



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCION DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL DEL AGUA
SUPERFICIAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO SHILCAYO UBICADA
ENTRE LA BOCATOMA Y EL ASENTAMIENTO HUMANO VILLA
AUTÓNOMA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER SCIENTIAE EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

Ing. ENRIQUE TERLEIRA GARCÍA

TARAPOTO-PERÙ

MAYO 2010

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
TARAPOTO**

ESCUELA DE POSGRADO

SECCION DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGIA

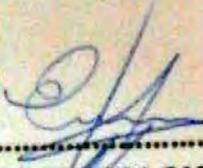


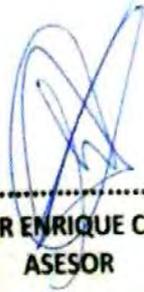
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

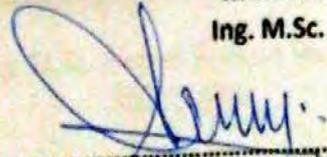
TESIS

**"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACION FECAL DEL AGUA
SUPERFICIAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RIO SHILCAYO UBICADA
ENTRE LA BOCATOMA Y EL ASENTAMIENTO HUMANO VILLA
AUTONOMA"**

**EL SUSCRITO DECLARA QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES ORIGINAL, EN SU
CONTENIDO Y FORMA.**


.....
Ing. ENRIQUE TERLEIRA GARCÍA
EJECUTOR


.....
Ing. M.Sc. CESAR ENRIQUE CHAPPA SANTA MARIA
ASESOR


.....
Ing. Dr. ANIBAL QUINTEROS GARCÍA
COASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
TARAPOTO**

ESCUELA DE POSGRADO

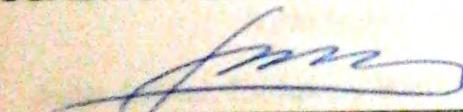
SECCION DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGIA

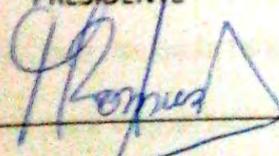


**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL DEL AGUA
SUPERFICIAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO SHILCAYO
UBICADA ENTRE LA BOCATOMA Y EL ASENTAMIENTO
HUMANO VILLA AUTONOMA”**

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR


Ing. M.Sc. Juan José Salazar Díaz
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. Manuel Ramírez Navarro
SECRETARIO


Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, **Manuel y Tomasa**

quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mi esposa **Margarita**, a ella especialmente le dedico esta Tesis.

Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, ... porque la amo.

A mis hijos,

John Jacker, Enrique y María Katherine.

Que con el amor y ternura que me dan, son la inspiración y motivación que me da la fortaleza y el ánimo para seguir luchando en la vida.

