuencas hidrográficas, la deforestación y el incremento poblacional demográfico (OMS, 2001).

Por lo tanto la contaminación ambiental de los recursos hídricos es un problema que se ha venido agravando en las últimas décadas en la región de Huánuco. Sin embargo, en la práctica, es poco lo que se ha hecho para reducir dicha contaminación a niveles aceptables o permitidos por el ministerio del ambiente, de acuerdo a los estándares de la calidad ambiental. A principios de la presente década se emitieron en el país dos normas legales sustanciales cuyo objetivo principal es controlar los niveles de los contaminantes. A pesar de ello, hasta la fecha, dichas normas no logran el real efecto para el que fueron dictaminadas: reducir la contaminación.

Es importante recalcar que la quebrada Kushuro pasa por el norte este de la ciudad de Tingo María, iniciando por el Jr. Juanjui, Luis de la Puente, Jesús Alberto Páez, AV. Ucayali, Alameda Perú, Antonio Raymondi y termina por el Pasaje S/N 247, contienen varios contaminantes provenientes de la erosión hídrica en las partes altas, lixiviación generado por los residuos sólidos y líquidos, aguas residuales, etc., causando malestar en la salud pública y en la calidad de vida, mencionado de acuerdo a la ley N° 28611, es por ello el interés de conocer el grado o nivel de contaminación fisicoquímico y microbiológico, de esta manera para recomendar a la municipalidad de Tingo María la prevención de estos riesgos ambientales.

Por lo que surge la siguiente interrogante ¿En qué niveles de contaminación microbiológica y parámetros físico-químicos se encuentra la Quebrada “Kushuro” en la ciudad de Tingo María?

Objetivo general

Determinar los parámetros de contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de la Quebrada “Kushuro” en la ciudad de Tingo María.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros microbiológicos de la Quebrada “Kushuro” en la ciudad de Tingo María.

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de la Quebrada “Kushuro” en la ciudad de Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

SIAS (2011), determinó los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de tres principales fuentes de abastecimiento de agua del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). Los parámetros microbiológicos más representativos fue para la Quebrada Cocheros: Número de microorganismos aerobios viables (NMAV) 21×10^3 ufc/mL, quebrada Córdova: Número más probables (NMP) 67,0 mo/mL; y quebrada Naranjal: Números de mohos y levaduras (NML) $1,00 \times 10^3$ ufc/mL. Entre los parámetros fisicoquímicos fueron: quebrada Cocheros: Caudal (Q) 8,7 L/s, pH 8,21, Sólidos totales (ST) 1,23 mg/L, y oxígeno disuelto (OD) 12,33 mgO₂/L; quebrada Córdova: Caudal (Q) 7,33 L/s, pH 8,13, Sólidos totales (ST) 0,93 mg/L, y oxígeno disuelto (OD) 13,67 mgO₂/L; y quebrada Naranjal: Caudal (Q) 8,67 L/s, pH 8,22, Sólidos totales (ST) 1,20 mg/L, y oxígeno disuelto (OD) 17,00 mgO₂/L.

DIMAS (2011), determinó la calidad de las aguas del río Huallaga a partir de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en Tingo María, mediante los análisis de 27 muestras, tomadas en tres diferentes horarios, obteniéndose que los coliformes fecales se encuentran en un promedio de 293,8 mo/mL en la mañana, 894,4 mo/mL al medio día y 345,0 mo/mL en la

noche. Asimismo, el promedio de estafilococos patógenos en horas de la mañana fue de $46,1 \times 10^3/\text{mL}$, al medio día $63,2 \times 10^3/\text{mL}$ y en la noche $44,2 \times 10^3/\text{mL}$. Se detectó la presencia de salmonella, un 70% en la mañana, 90% al medio día y 70 % en la noche, y vibrio con porcentajes similares. No se detectó *Cryptosporidium sp.*

VILLACORTA (2009), menciona que la Alcantarilla, se ha convertido en uno de los balnearios más concurridos en la ciudad de Tingo María, es visitado tanto por parte de la misma población como por turistas, e incluso es concurrido por habitantes de los alrededores. Con este propósito se determino la contaminación de sus aguas, para ello realizo el análisis biológicos y físico-químicos a través de la toma de 10 muestras, con cinco repeticiones por zonas de muestreo. Los resultados obtenidos mostraron coliformes fecales en un promedio de 541.52 mo/mL, un 100 % en la presencia de salmonella, un 60% en presencia de *Naegleria sp.*, 10% en presencia de *Cryptosporidium sp.*, microorganismos mesófilos aerobios viables ($68.32 \times 10^3/\text{mL}$), estafilococos ($55.82 \times 10^3/\text{mL}$), estreptococos fecales ($44.8 \times 10^3/\text{mL}$) y fungí ($2.52 \times 10^3/\text{mL}$). Indicando la peligrosidad del uso de esta agua, tanto para recreación y consumo humano de los alrededores de la localidad.

2.2. Importancia del agua

El agua es el elemento más abundante del planeta y es vital para todos los seres vivos. Los océanos, mares, lagos, ríos, quebradas y demás cuerpos de agua cubren las dos terceras partes del mundo, lo que significa un 70%; sin embargo, de toda el agua que existe en la naturaleza la mayoría es

salada y solo un pequeño porcentaje (1%) es agua dulce. La mayor parte del agua disponible para el uso del ser humano se encuentra en los ríos, lagos y capas glaciares, lamentablemente el agua limpia es un recurso cada vez menos disponible, mientras que las necesidades de todos los seres humanos son cada vez mayores.

Para que el ciclo normal del agua se mantenga es necesario que funcionen algunos aspectos. Lo más importante es que haya una amplia cobertura vegetal sobre la tierra, ya que las plantas cumplen una función crucial como atraer y recibir el agua para luego producir vapor, este vapor forma nubes que después se desprenden en lluvia. Además, las raíces y el suelo absorben el agua que luego va hacia las fuentes subterráneas. De esta forma todo termina y comienza de nuevo (ARCE y LEIVA, 2009).

Existen en varios países normas dictadas por las autoridades de salud pública que identifican aquellos indicadores o parámetros de calidad de mayor significación sanitaria, donde se recomiendan valores guías y obligatorios a cumplir en cada caso. Uno o varios microorganismos indicadores de la calidad microbiológica del agua son seleccionados e incluidos en la regulación. Los más frecuentes son: coliformes fecales, *Escherichia coli*, enterococos y la determinación de *Salmonella* y enterovirus (GONZÁLES y GUTIERREZ, 2005). En el caso de los coliformes fecales, el valor guía es de 200 NMP/100 mL, el valor obligatorio se define como sigue: “cuando en un período no mayor de 30 días se analicen más de 5 muestras, no más del 10 % del total excederá de 400 NMP/100 mL” (GONZÁLES y GUTIERREZ, 2005).

Los indicadores de la calidad microbiológica se expresan según la media geométrica del Número Más Probable (NMP/100 mL) de las bacterias coliformes totales y fecales, obtenidas en no menos de 5 muestras en un período no mayor de 30 días.

2.3. El manejo del agua en el Perú

El Ministerio de Agricultura, actualmente a través de la Dirección General de Aguas del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) ejerce la Autoridad de Aguas en cuanto a su conservación e incremento. El Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental, DIGESA, ejerce la Autoridad de Agua o Autoridad Sanitaria de Aguas en lo que se refiere a la *preservación*. La existencia de ambas autoridades ha permitido mantener vigente la prioridad sanitaria, probablemente una integración significará la prioridad sobre los usos productivos y la calidad pasaría a un segundo plano. La relación del agua con la salud está estrechamente relacionada con la calidad, por cuanto la protección de los recursos hídricos debe ser una prioridad, no obstante la gran demanda social sobre el recurso especialmente en agricultura hace que la gestión esté centrada principalmente en la distribución del recurso. La cantidad de agua disponible para agricultura sigue siendo una de las áreas que más inversión recibe (VILLENNA, 2006). Las buenas prácticas agrícolas se vienen activando desde otros sectores especialmente el de salud que demanda un mejor manejo del agua en los cultivos especialmente de aquellos de riego intensivo y de inundación ya que no sólo consumen agua en exceso sino que representan un serio problema sanitario por la proliferación de vectores (VILLENNA, 2006). Las aguas en el país

están definidas como cursos de agua y zonas costeras, las cuales según el uso que se les dará adquieren una clasificación, las mismas que son:

2.3.1. Cursos de agua:

- Clase I: Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- Clase II: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- Clase III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

2.3.2. Zonas Costeras:

- Clase IV: Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- Clase V: Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- Clase VI: Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

Asimismo, de acuerdo a la carga de contaminación que reciben de origen natural o antropogénica las aguas pueden ser calificadas, siendo de interés lograr calificaciones de aptitud para el uso que define la clase. La calificación está a cargo de la Autoridad Sanitaria de Aguas, en este caso DIGESA (VILLENA, 2006). Los criterios de calificación están relacionados con límites bacteriológicos, de demanda bioquímica de oxígeno, de sustancias potencialmente peligrosas y de sustancias o parámetros potencialmente

perjudiciales. De estos parámetros, los más significativos por su repercusión ecológica y sanitaria son los asociados al fósforo y los metales pesados responsables de procesos de eutrofización y de intoxicaciones crónicas respectivamente, ampliamente difundidos en todo el país. No obstante localmente se puede encontrar problemas asociados a la temperatura del agua, la presencia de elementos radiactivos o pH muy básicos o ácidos.

El agua de consumo humano de la mayor parte de las comunidades y municipios proviene de aguas superficiales (ríos, arroyos y lagos). Estas aguas pueden estar contaminadas con residuos domésticos, agrícolas e industriales. Estos contaminantes se pueden clasificar en tres categorías: químicos, físicos y biológicos. El agua puede comprometer a la salud y la vida si contiene microorganismos patógenos. Los patógenos más frecuentes que se transmiten a través del agua son aquellos que causan infecciones del tracto intestinal (fiebre tifoidea, cólera, enteritis virales, etc.). Estos microorganismos están presentes en las heces u orina de las personas infectadas por lo que pueden pasar al agua que en última instancia sirve como fuente de bebida (MATEOS, 2005).

2.4. Calidad de agua

La actividad humana produce gran variedad de desechos que son liberados a los ambientes terrestres aéreos y acuáticos. La introducción de un determinado desecho antropogénica puede o no introducir desequilibrios en un ecosistema que conduzcan a su deterioro. En general, los ecosistemas naturales poseen la capacidad de soportar alteraciones debidas a la presencia

de agentes extraños mediante la autodepuración. El deterioro de un ecosistema se produce cuando la cantidad y calidad de desechos introducidos superan su capacidad de recuperación (ARCE y LEIVA, 2009).

Los contaminantes orgánicos son compuestos disueltos o dispersos en el agua, aire y suelos y provienen de diversas fuentes como las ciudades, también de desechos humanos y de animales, de mataderos, de procesamiento de alimentos, productos químicos como aceites, grasas, breas y tinturas o sintéticos como pinturas, colorantes, lacas, barnices, herbicidas, insecticidas, medicinas, etc. Estos contaminantes consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática originando lo que se llama eutrofización, fenómeno que se caracteriza por los niveles anormales de compuestos de nitrógeno y fósforo. Hay pues, una necesidad de analizar y determinar el grado de contaminación de estos contaminantes (CHUNG, 2008).