AGRADECIMIENTOS

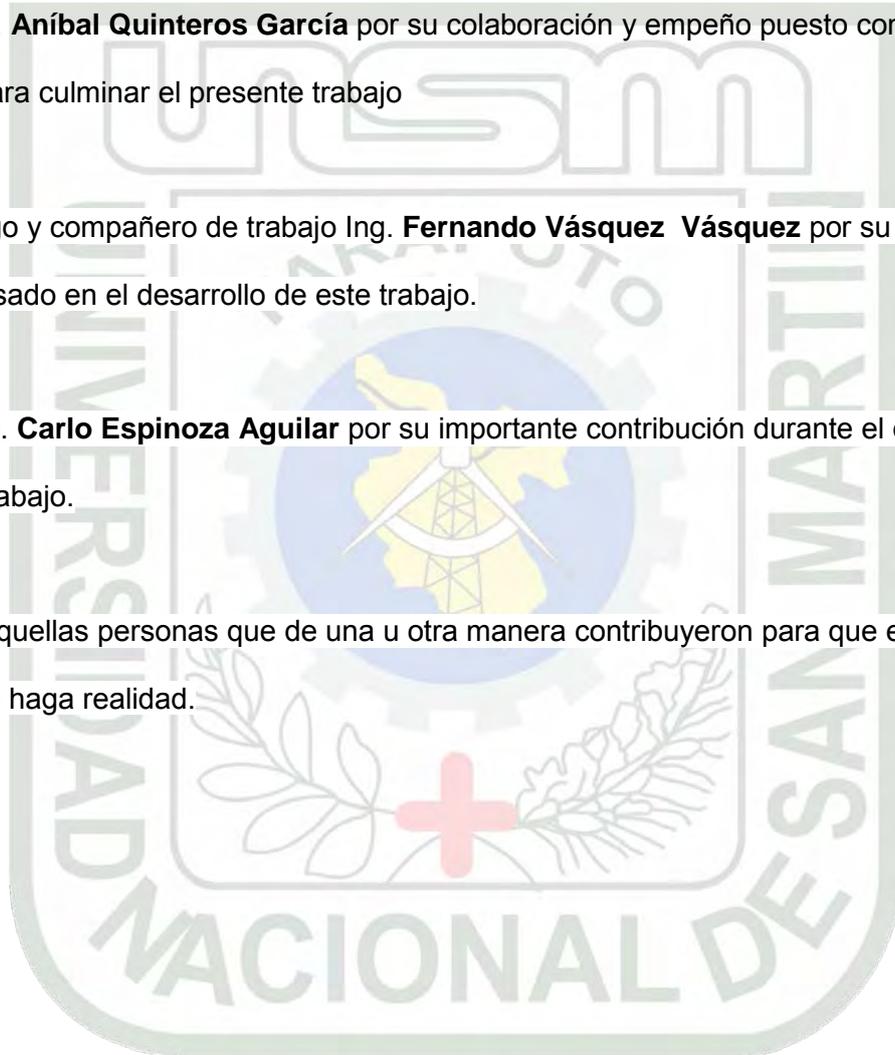
Al Ing. Msc. **Cesar Enrique Chappa Santa María** asesor del presente trabajo por su valioso asesoramiento brindado que hizo posible su culminación.

Al Ing. Dr. **Aníbal Quinteros García** por su colaboración y empeño puesto como Co-Asesor para culminar el presente trabajo

A mi amigo y compañero de trabajo Ing. **Fernando Vásquez Vásquez** por su apoyo desinteresado en el desarrollo de este trabajo.

Al Lic. Mg. **Carlo Espinoza Aguilar** por su importante contribución durante el desarrollo de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para que el presente trabajo se haga realidad.



RESUMEN

El problema de los recursos hídricos del planeta es que se encuentran irregularmente distribuidos. Mientras hay zonas, como América del Sur, que disfrutan del 26% de los recursos hídricos del planeta para un 6% de la población y sólo en la cuenca del Amazonas se concentran el 15% de toda la existencia mundial. Asia, que concentra el 60% de la población mundial sólo dispone del 36% del agua dulce disponible. A este problema se añade la irresponsabilidad del ser humano al contaminar las fuentes de agua dulce con las actividades antrópicas que realiza con la finalidad de suplir sus necesidades y ambiciones de tipo económico principalmente; cuyos desechos y efluentes generalmente son vertidos en los cauces de las aguas.

El río Shilcayo es uno de los ríos principales que atraviesa la ciudad de Tarapoto, no siendo ajeno a este problema que es utilizado de diferentes maneras; pudiendo observarse tres zonas bien definidas: La primera, la parte alta del cauce donde la actividad humana es escasa y básicamente usada como fuente de agua potable para consumo de la población, después de su tratamiento respectivo. La segunda zona comprende desde la captación hasta el asentamiento humano Villa Autónoma, siendo utilizada como zona recreativa y esparcimiento; muchos pobladores pasan su día de campo y practican la pesca.

Debido al aumento demográfico de la población, muchas familias se vienen estableciendo al margen del río, quienes construyen sus silos cerca de la ribera o simplemente vierten sus desagües directamente al río, usan el río para bañarse y lavar su ropa. Así mismo existen granjas avícolas y otras que acumulan la cama de ave junto a la orilla cuyos lixiviados y desagües de las mismas son vertidos al río. Por esta razón se ha considerado esta zona como área de estudio, para hacer una evaluación de la contaminación fecal, en miras a contribuir en la conservación a través de una información real, que permita a las autoridades elaborar un programa ambiental, y de monitoreo.

Para determinar los usos del suelo y el agua se realizó encuestas a los propietarios que están asentados al margen del río, dentro del área definida en el estudio, que permitió identificar los focos de contaminación.

En cuanto a la evaluación de la contaminación fecal se determinó coliformes totales y termotolerantes a través del método de tubos (NMP).

Los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos, muestran que en los puntos 1 y 2 de muestreo, el agua presenta poca contaminación fecal que está dentro de los estándares de calidad para aguas, lo cual significa que puede ser usado para producción de agua potable y con fines de recreación. Los puntos 3 y 4 de muestreo presentan una contaminación elevada que superan los Estándares de Calidad para Aguas; a pesar de ello los pobladores utilizan el agua para consumo y recreación, poniendo en riesgo su salud.

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone un plan de monitoreo, que permitirá estimar la evolución espacial y temporal de la calidad del agua de la cuenca media del río Shilcayo, además evaluar el impacto de las estrategias para el control de la contaminación de la cuenca media del río Shilcayo y también obtener información que sirva de base a las autoridades competentes, para diseñar programas de manejo integral de la cuenca del río Shilcayo.

ABSTRACT

The problem of global water resources is that they are unevenly distributed. While there are areas, such as South America, which enjoy 26% of global water resources for a 6% of the population and only in the Amazon basin are concentrated on 15% of the global existence. Asia, which accounts for 60% of the world population has only 36% of available fresh water. In this problem is the irresponsibility of humans to contaminate fresh water sources with human activities carried out in order to meet their needs and ambitions of mainly economic nature, which are usually waste and effluent discharges into water channels .

Shilcayo River is one of the major rivers crossing the city of Tarapoto, not being involved with this problem that is used in different ways, we could observe well-defined three areas: First, the upper part of the channel where human activity is scarce and basically used as a source of drinking water for public consumption, after their respective treatment. The second zone extends from the catchment to Villa Autonomous human settlement, being used as recreational and leisure area, many people spend their picnic and fishing.

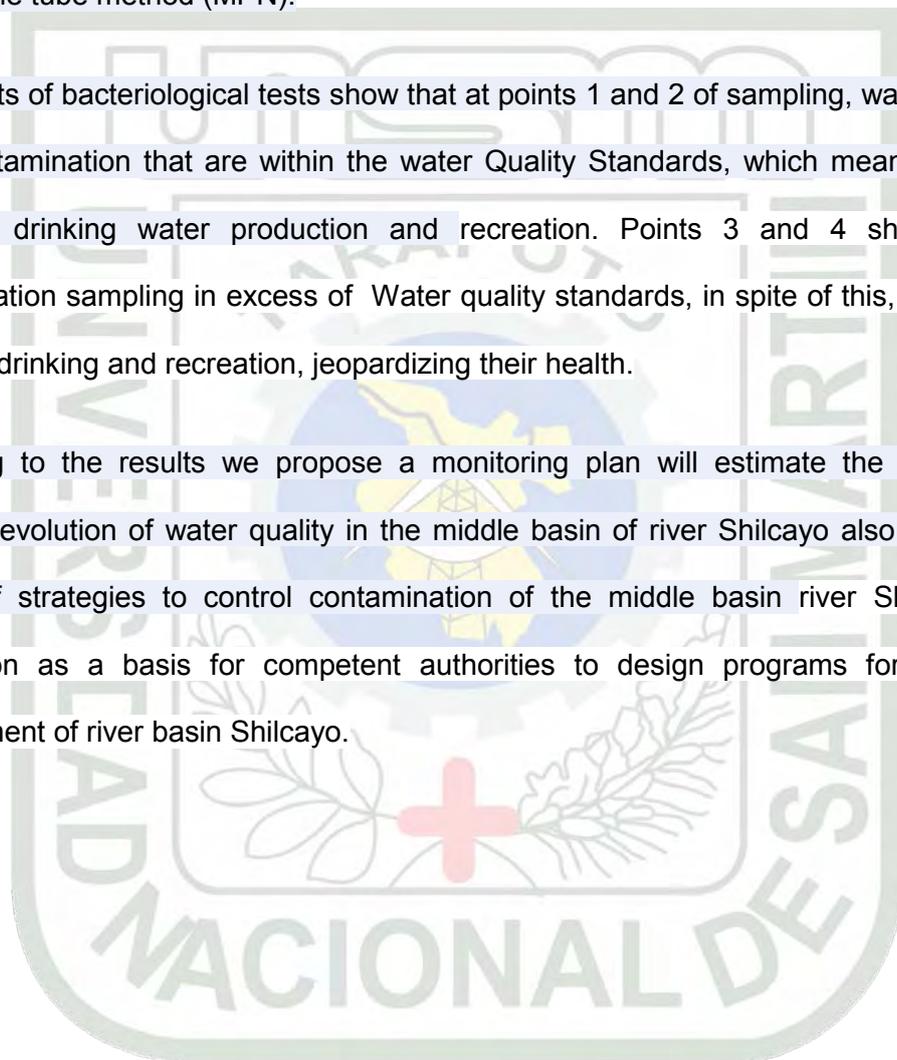
Because of population growth of the population, many families are being established outside the river, those who build their silos near the shore or simply dump their wastewater directly into the river, the river used for bathing and washing clothes. Also there are poultry farms and other bed that accumulate along the shore bird whose leachates and drains are vented into the same river. For this reason we have considered this area as the study area, to make an assessment of fecal pollution, in order to contribute to conservation through a real information, which allows the authorities to develop an environmental program, and monitoring.