La calidad del agua es determinada con tan solo advertir que uno de los indicadores de calidad sin importar su naturaleza físico-químico o microbiológicas no se encuentren dentro de los límites aceptables (GONZÁLES Y GUTIERREZ, 2005).

2.4.1. Indicadores de la calidad de agua

2.4.1.1. Indicadores fisicoquímicos

Oxígeno disuelto

Este es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia

indica una fuerte contaminación. Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua. Disminuciones repentinas o graduales en el oxígeno disuelto pueden ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismos acuáticos, por ejemplo insectos acuáticos sensibles a un nivel bajo de oxígeno disuelto, pueden ser reducidas sus poblaciones (ARCE y LEIVA, 2009).

Los niveles de OD pueden variar de 0 – 18 mg/L aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 – 6 mg/L para soportar una diversidad de vida acuática. A 20° C y presión atmosférica estándar (a nivel del mar), la cantidad máxima de oxígeno que puede disolverse en agua dulce es 9 mg/L. Si la temperatura del agua está por debajo de 20° C, puede haber más oxígeno disuelto en la muestra. En general, un nivel de oxígeno disuelto de 9 – 10 mg/L se considera muy bueno (ROMERO, 1998).

Cuadro 1. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (OD)

Nivel de OD (mg/L)	Calidad del agua
0.0 – 4.0	Mala: Algunas poblaciones de peces y macro invertebrados empezarán a bajar
5.0 – 7.9	Aceptable
8.0 – 12.0	Buena
12.0 a más	Muy buena o al agua puede airearse artificialmente

Fuente: ROMERO, 1998

Potencial de hidrógeno (pH)

Indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua y a través del cual podemos determinar si el agua es ácida ó básica dónde el límite

más probable (LMP), para el consumo humano es de 6.5 a 8.5 (OMS). Para ello se hace el uso de pequeños instrumentos llamados pHmetro u potenciómetro. En si un pHmetro mide cantidades de iones de hidrógenos en mol por litro en una muestra líquida, por definición el $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Existiendo una escala, si un pH es mayor que 7 el agua es alcalina, si el pH es menor a 7 el agua es ácida y si el agua es igual a 7 el agua es neutra, MORRELLI mencionado por SIAS (2011). Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH. Ácidos minerales, carbónicos y otros contribuyen a la acidez del agua, provocando que metales pesados puedan liberarse en el agua (ARCE y LEIVA, 2009).

Temperatura

La temperatura en un río es muy importante ya que afecta las características físicas, biológicas y químicas de un río. Así la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades, pueden ser afectados (ARCE y LEIVA, 2009).

Turbidez

Es el resultado de sólidos suspendidos en el agua que reducen la transmisión de luz. Estos sólidos suspendidos son variados, así pueden ser

arcillas, limos, materia orgánica y plancton y hasta desechos industriales y de drenaje. En niveles altos el agua pierde la habilidad de apoyar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar y el agua caliente conserva menos oxígeno, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno (ARCE y LEIVA, 2009).

La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que causa disminución en la transmisión de la luz a través de la muestra. Se mide en unidades de turbidez nefelométrica (NTU). El método nefelométrico está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra, en condiciones definidas, con la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez (DINAMA, 2009).

Sólidos totales disueltos y suspendidos

Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía (ARCE y LEIVA, 2009).

El contenido de sólidos suspendidos totales del agua depende principalmente de los carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Se recomienda límites de 500 –

1000 mg/L pero en regiones con aguas altamente mineralizadas se acepta 1500 mg/L. El estándar está basado en condiciones de sabor y adaptabilidad al consumo de agua para obviar los efectos fisiológicos observados en consumidores no acostumbrados a aguas de alto contenido de mineral. Aguas con concentraciones muy alto tienen efectos laxantes y no mitigan la sed. Su valor está asociado generalmente con el sabor, corrosividad, la dureza e incrustaciones en las tuberías de conducciones de agua. Las concentraciones aceptables en aguas para peces, de aguas dulces, pueden oscilar entre 2000 a 10000 mg/L según la especie (ROMERO, 1998).

Los sólidos totales disueltos y suspendidos, son aquellos que son visibles y flotan en las aguas, y pueden ser removidos por medios físicos y mecánicos a través de procesos de filtración o sedimentación, se incluyen en estas clasificaciones las grandes partículas que flotan tales como arcilla, sólidos fecales, restos de papel, madera u otra materia orgánica en descomposición, basura los que son en un 70% orgánico. Las sustancias filtrables, son sustancias retenidas por un filtro estándar con poro de 0.45 um donde sus unidades, son unidades por litro, RHEINHEIMER mencionado por SIAS (1999).

FÓRMULA:

STS. Gr. / lt. = $(A - B) \times 1000 / \text{volumen de la muestra en l.}$

Dónde:

A = peso del filtro +residuo seco g; B = peso del filtro g.

Para determinar los sólidos totales suspendidos, se puede realizar por el método más simple; denominados diferencias de pesos, SEOANEZ y RHEINHEIMER mencionado por SIAS (2011).

2.4.1.2. Indicadores biológicos

Coliformes Totales

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (RAMOS – ORTEGA *et al.*, 2008).

Los coliformes termotolerantes son los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 45°C. Esta bacteria se encuentra en el excremento humano y de otros animales de sangre caliente entrando al sistema por medio de desecho directo de mamíferos y aves, entre otros. También pueden originarse en aguas provenientes de efluentes industriales, materiales vegetales en descomposición y suelos (ARCE y LEIVA, 2009).

Coliformes fecales

Son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales, los microorganismos que producen y provocan enfermedades patogénicas y que están presentes en las heces causan diarreas, retortijones, náuseas, cefalea, u otros síntomas, estos patógenos pueden representar un riesgo para la salud de bebés, niños pequeños y para personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos. Las formas fecales incluyen a *Escherichia coli* (APHA, 2005).

2.5. Protección del agua

La LEY DE AGUA (D.L. 17752) en la sección Protección del agua (Art.100 al 110) hace hincapié en el resguardo que incluye conservación y preservación de las fuentes de agua.

Asimismo, supervisa y fiscaliza a través de los Consejos de Cuenca el cumplimiento de las normas de calidad ambiental sobre la base de los estándares de calidad ambiental del agua (ECA-Agua). De la misma manera declara zonas de veda, protección y agotamiento de la fuente, a fin de proteger los ecosistemas y preservar las fuentes de agua.

Finalmente, autoriza solo vertimientos que cumplan los estándares de calidad y ambiental (ECA-Agua) prohibiendo y sancionando cualquier otro vertimiento no autorizado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El área en estudio se encuentra ubicada en la quebrada Kushuro, ciudad de Tingo María, Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, Perú (anexo 4).

3.1.1. Condiciones climáticas

Respecto al clima de la localidad de Tingo María, presenta alta pluviosidad, con una precipitación anual promedio de 3428.8 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483.6 mm. Con una humedad relativa promedio de 87.0 % y una temperatura media anual de 24°C.

3.1.2. Ecología

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1982), la localidad de Tingo María estructuralmente se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Sub Tropical bmh-PST, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. De campo

Libreta de campo y lápiz y un cronómetro

3.2.2. De colección y muestreo

Envases de PV de polietileno de 1 L., termómetro, matraces, pH – metro y etiquetas

3.2.3. De laboratorio

3.2.3.1. Materiales

Cintas masking tape, etiquetas, mascarillas, mandil, placas petri, probetas de 250 mL, tubos de ensayo de 18 a 180 mm, cápsulas petri de 90 a 100 mm, fiolas de 100 mL, matraz de 250 mL, tubos durkam de 10 a 75 mm', filtros de vidrio de 0.45 um, pipetas de 1 a 10 mL, embudos, gradillas, soporte universal, asa de colle, laminas y laminillas, mecheros, varillas agitadoras, pinzas, tijeras, guantes, papel kraff, papel filtro, cintas y pitas, y otros.

3.2.3.2. Equipos

Estufas, pH – metro, microscopio, cuenta colonias, autoclave, balanza analítica, incubadora, cámara fotográfica y cocina eléctrica.

3.2.3.3. Insumos

Agar plate Count, agar ogy, caldo *E. coli*, caldo peptonado, caldo púrpura de bromo crisol, agar salmonella, caldo lactozado, caldo brilla, caldo bogesproskauer, agar saboraud, agar nutritivo, agar EMB, cristal violeta, yodo,

yoduro de potasio, acetona, alcohol 30°alcohol absoluto, safranina, aceite de cedro, agar citrato de simón y rojo de metileno.

3.3. Métodos de análisis

3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo

Se utilizó un mapa base de la quebrada “Kushuro”, se ubicaron los tres puntos elegidos para la toma de muestras:

- Zona I (al inicio de la quebrada) (E: 391032, N: 8972240).
- Zona II (al medio, en la parte intermedia de la quebrada) (E: 390541, N: 8972817). La cual se presenta en urbanizada.
- Zona III (al final, en la desembocadura al río Huallaga, zona urbana) (E: 390383, N: 8973194). La cual se presenta en urbanizada

En la quebrada “Kushuro” se ubicaron tres puntos de muestreo, por el método sistemático estratificado a lo largo del cauce. Uno en la parte Alta, otro en la parte Media y en la parte Baja.

3.3.2. Toma y almacenamiento de muestra

La toma de muestras se realizó en frascos de vidrio neutro (esterilizados), de boca ancha con capacidad de 1 litro debidamente limpias y rotuladas. En cada punto de muestreo, se destapó el frasco, con las precauciones necesarias, se enjuagó con agua de la misma fuente y enseguida se sumergió rápidamente de 10 a 20 cm de profundidad, dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural y en forma horizontal. Se tomó tres muestras de agua en las zonas de estudio, luego se etiquetó y acondicionó

adecuadamente (APHA, 1999) para su traslado al laboratorio de microbiología general de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.3. Parámetros de estudio

Se determinó parámetros microbiológicos: bacterias coliformes (totales, fecales), microorganismos aeróbicos viables, mohos, levaduras (fungi) y *E. coli*, y parámetros físicos-químicos: pH, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO y DQO), Sólidos suspendidos totales (SST), temperatura, calcio, hierro, aluminio, así como el caudal de la fuente.

3.3.4. Parámetros microbiológicos

3.3.4.1. Enumeración de bacterias coliformes

Esta enumeración, se realizó mediante el método más probable (NMP), según la metodología descrita por REFAI (1981).

3.3.4.2. Determinación de *Escherichia coli*

Para esta prueba se utilizó el caldo *E. coli* de todos los tubos positivos donde se formó gas, sobre una placa que contuvo agar de Livene, se extendió en estrías el contenido de cada tubo positivo, de forma que se obtuvo colonias separadas, para incubarlos de 18 a 24 horas (a 37°C). Al mismo tiempo se tiñó cada cultivo por el método de GRAM (REFAI, 1981).

3.3.4.3. Enumeración de microorganismos aerobios viables

Para llevar a cabo la enumeración de microorganismos aerobios viables, se utilizó el método recuento aeróbico de placas establecido por la FAO (1975).