To determine land use and water was carried out surveys to homeowners who are settled outside the river, within the area defined in the study, which identified the sources of pollution.

Regarding the assessment of fecal pollution was determined and thermotolerant coliforms through the tube method (MPN).

The results of bacteriological tests show that at points 1 and 2 of sampling, water has little fecal contamination that are within the water Quality Standards, which means it can be used for drinking water production and recreation. Points 3 and 4 show a high contamination sampling in excess of Water quality standards, in spite of this, people use water for drinking and recreation, jeopardizing their health.

According to the results we propose a monitoring plan will estimate the spatial and temporal evolution of water quality in the middle basin of river Shilcayo also assess the impact of strategies to control contamination of the middle basin river Shilcayo and information as a basis for competent authorities to design programs for integrated management of river basin Shilcayo.



DEDICATORIA

A mis padres, **Manuel y Tomasa**

quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mi esposa **Margarita**, a ella especialmente le dedico esta Tesis.

Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, ... porque la amo.

A mis hijos,

John Jacker, Enrique y María Katherine.

Que con el amor y ternura que me dan, son la inspiración y motivación que me da la fortaleza y el ánimo para seguir luchando en la vida.

AGRADECIMIENTOS

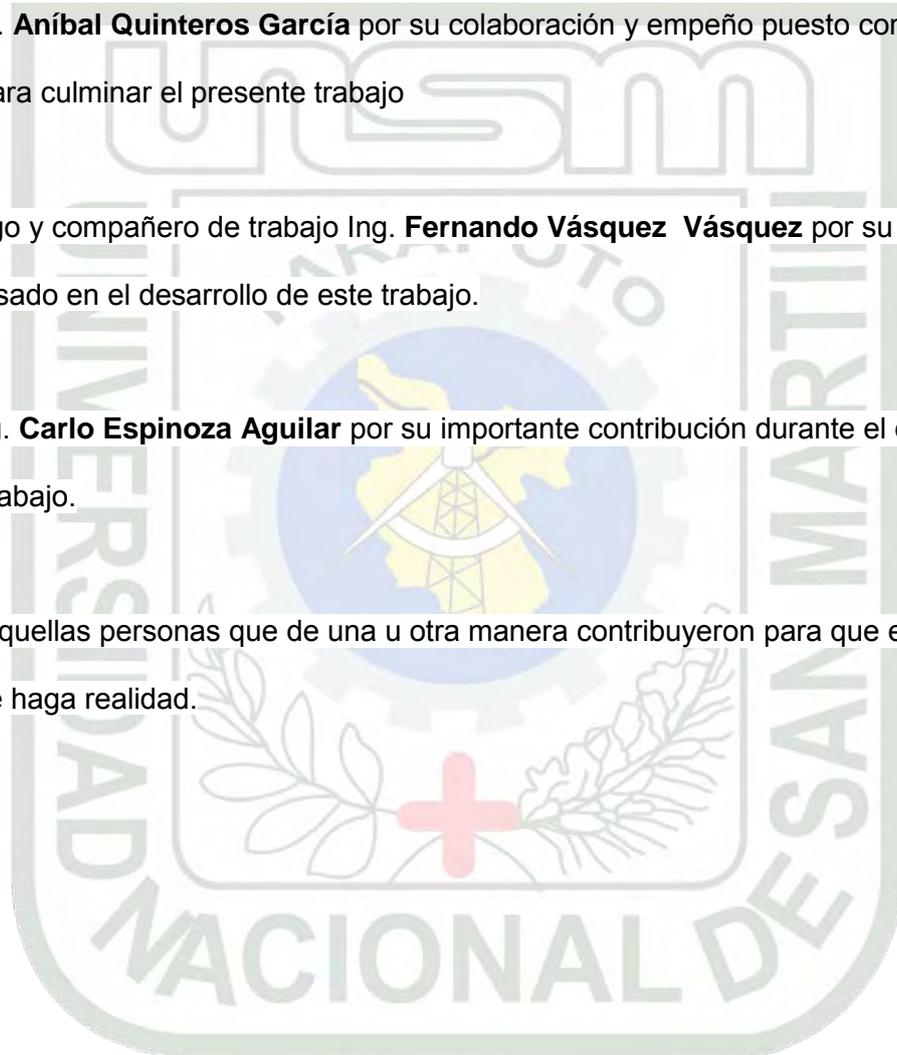
Al Ing. Msc. **Cesar Enrique Chappa Santa María** asesor del presente trabajo por su valioso asesoramiento brindado que hizo posible su culminación.