3.3.4.4. Enumeración de mohos y levaduras (fungi)

Para llevar a cabo este proceso, se empleó el método de microbiológica examination Of. Foods (APHA, 1976).

3.3.5. Parámetros físico – químicos

3.3.5.1. DBO₅

La determinación de DBO₅ se realizó en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, con los reactivos del HACH basada en la técnica de Winkler (HACH, 1997) y U.S. GEOLOGICAL SURVEY (2000).

3.3.5.2. DQO

Se determinó por el método espectrofotométrico de reflujó cerrado (APHA, 2005).

3.3.5.3. Determinación de oxígeno disuelto (OD)

Se muestreó y analizó en el campo (in situ) utilizando un equipo Test Kit y el oxímetro.

3.3.5.4. Determinación de los sólidos suspendidos totales

Para llevar a cabo este proceso, la toma de muestras se realizó de la misma forma que lo antes mencionado. Solamente que estos se realizaron durante las precipitaciones más elevadas del trabajo de investigación.

3.3.5.5. Determinación del pH

Se realizó in situ y se utilizó un pH-metro.

3.3.6. Determinación de los caudales

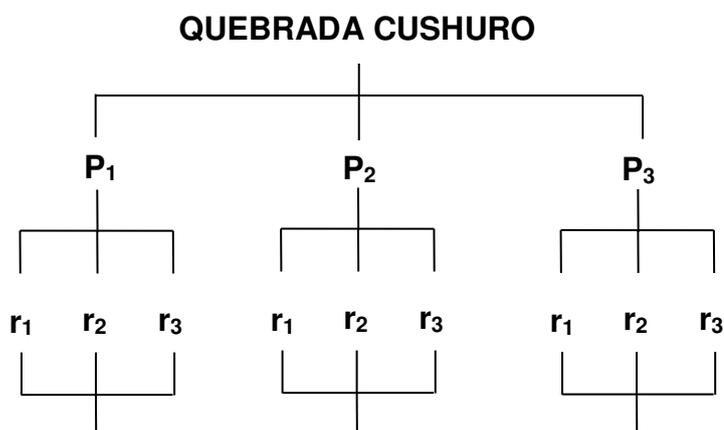
La medición del caudal de la fuente de agua natural, se realizó mensualmente utilizando métodos empíricos, tomándose para ello, por lo menos una vez al mes, durante el tiempo de ejecución de la investigación. La medición del caudal se realizó por el método del flotador, acondicionándolo (RIVERA *et al.*, 1995). Se tuvo un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo. Se realizó varias repeticiones y se calculó el promedio. El caudal se calculó como:

$$Q=A*v$$

Siendo: Q = caudal, en L/s; A = Área en m²; y v = velocidad media en m/s.

3.3.7. Diseño Experimental

Para el presente trabajo de investigación se considero lo siguiente:



- Contenido de Ca, Al y Fe.
- pH, temperatura, sólidos totales, oxígeno disuelto, DQO, DBO₅, caudal.
- Coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras, y número de microorganismos aerobios viables.

P_i: puntos de muestreo en la quebrada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros microbiológicos

4.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos

En el Cuadro 3 y Figura 1 se muestra que en la zona III de la quebrada Kushuro es la que tiene mayor número de microorganismos aerobios viables (NMAV) con 1.435×10^5 colonia/mL, seguido por la zona II con 6.325×10^4 colonia/mL, y con menor proporción la zona I con 1.8×10^4 colonia/mL, la zona II cuenta con mayor variabilidad estadística (63.52 %).

Cuadro 2. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos

PARÁMETROS	VARIACIÓN ESTADÍSTICA	ZONA I	ZONA II	ZONA III
NMAV (Colonia/mL)	X	18000.000	63250.000	143500.000
	S	9380.832	40177.730	19485.037
	CV	52.116	63.522	13.578
NMP (mo/mL)	X	1002.500	4425.000	11750.000
	S	943.800	5057.915	500.000
	CV	94.145	114.303	4.255
NML (Colonia/mL)	X	1750.000	7000.000	11000.000
	S	1258.306	2581.989	1154.701
	CV	71.903	36.886	10.497
E. Coli (Colonia/mL)	X	900.000	4900.000	11300.000
	S	432.049	2901.724	678.233
	CV	48.005	59.219	6.002

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación (%)

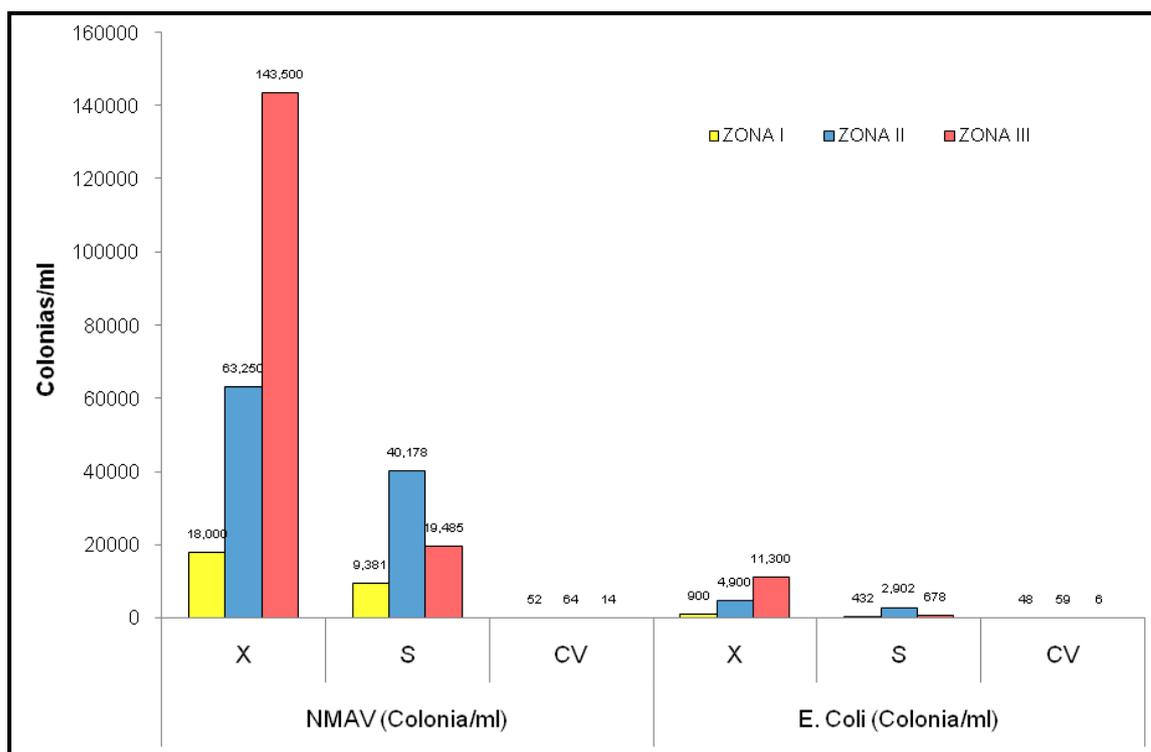


Figura 1. Número de microorganismos aerobios viables y *E.coli*

En cuanto a los números mas probables (NMP) o coliformes totales se observa en el Cuadro 3 y Figura 2 que en la zona III de la quebrada Kushuro es la que cuenta con mayor cantidad 11750 mo/mL, seguido por la zona II con 4425 mo/mL, y finalmente la zona I con 1002.5 mo/mL, la zona II cuenta con mayor variabilidad estadística 114.3 %; en cuanto al número de mohos y levaduras (NML), se observa en el Cuadro 3 y Figura 2 que la zona III de la quebrada Kushuro tiene mayor cantidad con 1.1×10^4 colonia/mL, seguido por la zona II con 7.0×10^3 colonia/mL, y finalmente por la zona I con 1.75×10^3 colonia/mL, la mayor variación estadística lo cuenta la zona I con 71.9 %; y en cuanto al microorganismo *E. coli*, se observa en el Cuadro 3 y Figura 1 que la zona III de la quebrada Kushuro cuenta con mayor número de microorganismos con 1.13×10^4 colonia/mL, seguido por la zona II con 4.9×10^3 colonia/mL,

y finalmente la zona I con 0.9×10^3 colonia/mL, teniendo la mayor variabilidad estadística la zona II con 59.22 %.

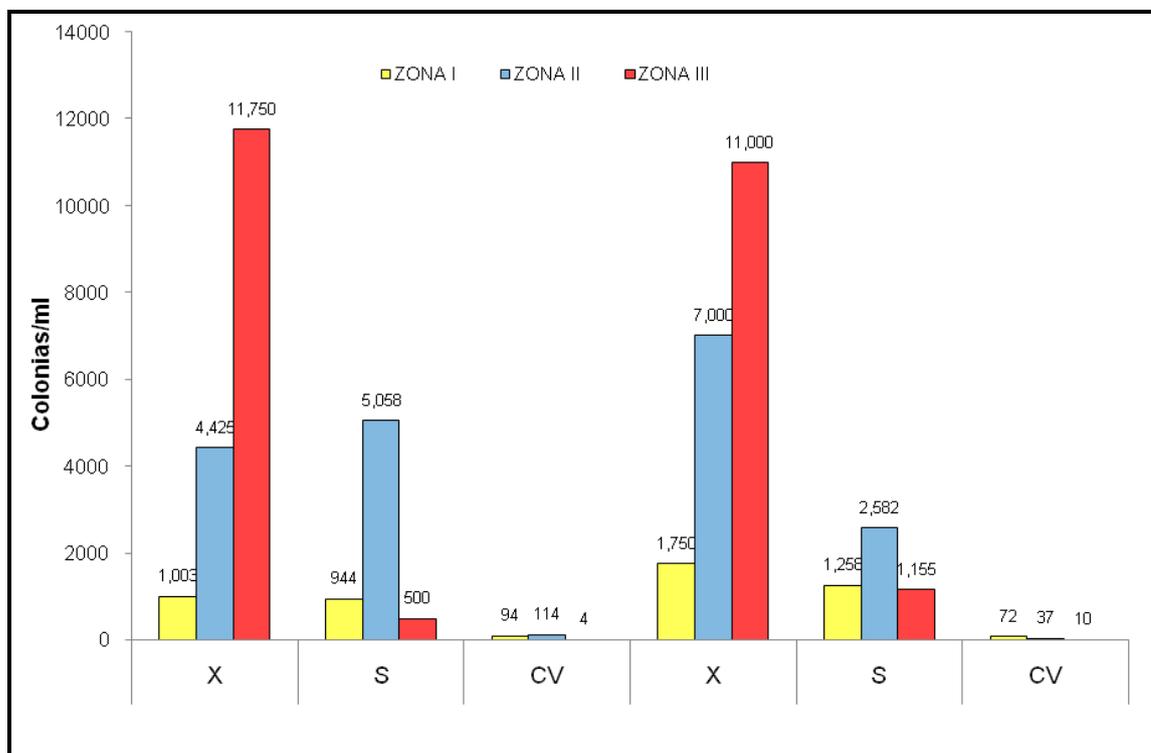


Figura 2. Número mas probables y número de mohos y levaduras

Uno de los indicadores de la cantidad de microorganismos en el agua es el caudal, lo cual influye de una manera inversa a la cantidad de microorganismos presentes en el cuerpo de agua natural (BUSTAMANTE, 2004), lo cual de acuerdo a los resultados, la quebrada Kushuro presente mayor cantidad de microorganismos a medida que aumente el caudal a lo largo del cauce, esto es porque las viviendas de alrededor de la quebrada Kushuro arrojan los desperdicios, residuos solidos, residuos liquidos, entre otros, contaminando de esta manera el recurso hidrico; en el Cuadro 3 se puede observar que la quebrada Kushuro a medida que se acerca al río Huallaga