Al Ing. Dr. **Aníbal Quinteros García** por su colaboración y empeño puesto como Co-Asesor para culminar el presente trabajo

A mi amigo y compañero de trabajo Ing. **Fernando Vásquez Vásquez** por su apoyo desinteresado en el desarrollo de este trabajo.

Al Lic. Mg. **Carlo Espinoza Aguilar** por su importante contribución durante el desarrollo de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para que el presente trabajo se haga realidad.



INDICE DE CONTENIDO

- i. DEDICATORIA
- ii. AGRADECIMIENTOS
- iii. INDICE DE CUADROS
- iv. INDICE DE FIGURAS
- v. RESUMEN
- vi. SUMMARY

| | Pág. |
|---|-------------|
| CAPITULO I | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO II | |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1 Generalidades | 3 |
| 2.1.1 Marco legal | 3 |
| 2.1.2 Cuenca hidrográfica | 6 |
| 2.2 El Agua | 8 |
| 2.3 Contaminación del agua | 10 |
| 2.3.1 Origen de la Contaminación | 11 |
| 2.3.2 Fuentes de contaminación de origen antropogénico | 12 |
| 2.3.2.1 Urbano o doméstico | 12 |
| 2.3.2.2 Ganadera y agrícola | 15 |
| 2.3.2.3 Minería | 16 |
| 2.4 Contaminación de los ríos | 17 |
| 2.4.1 Agentes contaminantes | 18 |
| 2.4.2 Efectos de los contaminantes del agua en la salud | 19 |
| 2.4.3 En cuanto al medio natural | 20 |
| 2.5 Parámetros biológicos del agua | 21 |
| 2.6 Estudio hidrobiológico | 23 |
| 2.6.1 Bacteria coliforme | 24 |

| | Pag. |
|---|-------------|
| 2.6.2 Coliformes totales y coliformes fecales | 24 |
| 2.6.3 Coliformes fecales | 25 |
| 2.7 Exámenes que permiten controlar la calidad higiénica del agua..... | 25 |
| 2.8 Métodos generales de toma de muestras y de análisis bacteriológicos | 27 |
| 2.8.1 Toma de muestra | 27 |
| 2.8.2 Métodos de análisis | 29 |
| 2.8.2.1 Análisis cuantitativo | 29 |
| 2.9 Clasificación de los cursos de aguas y de las zonas costeras del país | 32 |
| 2.10 Algunos estudios realizados sobre la calidad de las aguas superficiales | 33 |
| 2.10.1 Río Shilcayo | 34 |
| 2.10.2 Quebrada Ahuashiyacu | 36 |
| 2.10.3 Río Cumbaza | 36 |
| 2.10.4 Río Mayo | 36 |
| 2.10.5 Río Ponaza | 36 |
| 2.10.6 Río Huallaga | 38 |
| 2.11 Monitoreo de calidad de aguas | 41 |