aumenta el caudal (zona III), el caudal esta relacionado con la energía cinética y esta a su vez esta relacionada con la velocidad del movimiento de agua (MARBELLO, 2001), por lo que a mayor caudal, entonces existe mayor distribución de los microorganismos, disminuyendo de esta manera la concentración de las bacterias. También otro de los factores que influye en la cantidad de microorganismos es por la contaminación humana (GARCIA, 2005), la quebrada Kushuro se encuentra a lo largo rodeado por viviendas, donde para llegar a la zona III, a recorrido el cauce la zona I y II, recogiendo todos los desechos orgánicos e inorgánicos que la población elimina al río por falta de servicios ambientales (WHO, 1998 y PACHECO, 2002). De acuerdo al capítulo IV del reglamento de la LEY GENERAL DE AGUAS D. L. N. 17752, sobre la clasificación de de los cursos de aguas del artículo 81, la quebrada Kushuro pertenece a la CLASE III (ver anexo 1), ya que estos cursos de agua pueden ser utilizados para fines de agua potable con previo tratamiento, consistiendo en pre desinfección, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección final; además se conoce que la población de las partes altas consumen el agua domésticamente.

Y de acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua del D.S. N° 002-2008-MINAM, manifiestan que las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable que pueden ser potabilizadas con desinfección, el límite es de 50 NMP/100mL para coliformes totales, mientras que las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos convencionales tiene que ser de 2000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes y 3000 NMP/100mL para coliformes totales, y finalmente para potabilización con

tratamientos avanzados tienen que ser de 20000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes y 50000 NMP/100mL para coliformes totales; y mientras que para la *Escherichia coli* debe ser de 0 organismos/L, para cualquiera de los tres tratamientos de potabilización del agua; y de acuerdo a los resultados obtenidos, el agua de la quebrada Kushuro no solo es necesario desinfectarla, sino que debe tener tratamientos avanzados, ya que no se encuentran dentro de los parámetros de los estándares de calidad de agua, considerando como base de abastecimiento la zona I del cauce de la quebrada Kushuro, ya que en el futuro se poblará en las partes altas de la microcuenca de la quebrada Kushuro, por el crecimiento demográfico de la ciudad de Tingo María; además que SEDA-HUANUCO, el que abastece de agua potable en las partes bajas de la ciudad, no podrá abastecer de agua en las partes altas del distrito, debido al presupuesto, y a las condiciones topográficas; es por ello una de las alternativas del consumo de agua potable de la quebrada Kushuro, para la población de esa zona; así como lo viene haciendo el AA.HH. Quebrada del Aguila, Asunción Saldaña, AA.VV. Buenos Aires y hasta la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Pero de acuerdo a los estándares nacionales primarios y secundarios del agua potable establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos, reproducidos con permiso de USEPA, reporta que las bacterias coliformes totales deben tener 1 ufc/100mL (GRAY, 1994), y, de acuerdo a las normas bacteriológicas para suministro de agua (Decreto 475 de 1998) recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta que los coliformes totales en tubos múltiples debe tener 2

ufc/100mL. Entonces de acuerdo a los resultados obtenidos, la quebrada Kushuro estudiada (Zona I, II y III) se encuentran fuera de los parámetros microbiológicos en cuanto a los estándares de calidad del agua (ROMERO y PACHECO, 2002); en la zona II y III, la contaminación de agua es muy alta, debido a los residuos sólidos que arrojan la población aledaña a la quebrada, por lo que existe el riesgo de contraer enfermedades en la salud pública como manifiesta DIGESA (2006), en los estudios de vigilancia de los vertimientos domésticos, donde los colectores por donde se descargan aguas residuales crudas, es decir sin tratamiento previo, al cauce del río Huallaga, llegan a formar lagunas, esta perjudicial situación causa la contaminación de aguas superficiales y de los recursos hidrobiológicos, generando focos de contaminación, la proliferación de mosquitos y/o vectores de transmisión de enfermedades, perjudicando la salud y la calidad de vida de los vecinos de la zona en estudio. Los análisis microbiológicos efectuados muestran que el número de coliformes totales por mililitro están elevados y fuera del límite permisible según los estándares Nacional de la calidad de agua, coincidiendo con VILLACORTA (2009), SÍAS (2011) y DIMAS (2011) quienes reportaron alta contaminación en aguas para consumo humano de la quebrada Cocheros, Córdova y Naranjal del BRUNAS, del río Huallaga y las aguas de la quebrada Puente Pérez. Los resultados encontrados también son coincidentes en cuanto a la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, más no así a la cantidad observada de microorganismos aerobios viables con los resultados reportados por SEDA – HUÁNUCO (2006) en muestreo de agua del río Kushuro (8.2×10^9 NMP/100mL para coliformes totales y 4.2×10^8 NMP/100mL para coliformes fecales). Los resultados obtenidos se deben de considerar como señal de

alarma desde el punto de vista sanitario, pues el alto índice de coliformes totales y fecales tienen equivalencias en la quebrada Kushuro, lo mismo en lo que respecta a los coliformes termotolerantes, corroborando con SEOANEZ (1999) quien manifiesta que la contaminación microbiológica constituye una excelente señal de alarma, y además con GONZÁLES y GUTIERREZ (2005) quienes manifiestan que basta un parámetro fuera de los límites para que se determine que el agua no esté apta para el consumo humano, ni para uso recreativo. La presencia también en alto grado de microorganismos tipo fungí (mohos y levaduras), confirma que la quebrada Kushuro recibe una alta presión selectiva respecto a la falta de limpieza y mantenimiento permanente de la zona II y III en los canales de la quebrada de quebrada Kushuro, esto concuerda a lo manifestado por CEPIS/OPS (2001) y PACHECO (2002). El efecto de la contaminación microbiológica puede apreciarse en la aparición de enfermedades gastrointestinales, parasitosis y otras que disminuyen la salud de la población, por influencia de los vectores como son los mosquitos (DIGESA, 2006), en su conjunto y puede traducirse en aumento de la tasa de morbilidad y mortalidad principalmente infantil (CEPIS/OPS, 2001). Los resultados concernientes a los microorganismos totales mesófilos aerobios confirman lo antes mencionado, en el sentido de que existe una contaminación en la quebrada Kushuro, y que esta presumiblemente se incrementaría en las épocas de precipitaciones, además de la presencia moderada de sólidos suspendidos que intensifican la contaminación presumiendo aún que éstos contengan sustancias tóxicas generadas por los residuos sólidos vertidos a la quebrada Kushuro de la zona II y III por la población que vive alrededor del canal (DIGESA, 2006).

4.2. Parámetros fisicoquímicos

4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos

En el Cuadro 4 y Figura 3 se muestra que la zona I de la quebrada Kushuro es la que tiene un menor caudal con 1.878 l/s con un coeficiente de variación estadística de 50.7 %, seguido por la zona II con 1.965 l/s con un coeficiente de variación estadística de 49.76 %, y con mayor caudal la zona III con 1.990 l/s con un coeficiente de variación estadística de 49.09 %. En el Cuadro 4 y Figura 4 también se muestra que la zona I es la que tiene un menor pH (concentración de hidrógenos) teniendo un valor de 6.930 con un coeficiente de variación estadística de 4.56 %, seguido por la zona II con un valor de 7.048 con un coeficiente de variación estadística de 2.599 %, y con mayor pH la zona III con un valor de 7.178 con un coeficiente de variación estadística de 1.796 %.

En el parámetro de los sólidos totales (ST) se muestra que en la zona III de la quebrada Kushuro es la que tiene una mayor concentración de ST reportando 127.11 miligramos/litro, con un coeficiente de variación estadística de 18.39 %, seguido por la zona II con 94.57 miligramos/litro con un coeficiente de variación estadística de 9.59 %, y en menor cantidad de sólidos totales la zona I con 66.41 miligramos/litro con un coeficiente de variación estadística de 14.86 %, esta información manifiesta que en el transcurso del cauce la quebrada Kushuro va contaminándose, generando riesgos en la salud pública, y esta a su vez, es afectada en la época de avenida, donde aumenta el caudal de la quebrada.

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos de las quebradas

PARÁMETROS	VARIACIÓN ESTADÍSTICA	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Q (l/s)	X	1.878	1.965	1.990
	S	0.952	0.978	0.977
	CV	50.700	49.763	49.094
pH	X	6.930	7.048	7.178
	S	0.316	0.183	0.129
	CV	4.559	2.599	1.796
ST (mg/l)	X	66.415	94.578	127.110
	S	9.872	9.074	23.386
	CV	14.864	9.594	18.398
OD (mg/l)	X	6.968	6.538	4.770
	S	0.176	0.438	0.222
	CV	2.531	6.704	4.660
DQO (mg/l)	X	39.050	37.150	33.550
	S	3.142	3.262	4.385
	CV	8.045	8.782	13.071
DBO ₅ (mg/l)	X	25.475	22.700	18.925
	S	1.870	2.623	2.924
	CV	7.339	11.555	15.450
Temperatura (°C)	X	22.625	23.600	24.600
	S	0.377	0.283	0.294
	CV	1.668	1.198	1.197
Calcio (Ca) (mg/L)	X	0.382	89.000	84.975
	S	0.170	20.564	22.020
	CV	44.505	23.106	25.914
Aluminio (Al) (mg/L)	X	0.820	0.328	2.660
	S	0.286	0.108	1.322
	CV	34.881	32.922	49.716
Hierro (Fe) (mg/L)	X	0.820	0.025	0.428
	S	0.617	0.005	0.487
	CV	75.278	18.184	113.727

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

En el Cuadro 4 y Figura 4 se muestra la zona III de la quebrada Kushuro es la que tiene una menor concentración de oxígeno disuelto teniendo el valor de 4.77 miligramos/litro la cual tiene un coeficiente de variación estadística de 4.66 %, seguido por la zona II teniendo un valor de 6.538 miligramos/litro con un coeficiente de variación estadística de 6.704 %, y con

mayor concentración de oxígeno disuelto lo tiene la zona I con un valor promedio de 6.968 miligramos/litro la cual tiene un coeficiente de variación estadística de 2.531 %.

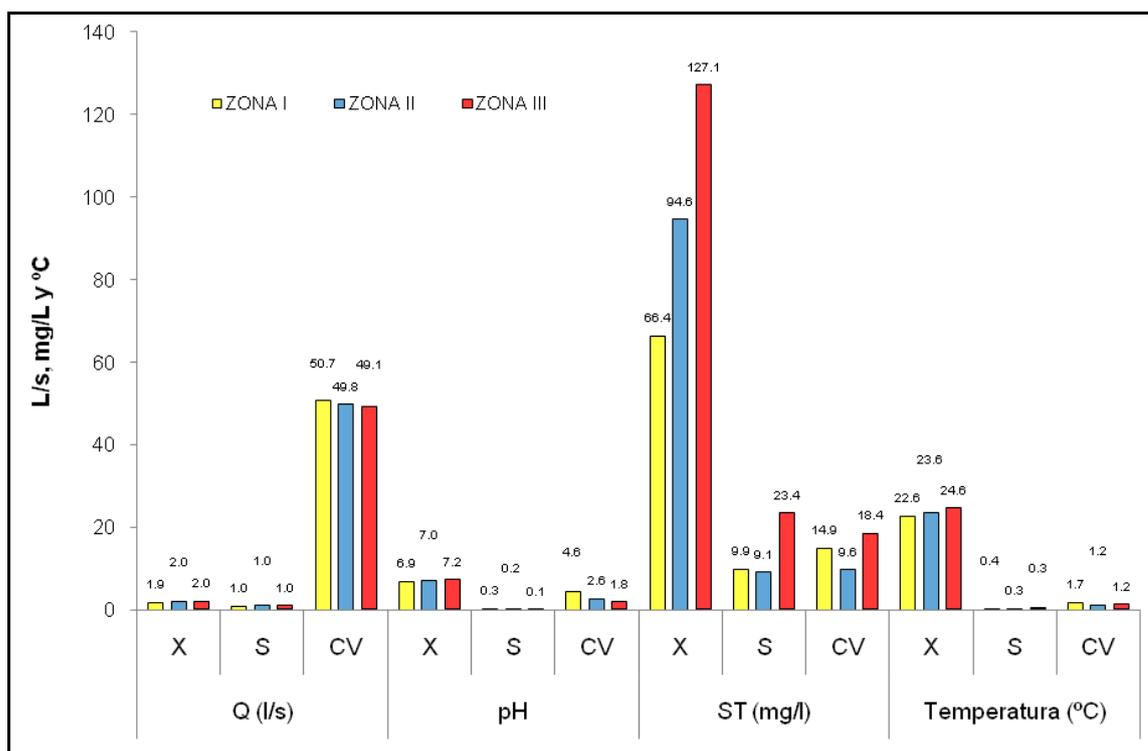


Figura 3. Caudal, pH, Sólidos totales y temperatura

Con los resultados de este parámetro, que presenta un promedio en de 5.86 miligramos/litro en la época de estiaje y de 6.32 miligramos/litro en la época de avenida; se deduce que esta agua presenta un nivel de calidad aceptable, según los rangos establecidos por CIESE (2008), por lo que puede haber especies piscícolas. Sin embargo, para la OMS (1993), estas aguas no estarían debidamente oxigenadas en la época de estiaje al no superar el 90 % que plantea; es por ello que en época seca, según METCALF y EDDY (1998), se perciben olores desagradables en el entorno de la quebrada Kushuro. Según las ECAs para agua aprobados por el MINAM (2008) permiten que estas

aguas puedan ser potabilizadas por tratamientos avanzados. Como se indicó anteriormente, el OD va a estar en función de las concentraciones de la DBO_5 y de la DQO como se muestra en la Figura 4, de tal manera que a mayor concentración de estos componentes (DBO_5 y DQO), entonces disminuyen las concentraciones de OD, esto se debe a que al haber mayor presencia de microorganismos aerobios viables, estos utilizan en mayor cantidad al oxígeno para su respiración y metabolismo (METCALF y EDDY, 1998).

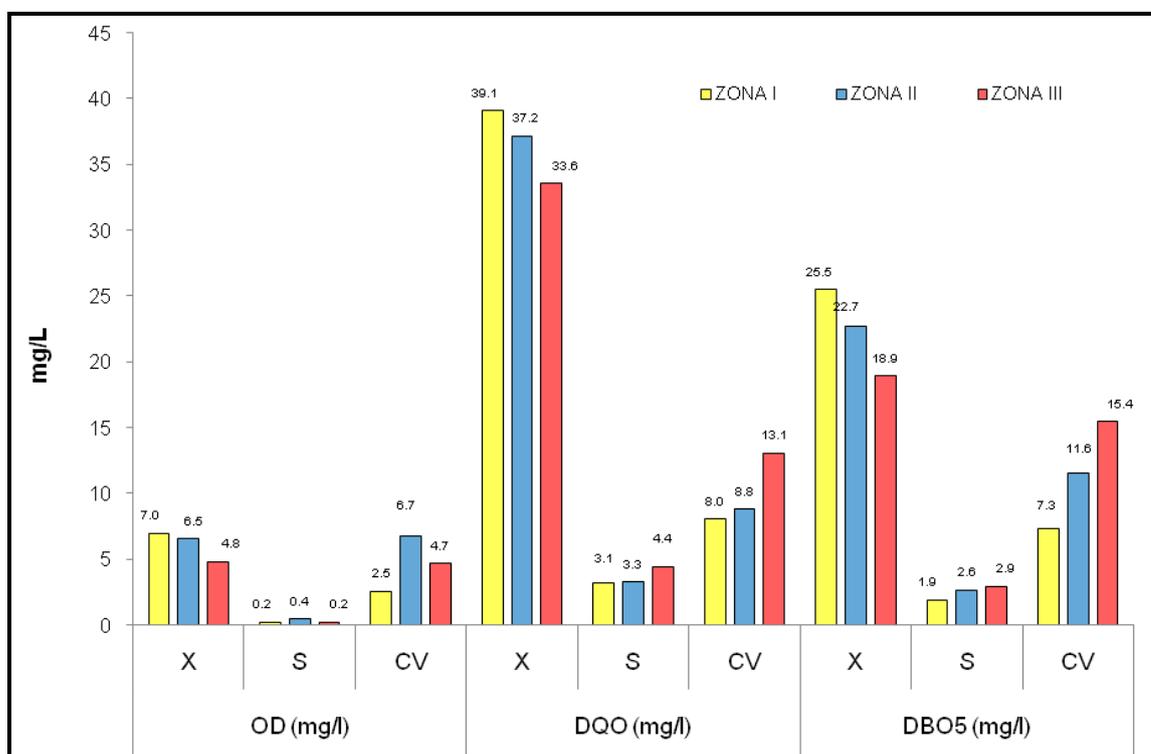


Figura 4. Comportamiento de la OD, DQO y DBO_5

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), fue necesaria para conocer el consumo del oxígeno en el agua por los organismos biológicos del río Kushuro, y su análisis es muy importante cuando se tratan de aguas residuales (MARSILLI, 2003). La evaluación indica que este parámetro se

encuentra en el rango de 15.6 – 27.9 mg/l, haciendo un promedio de 24.28 mg/l en época de estiaje y de 20.45 mg/l en época de avenida, lo que indica esta agua en ambas épocas en aguas levemente contaminadas (FINDLATER *et al.*, 1990 y RIVERA *et al.*, 1995). Por lo contrario el MINAM (2008) según los ECAs, este tipo de agua estaría contaminada al sobrepasar el valor de la DBO₅ de 10 mg/l, y está considerada dentro de las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos avanzados. Asimismo, para GIL (2005), indica que los niveles de contaminación según este parámetro (DBO₅), se encuentra por debajo del rango de 100 – 400 mg/l, lo cual es composición típica de aguas residuales para Europa Occidental. Pero según MARSILLI (2005), estas aguas no pueden ser consideradas como potables al superar la exigencia de 8 mg/l.

La demanda química de oxígeno, el promedio de este indicador que según CISTERNA y PEÑA (2004), corresponden a la cantidad de oxígeno requerido por los organismos para oxidar completamente por medio químicos los compuestos orgánicos del sistema a CO₂ y H₂O, teniendo un valor en promedio de 39.55 mg/l en época de estiaje y de 33.62 mg/l en época de avenida, en la Figura 4 se muestra que la DQO es mayor que la DBO₅, corroborando a lo manifestado por METCALF y EDDY (1998), indicando que ello se debe al mayor número de compuestos en el sistema, cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica, destacando la importancia de esta prueba en el sentido que los resultados se obtienen en horas y se puede aplicar en el control de los procesos de tratamientos de aguas residuales, en comparación de la DBO₅ que se obtiene al quinto día. Así mismo, según las ECAs para agua en la categoría poblacional

(MINAM, 2008), puede ser potabilizada con tratamientos avanzados al superar el valor límite de 30 mg/l en los meses de estiaje.

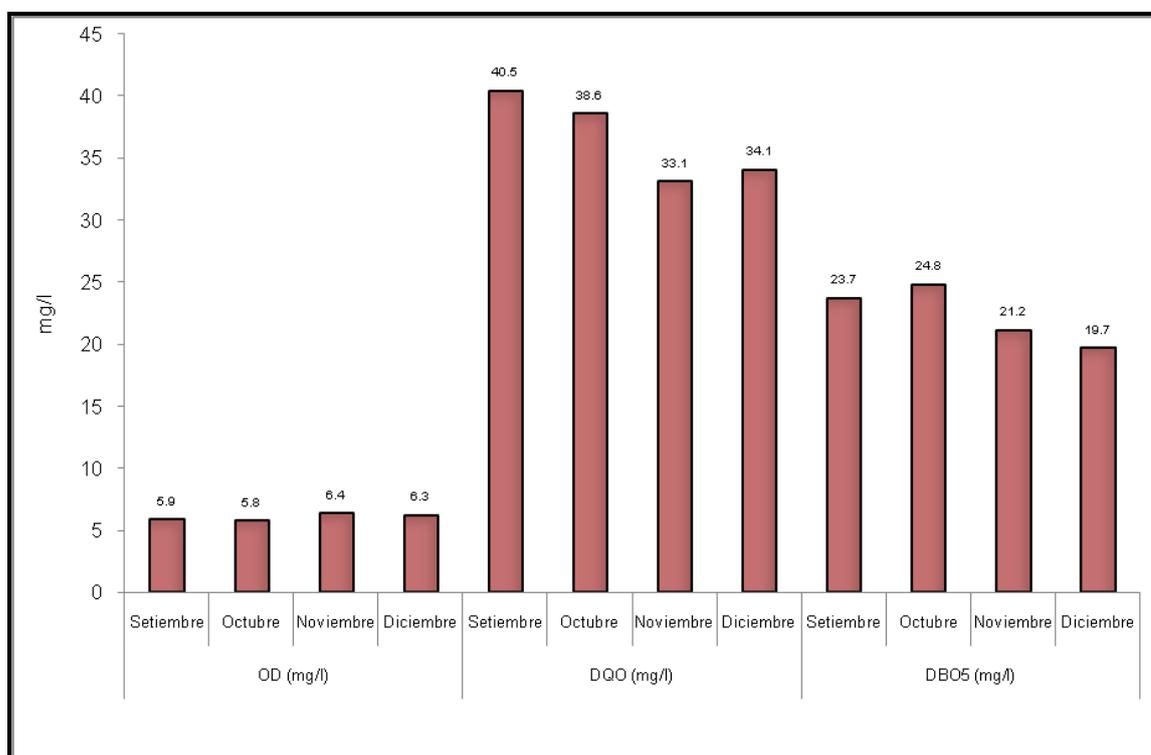


Figura 5. Comportamiento de la OD, DQO y DBO₅ en función de las épocas

También se muestra que la zona III de la quebrada Kushuro es la que tiene una mayor temperatura teniendo un valor medio de 24.6 °C, teniendo un coeficiente de variación estadística de 1.19 %, seguido por la zona II con una temperatura media de 23.6 °C con un coeficiente de variación estadística de 1.20 %, y tiene una menor temperatura la zona I con un valor de 22.62 °C la cual tiene un coeficiente de variación estadística de 1.67 %. La temperatura es una variable determinante para el crecimiento bacteriano, a medida que la temperatura se acerca a la del medio ambiente, entonces la concentración de

OD disminuye, esto se debe a que los microorganismos aerobios viables aumentan su actividad metabólica a temperatura del ambiente (CIESE, 2008).

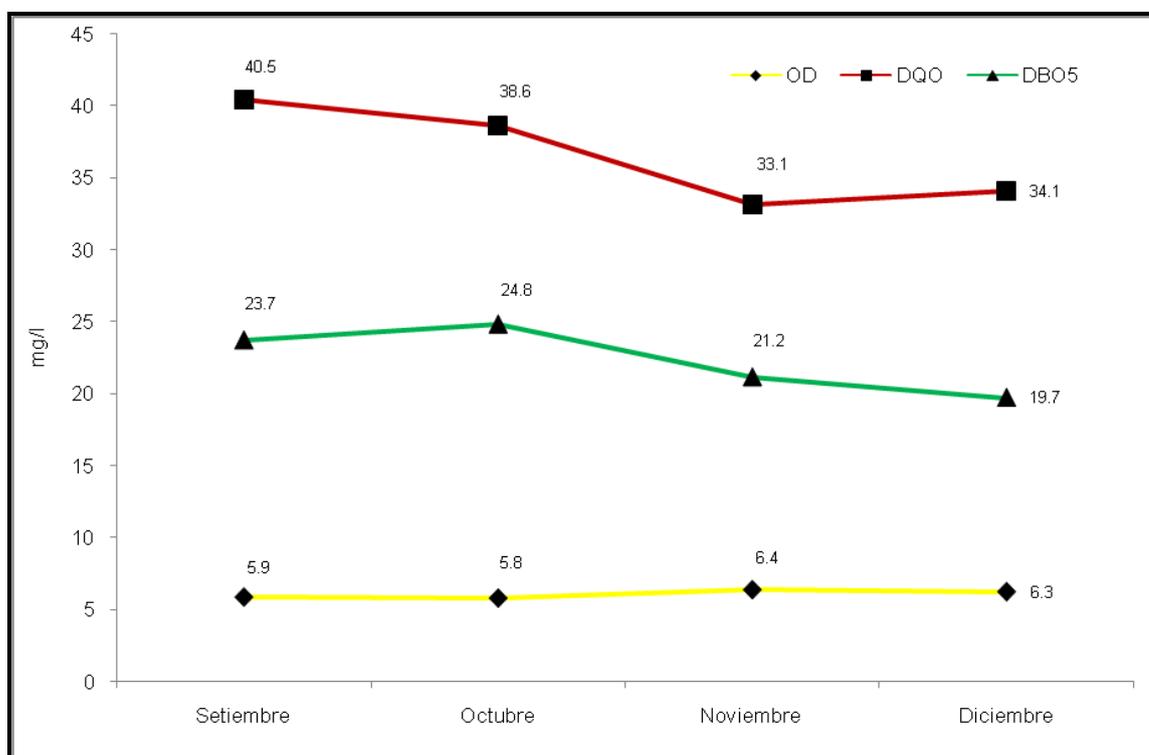


Figura 6. Comportamiento de la OD, DQO y DBO₅ en función de los meses

También se muestra en el Cuadro 4 y Figura 7 que la zona II de la quebrada Kushuro es la que tiene una mayor calcio, teniendo el valor de 89.00 ppm con un coeficiente de variación estadística de 23.11 %, seguido por la zona III con un valor de 84.97 ppm contando con un coeficiente de variación estadística de 25.91 %, y con menor concentración de calcio lo tiene la zona I con un valor de 0.382 ppm teniendo un coeficiente de variación estadística de 44.51 %. También se muestra que la zona III de la quebrada Kushuro es la que tiene una mayor concentración de aluminio, teniendo el valor de 2.66 ppm con un coeficiente de variación estadística de 49.72 %, seguido por la zona I con un

valor de 0.820 ppm contando con un coeficiente de variación estadística de 34.88 %, y con menor concentración de aluminio lo tiene la zona II con un valor de 0.328 ppm teniendo un coeficiente de variación estadística de 32.92 %. Y por último, también se muestra que la zona I de la quebrada Kushuro es la que tiene una mayor concentración de hierro, teniendo el valor de 0.820 ppm con un coeficiente de variación estadística de 75.27 %, seguido por la zona III con un valor de 0.428 ppm contando con un coeficiente de variación estadística de 113.72 %, y con menor concentración de calcio lo tiene la zona II con un valor de 0.025 ppm teniendo un coeficiente de variación estadística de 18.18 %.

De acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental del agua D.S. N° 002-2008-MINAM, los sólidos disueltos totales para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamientos convencionales deben tener el valor de 1000mg/L, mientras que para tratamientos avanzados deben de tener un valor de 1500mg/L, y de acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 4) las zonas I, II y III de la quebrada Kushuro se encuentra dentro de los estándares nacionales, ya que son menores, de acuerdo al decreto supremo; pero lo que más interesa es la zona I, debido a que en el futuro se puede aprovechar este recurso con fines de consumo humano, ya que la población esta en aumento en la microcuenca del Kushuro.

El pH de acuerdo a los estándares para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección deben de encontrarse en el rango de 6.5 – 8.5, y con tratamientos convencionales y avanzados deben estar en el rango de 5.5 –

9.0, y de acuerdo a los resultados obtenidos las zonas I, II y III de la quebrada Kushuro se encuentra dentro de los estándares.

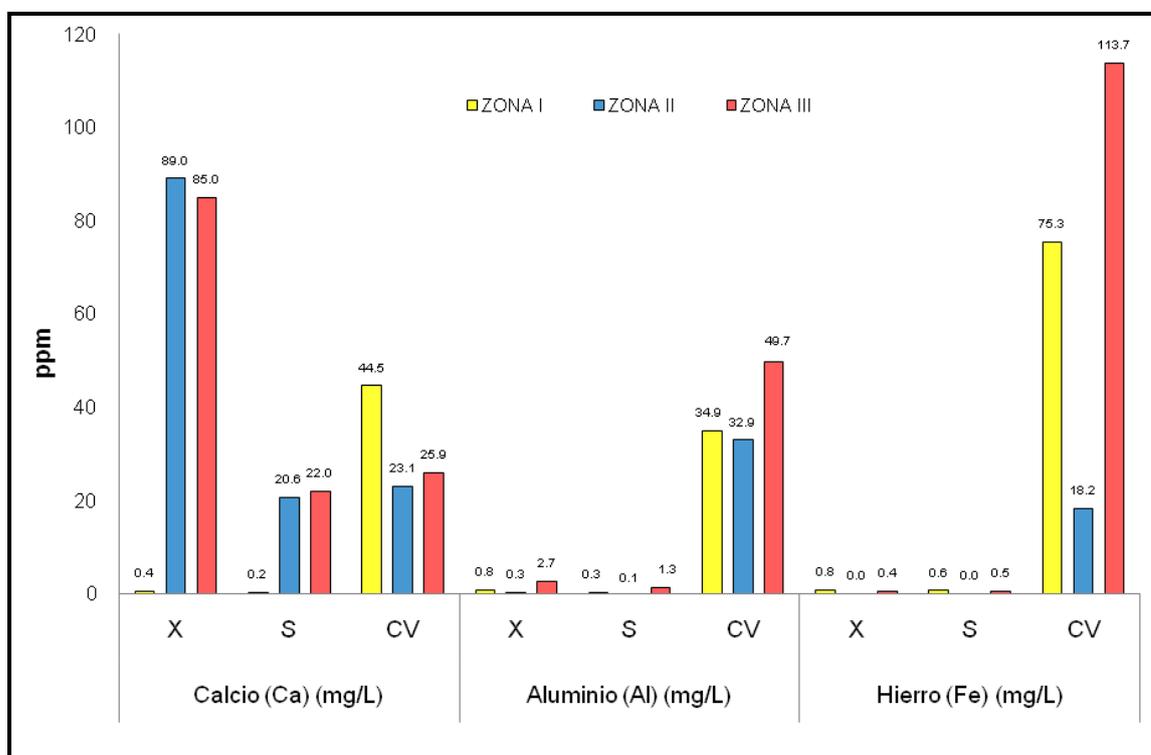


Figura 7. Comportamiento del calcio, aluminio y hierro

Pero de acuerdo a los estándares nacionales primarios y secundarios del agua potable establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos reproducidos con permiso de USEPA, reporta que el pH debe encontrarse entre los rangos de 6.5 – 8.5 (GRAY, 1994), por lo que las zonas I, II y III de la quebrada Kushuro, se encuentran dentro de los parámetros establecidos; pero de acuerdo a los estándares establecidos por la Comunidad Europea (CE) para las aguas superficiales destinadas a captación para agua de consumo los límites de los sólidos suspendidos totales es de 25 mg/l, encontrándose las zonas I, II y III de

la quebrada Kushuro fuera de los parámetros (Cuadro 4); y el límite del oxígeno disuelto en saturación debe de encontrarse a mayor de 70% (GRAY, 1994), y de acuerdo a los resultados obtenidos las zonas I, II y III de la quebrada Kushuro se encuentran dentro de estos límites permisibles. Los estándares de calidad de agua para consumo humano (USEPA) recomendada por la Organización Mundial de Salud (OMS), reporta que el rango del pH debe de encontrarse entre 6.5 – 8.5.

V. CONCLUSIONES

1. Las zonas de la quebrada Kushuro, en lo que respecta a NMAV, están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Zona I: 1.8×10^4 ufc/mL, Zona II: 6.325×10^4 ufc/mL, y Zona III: 14.35×10^4 ufc/mL.
2. Considerando al NMP de coliformes, las aguas se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Zona I: 1002.5 mo/mL, Zona II: 4425.00 mo/mL y Zona III: 11750.00 mo/mL.
3. Las zonas de la quebrada Kushuro en lo que respecta a NML están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Zona I: 1.75×10^3 ufc/mL, Zona II: 7.00×10^3 ufc/mL, y Zona III: 11.00×10^3 ufc/mL.
4. En lo referente a parámetros físicos-químicos: pH, sólidos totales, temperatura, calcio, aluminio, hierro, las aguas de la quebrada Kushuro muestreadas están dentro de los límites máximos permisibles.
5. La quebrada Kushuro tiene el OD en promedio de 6.092 mg/l, el DBO₅ en promedio de 22.367 mg/L, y el DQO en promedio de 36.583 mg/L.
6. Las aguas de la quebrada Kushuro, por estar fuera de los límites máximos permisibles con respecto a los parámetros microbiológicos, no son aptas para el consumo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Diseñar un sistema completo de tratamiento para las aguas de la quebrada Kushuro que abastecen a la población de las partes altas de la microcuenca del río Kushuro, que consideren: almacenamiento, sedimentación, filtración y cloración.
2. Sugerir a las autoridades de la zona que por lo menos se sometan las aguas de la quebrada Kushuro a filtración y luego a un proceso de cloración utilizando 60 g de cloro granulado, cloro en tabletas de 200 mg ó un litro de cloro líquido, para 20 metros cúbicos y mantenimiento del sistema de tratamiento, de las partes altas de la microcuenca.
3. Sugerir a los consumidores realizar el proceso de ebullición (100°C/10 minutos) del agua para eliminar los microorganismos presentes de la población de la parte alta del río Kushuro.
4. Con la finalidad de minimizar los impactos negativos, debería de implementarse una planta de tratamientos de aguas residuales que permita la dilución de las aguas residuales de tal manera que no afecta la biodiversidad acuática.

VII. ABSTRACT

The present investigation aimed to determine the parameters of microbiological contamination and physicochemical parameters of the Gorge "Kushuro" in the city of Tingo Maria. The methodology used included: location of the sampling area, sample collection and storage, parameters under study: microbiological parameters was based on determining the most probable number of coliform enumeration of viable aerobic microorganisms, determination of *E. coli* and enumeration of molds and yeasts, and physicochemical parameters were the determination of total solids, pH, flow, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, temperature, minerals. The areas of the creek Kushuro in regard to NMAV for Zone I: 1.8×10^4 ufc/mL, Zone II: 6.325×10^4 ufc/mL, and Zone III: 14.35×10^4 ufc/mL, the NMP of coliform, Zone I: 1002.5 m/mL, Zone II: 4425.00 mo/mL and Zone III 11750.00 mo/mL, the NML Zone I: 1.75×10^3 ufc/mL, Zone II: 7.00×10^3 ufc/mL, and Zone III: 11.00×10^3 ufc/mL. With regard to physical-chemical parameters: pH, total solids, temperature, calcium, aluminum, iron, water of the creek Kushuro sampled are within permissible limits. The broken Kushuro has the average OD of 6.09 mg/L, the average of 6.09 BOD₅ mg/l, and the average DQO of 6.09 mg/l. therefore the waters of the streams to be out of the maximum permissible limits in respect of microbiological parameters are not suitable for consumption.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, WAB. 1999. Métodos estándares de Análisis de Agua, American Public Health Asociation, N.W., Washington, USA.
- ASTO, J. 2004. Química Ambiental. Lima, Perú.
- CEPIS/OPS. 2001. Vigilancia y Control de la Calidad del agua para el Consumo Humano. [En línea]: CEPIS, (www.cepis.opsoms.org., 3 Ene. 2010)
- CIESE. 2008. Oxígeno Disuelto. . [En línea]: CIESE (<http://www.ciese.rg/curriculum/diproj2/es/fielbook/oxigeno.shtml>. Documento, Abr. 2009)
- DIGESA. 2006. Análisis Microbiológico de Aguas Residuales por Técnicas de los Tubos Múltiples de Fermentación (NMP), Dib. .Cap/Agosto-2006.
- DIMAS, N. L. 2011. Calidad del agua del río Huallaga – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- ESPINOZA. 2002. Inventario y Análisis de Pozos de Agua Subterránea en Castillo Grande y Brisas del Huallaga – Tingo María. Tesis Ingeniero Recursista, UNAS. Tingo María, Perú.
- FAO. 2000. Informe sobre la Disponibilidad de agua en el mundo. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/landwater/aglw/aquastabweb/dbase/html>., 13 Ene. 2010)

- FINDLATER, B. C.; HOBSON, J. A. y COOPER, P. F. 1990. Reed bed treatment systems: Performance evaluation. En: Constructed Wetlands in water Pollution Control. Cooper, P. F. y Findlater, B. C. Editors. Pergamon Press. Great Britain. 193 p.
- GARCÍA, M. A. 2005. Agua y Biodiversidad en Montes Azules. Revista Hojarasca N° 87. México.
- GONZALES, M. I.; GUTIERREZ, J., 2005. Método grafico para la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas recreativas, Centro Habana, CIP 10300, Cuba, 132 p.
- GRAY, N. F. 1994. Calidad del Agua Potable. Editorial, Acribia, S.A. Madrid, España. 365 p.
- HENNINGS, L. E. 1997. Valoración económica del recurso agua en el parque nacional la Tigra. Tesis de Ing Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 127 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica, 216 P.
- IPET. 1998. Saneamiento y Salud Ambiental. Administración de Programas de Salud Ambiental, Lima, Perú. 27 p.
- KESSLER, M. 2005, Apuntes de métodos estadísticos de la ingeniería, segundo de la ingeniería industrial. Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Universidad Politécnica de Cartagena [En Línea]: Fileman, (<http://filemon.upct.es/~mathieu/metodos.html>., 15 Oct. 2006).
- LENNTECH. 2005. El agua y la Salud. [En línea]: LENNTECH, (www.lennotech.com/espanol/FAQ-salud-agua.htm., 2 Dic. 2009)

- LEY GENERAL DE AGUAS. 2007. Reglamento de los Títulos I, II y III. D.L. 17752 sobre la Ley General de Aguas de 1969. D.S. N° 261-69-AP.
- MATEOS, P. 2005. Ecología Microbiana. Universidad de Salamanca – España. [En línea]: EDICION-MICRO (http://edicion-micro.usal.es/web/educativo/micro2_/tema31.html). Documento, Agust. 2007)
- MARSILLI, A. 2003. Tratamiento de aguas residuales. [En línea]: TIERRAMOR ([http://www. Tierramor.org/Articulos/tratagua.html](http://www.Tierramor.org/Articulos/tratagua.html), Documento, Set. 2008)
- MEJÍA, D. 1999. Los bosques nublados de Honduras: Estudio de vegetación. Tesis Ingeniero Forestal, Universidad José Cecilio del Valle, Honduras. 103 p.
- METCALF y EDDY. 1998. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3era Edición. Edit. McGraw-Hill, S.A. Madrid, España. 980 p.
- MINAM. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 31 de Julio. Publicado en el Peruano (2008) Normas Legales 377223. Lima, Perú
- NASI, R; WUNDER, S.; CAMPOS, J. 2002. Servicios de los Ecosistemas Forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?
- OMS. 1993. Agentes químicos y físicos. Cap 9.Guidelines for drinking wáter quality. 2da edición. Volumen 1. Recomendaciones. Ginebra. [En línea]: CEPIS (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>, Folleto, Abr. 2009)

- OMS. 1993. Normas Internacionales para la calidad del agua de bebida. [En línea]: CEPIS (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>, Folleto, Abr. 2009)
- OMS. 2001. Sistemas de abastecimiento de agua. [En línea]: OMS, (www.who.int/m/topics/sustainable_water_supply_sanitation/es/html., 10 Dic. 2009)
- PACHECO, G. 2002. El Agua y su Distribución en el Planeta. Liceo Politécnico Los Dominicos. Las Condes, Región Metropolitana. Chile.
- PIMENTEL, F. 1997. Estadística Experimental. 12ª edic. Edit Livraria Novel. Univ. Sao Paulo. Paracicaba, Estado do Sao Paulo-Brasil.
- PORTALAGRARIO. 2005. Recursos Hidrológicos. [En línea]: PORTAL AGRARIO, (www.portalagrario.gob.pe., 20 Dic. 2009)
- PRIETO, J. 2002. El Agua: Sus Formas, Efectos, Abastecimiento, Usos, Daños, Control y Conservación. Fundación Universidad Central. Bogotá, Colombia.
- REFAI, M. K. 1981. Manual para el control de calidad de los alimentos, Parte 4: Análisis Microbiológicos., Estudio FAO, Alimentación y Nutrición, N° 14/4, Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación, Roma.
- RHENHEIMER, G. 1999. Microbiología de las Aguas. España.
- RIVERA, F.; WARREN, A.; RAMIREZ, E.; DECAMP, O.; BONILLA, P. y GALLEGOS, A. 1995. Removel of pathogens from wastewaters by the root zone meted (RZM). Water Science and Tecnology, 32:211-218p.
- ROMERO, J. A. 1998. Calidad de Aguas. Editorial, NOMOS S.A. Madrid, España. 410 p.

- SEDA–HUANUCO, 2001. Informe N° 034-2001-GO-LP-SEDA HUANUCO, 35p.
- SEOANEZ, M. 1999. Aguas Residuales. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 347 p.
- SIAS, R. 2011. Contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de abastecimiento de agua del BRUNAS – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- STADMÜLLER T. 1987. Los bosques nublados en el trópico. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 85 p.
- SUÁREZ SANTAELICES, G. A. 2000. Percepción económica del recurso agua por dos poblaciones socioeconómicas diferentes: el caso de Zamorano y Jicarito. Tesis de Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 79 p.
- VILLACORTA T., S. 2009. Contaminación de las aguas del balneario “La Alcantarilla” Tingo María, Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1998. Rich-poor gap remains in death. Reuters News Service, May 11.

ANEXO

Anexo 1. Tabla del índice del Número Más Probable y parámetros de agua

CLASE I (Ley General de Aguas, 2007)

Cuadro 4. Índice de Numero Mas Probables (NMP)

Lectura (1)	Índice NMP por 100 mL	Limite de confianza (2)		Lectura (1)	Índice NMP por 100 mL	Limite de confianza (2)	
		Inferior	Superior			Inferior	Superior
000	< 0			412	26	9	78
001	2	< 0,5	7	420	22	7	67
010	2	< 0,6	7	421	26	9	78
020	4	< 0,7	11	430	27	9	80
				431	33	11	93
100	2	< 0,5	7	440	34	12	93
101	4	< 0,5	11				
110	4	< 0,5	11	500	23	7	70
111	6	< 0,6	15	501	31	11	89
120	6	< 0,7	15	502	43	15	110
				510	23	11	93
200	5	< 0,5	13	511	46	16	120
201	7	1	17	512	63	21	150
210	7	1	17	520	49	17	130
211	9	2	21	521	70	23	170
220	9	2	21	522	94	28	220
230	12	3	28	530	79	25	190
				531	110	31	250
300	8	1	19	532	140	37	340
301	11	2	25	533	180	44	500
310	11	2	25	540	130	354	300
311	14	4	34	541	170	43	490
320	14	4	34	542	220	57	700
321	7	5	46	543	280	90	850
				444	350	120	1000
400	13	3	31	550	240	68	750
401	17	5	46	551	350	120	1000
410	17	5	46	552	540	180	1400
411	21	7	63	553	920	300	3200
				554	1600	640	5800
				555	> 2400	-	-

Cuadro 5. Parámetros de calidad de agua de acuerdo a la OMS

Variables	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
<i>Régimen de oxígeno</i>					
OD (%)					
Epilimnion (aguas estratificadas)	90-110	70-90 ó 110-120	50-70 ó 120-130	30-50 ó 130-150	<30 ó >150
Hipolimnion (aguas estratificadas)	90-70	70-50	50-30	30-10	<10
aguas no estratificadas	90-70	70-50 ó 110-120	50-30 ó 120-130	30-10 ó 130-150	<10 ó >150
OD (mg l ⁻¹)	> 7	7-6	6-4	4-3	<3
DQO-Mn (mg O ₂ l ⁻¹)	< 3	3-10	10-20	20-30	>30
DQO-Cr (mg O ₂ l ⁻¹)	-	-	-	-	-
<i>Eutroficación</i>					
P total (µg l ⁻¹) ¹	< 10 (< 15)	10-25 (15-40)	25-50 (40-75)	50-125 (75-190)	>125 (>190)
N total (µg l ⁻¹) ¹	< 300	300-750	750-1.500	1.500-2.500	>2.500
Clorofila a (µg l ⁻¹) ¹	< 2,5 (< 4)	2,5-10 (4-15)	10-30 (15-45)	30-110 (45-165)	>110 (>165)
<i>Acidificación</i>					
Ph ²	9,0-6,5	6,5-6,3	6,3-6,0	6,0-5,3	<5,3
Alcalinidad (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	>200	200-100	100-20	20-10	<10
<i>Metales</i>					
Aluminio (µg l ⁻¹ , pH 6,5)	<1,6	1,6-3,2	3,2-5	5-75	>75
Arsénico (µg l ⁻¹) ³	<10	10-100	100-190	190-360	>360
Cadmio (µg l ⁻¹) ⁴	<0,07	0,07-0,53	0,53-1,1	1,1-3,9	>3,9
Cromo (µg l ⁻¹) ³	<1	1-6	6-11	11-16	>16
<i>Metales</i>					
Cobre (µg l ⁻¹) ⁴	< 2	2-7	7-12	12-18	> 18
Plomo (µg l ⁻¹) ⁴	< 0,1	0,1-1,6	1,6-3,2	3,2-82	> 82
Mercurio (µg l ⁻¹) ⁴	< 0,003	0,003-0,007	0,007-0,012	0,012-2,4	> 2,4
Níquel (µg l ⁻¹) ⁴	< 15	15-87	87-160	160-1.400	> 1.400
Cinc (µg l ⁻¹) ⁴	< 45	45-77	77-110	110-120	> 120
<i>Microcontaminantes clorados y otras sustancias peligrosas</i>					
Dieldrín (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,0019	0,0019-2,5	> 2,5
DDT y metabolitos (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,001	0,001-1,1	> 1,1
Endrín (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,0023	0,0023-0,18	> 0,18
Heptacloro (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,0038	0,0038-0,52	> 0,52
Lindano (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,08	0,08-2,0	> 2,0
Pentaclorofenol (µg l ⁻¹)	na	na	< 13	13-20	> 20
BPC (µg l ⁻¹)	na	na	< 0,014	0,014-2,0	> 2,0
Amoniaco libre (NH ₃)	na	na	-	-	-
<i>Radiactividad</i>					
Actividad alfa (mBq l ⁻¹)	< 50	50-100	100-500	500-2.500	> 2.500
Actividad beta (mBq l ⁻¹)	< 200	200-500	500-1.000	1.000-2.500	> 2.500

Las medidas que se encuentran en el límite entre dos clases deben clasificarse dentro de la más baja.
na No aplicable
- No se han establecido valores

¹ Los datos entre paréntesis se refieren a las aguas que fluyen
² Los valores >9,0 no se consideran en la clasificación de la acidificación
³ Aplicable a la dureza de cerca de 0,5 a 8 meq l⁻¹. El arsénico V y el cromo III deben

convertirse a arsénico III y cromo VI, respectivamente.
⁴ Aplicable a la dureza de cerca de 0,5 a 8 meq l⁻¹.
Fuente: CEPE, 1994.

Fuente: OMS, 2001

Artículo 81 .- Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, los cursos de agua del país quedan clasificados de la siguiente manera:

CLASE III

Comprende los cursos de agua o tramo de ellos que por las características físicas químicas y bacteriológicas, podrán ser utilizadas para fines de agua potable, previo tratamiento consistente en predesinfección, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección final, podrán ser utilizados también para fines agrícolas.

Esta clase de cursos de agua o tramos de ellos, sólo podrán recibir descargas con o sin tratamiento, que no alteren en la zona de verimiento, sus características naturales, con excepción de la temperatura en el que podrán admitirse alteraciones no mayores a 2.5°C. Para el efecto se consideran las siguientes características naturales:

Cuadro 6. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de acuerdo a ley

Denominación	Grado
1.- Color	Máximo 20 unidades
2.- Sólidos flotantes	Ausente
3.- Aceites y grasas	Ausente
4.- Fenoles:	Menor de 0.02 mg/1t.
5.- Sustancias tóxicas o potencialmente tóxicas	En cantidades no mayores a las indicadas
Plomo	0.1mg/lt
Flúor	2.0mg/lt
Selenio	0.05mg/lt
Arsénico	0.2mg/1t.
Cromo exavalente	0.05 mg/1t.
Cianuro	0.01 mg/1t.
Plata	0.05 mg/1t.
Nitratos	100.00mg/1t.
Fierro	1.0mg/1t.
Manganeso	0.5mg/1t.
Cobre	1.5mg/1t.
Zinc	15.0mg/1t.
Sulfato	400.0 mg/1t.
Magnesio	150.0mg/1t.
6.- Número más probable de bacilos coli (NMP)	Menor de 5OC/100 mL.
7.- Demanda bioquímica de oxígeno (BOD) a 5 días y 20 °C en cualquier día	Menor de 1 mg/lt.
8.- Oxígeno disuelto en cualquier muestra	7 mg/lt Como mínimo a cualquier temperatura y presión
9.- PH	Entre 5 Y 9

Fuente: Ley General de Aguas, 2007

Anexo 2. Niveles de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del río Kushuro.

Cuadro 7. Control de parámetros microbiológicos

PARÁMETROS	REPETICIÓN	ZONA I	ZONA II	ZONA III
NMAV (Colonia/mL)	Setiembre	28000	48000	138000
	Octubre	16000	36000	136000
	Noviembre	22000	46000	128000
	Diciembre	6000	123000	172000
NMP (mo/mL)	Setiembre	430	2100	12000
	Octubre	430	1500	12000
	Noviembre	750	2100	11000
	Diciembre	2400	12000	12000
NML (Colonia/mL)	Setiembre	2000	10000	12000
	Octubre	2000	6000	10000
	Noviembre	0	8000	12000
	Diciembre	3000	4000	10000
E. Coli (Colonia/mL)	Setiembre	500	4000	10500
	Octubre	700	3500	12000
	Noviembre	900	2900	11000
	Diciembre	1500	9200	11700

Fuente: Elaboración propia

(ufc): Unidad formada de colonias de coliformes

Cuadro 8. Control de parámetros fisicoquímicos

PARÁMETROS	REPETICIÓN	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Q (l/s)	Setiembre	1.03	1.15	1.17
	Octubre	1.18	1.22	1.24
	Noviembre	3.05	3.21	3.22
	Diciembre	2.25	2.28	2.33
pH	Setiembre	7.24	7.26	7.33
	Octubre	7.15	7.14	7.21
	Noviembre	6.58	6.88	7.02
	Diciembre	6.75	6.91	7.15
ST (mg/L)	Setiembre	55.15	85.12	100.25
	Octubre	61.66	89.55	115.32
	Noviembre	77.12	105.52	150.52
	Diciembre	71.73	98.12	142.35
OD (mg/L)	Setiembre	6.87	6.14	4.68
	Octubre	6.77	6.19	4.51
	Noviembre	7.14	7.01	5.02
	Diciembre	7.09	6.81	4.87

DQO (mg/L)	Setiembre	42.5	40.1	38.8
	Octubre	40.8	39.6	35.5
	Noviembre	35.7	33.3	30.4
	Diciembre	37.2	35.6	29.5
DBO5 (mg/L)	Setiembre	25.8	23.3	22.1
	Octubre	27.9	26.1	20.5
	Noviembre	24.7	21.3	17.5
	Diciembre	23.5	20.1	15.6
Temperatura (°C)	Setiembre	22.5	23.2	24.4
	Octubre	22.7	23.6	24.3
	Noviembre	23.1	23.8	24.8
	Diciembre	22.2	23.8	24.9
Calcio (Ca) (mg/L)	Setiembre	0.565	71.6	65.5
	Octubre	0.487	70.8	66.4
	Noviembre	0.257	106.1	102.2
	Diciembre	0.219	107.5	105.8
Aluminio (Al) (mg/L)	Setiembre	0.557	0.25	1.49
	Octubre	0.589	0.22	1.54
	Noviembre	1.046	0.41	3.78
	Diciembre	1.088	0.43	3.83
Hierro (Fe) (mg/L)	Setiembre	0.266	0.022	0.846
	Octubre	0.305	0.021	0.854
	Noviembre	1.341	0.026	0
	Diciembre	1.366	0.031	0.013

Anexo 3. Panel Fotográfico.



Figura 8. Muestreo para análisis de agua Zona I



Figura 9. Muestreo para análisis de agua Zona II



Figura 10. Muestreo para análisis de agua Zona III



Figura 11. Preparación de muestras microbiológicas

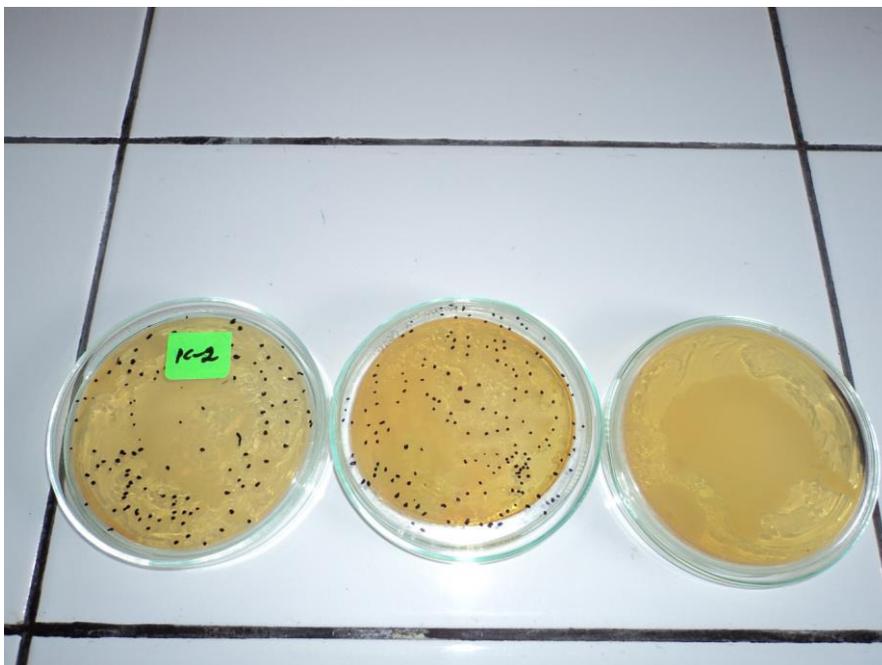


Figura 12. Muestras de enumeración de mohos y levadura



Figura 13. Preparación de muestras microbiológicas



Figura 14. Lectura de minerales



Figura 15. Lectura de minerales