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|----|
| 3.1 Ubicación | 44 |
| 3.1.1 Ubicación de la Microcuenca | 44 |
| 3.1.1.1 Ubicación política y administrativa | 44 |
| 3.1.1.2 Ubicación geográfica | 44 |
| 3.1.1.3 Situación jurídica | 44 |
| 3.1.2 Lugar de Ejecución | 46 |
| 3.1.3 Materiales y Equipos de Laboratorio | 47 |
| 3.2 Metodología | 48 |
| 3.2.1. Tipo de investigación | 48 |
| 3.2.2 Diseño de investigación | 48 |

| | Pag. |
|--|-------------|
| 3.2.3 Método de análisis de datos | 48 |
| 3.2.3.1. Fuentes de información | 48 |
| 3.2.3.2. Variables evaluadas | 49 |
| 3.2.4 Ubicación de los puntos de muestreo | 49 |
| 3.2.5 Diagnostico del uso de la tierra y el agua | 49 |
| 3.2.5.1. Población y área del proyecto | 50 |
| 3.2.6 Preparación de materiales de muestreo y toma de muestras | 50 |
| 3.2.6.1 Preparación de los frascos | 50 |
| 3.2.6.2 Toma de muestra | 51 |
| 3.2.7 Tratamiento de información obtenida del Análisis Microbiológico | 52 |
| 3.2.7.1 Numeración de coliformes totales y termotolerantes por el método de tubos múltiples (NMP). (APHA, 1995) ... | 52 |
| 3.2.8 Determinación del Caudal | 54 |

CAPITULO IV

| | |
|---|-----------|
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 56 |
| 4.1 Ubicación de la cuenca del río Shilcayo | 56 |
| 4.2 Ubicación del área de influencia del proyecto | 57 |
| 4.3 Ubicación de los puntos de muestreo | 59 |
| 4.4 Determinación del caudal | 60 |
| 4.5 Diagnóstico de la población | 61 |
| 4.6 Análisis Microbiológico | 66 |
| 4.7 Plan de Monitoreo | 72 |
| 4.7.1 Introducción | 72 |
| 4.7.2. Objetivos de Monitoreo | 73 |
| 4.7.3. Parámetros a monitorear | 73 |
| 4.7.4. Estándares de calidad a considerar | 73 |
| 4.7.5. Ubicación de puntos de muestreo | 74 |

| | Pag. |
|---|-------------|
| 4.7.6. Medición de Caudales | 75 |
| 4.7.7. Registro de datos de campo | 75 |
| 4.7.8 Frecuencia de monitoreo | 75 |
| 4.7.9. Muestreo, preservación, conservación y envío de las muestras al laboratorio de análisis. | 75 |
| CAPITULO V | |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 81 |
| 5.1 Conclusiones | 81 |
| 5.2 Recomendaciones | 82 |
| CAPITULO VI | |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 83 |
| ANEXOS | |



ÍNDICE DE CUADROS

| | Pag. |
|--|------|
| Cuadro N° 01: Principales actividades humanas contaminantes..... | 13 |
| Cuadro N° 02: Alteraciones biológicas del agua | 21 |
| Cuadro N° 03: Usos del agua | 26 |
| Cuadro N° 04: Estándares microbiológicos del agua | 33 |
| Cuadro N° 05 : Calidad de agua de redes y fuentes evaluadas | 37 |
| Cuadro N° 06: Indicadores de contaminación en los cuerpos de agua de los Ríos Shilcayo, Ahuashiyacu, Cumbaza y Mayo | 39 |
| Cuadro N° 07: Resultados de análisis microbiológicos | 39 |
| Cuadro N° 08: Resultados de análisis microbiológico | 40 |
| Cuadro N° 09: Valores bacteriológicos promedios obtenidos a partir de los tres muestreos en los diferentes puntos de la microcuenca del Río Shilcayo - San Martín..... | 41 |
| Cuadro N° 10: Puntos de muestreo | 59 |
| Cuadro N° 11 : Caudal del río Shilcayo | 61 |
| Cuadro N° 12: Tipo de vivienda..... | 61 |
| Cuadro N° 13: Servicios | 62 |
| Cuadro N° 14: Usos del suelo | 63 |
| Cuadro N° 15: Uso pecuario | 64 |
| Cuadro N° 16: Usos del Agua | 65 |
| Cuadro N° 17: Análisis Microbiológico | 67 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| Figura N° 01: Fuentes de contaminación de origen antropogénicas | 12 |
| Figura N° 02: Diagrama de flujo para la determinación de coliformes | 30 |
| Figura N° 03: Microcuenca del Río Shilcayo..... | 45 |
| Figura N° 04: Imagen Satelital de la Microcuenca del Río Shilcayo..... | 46 |
| Figura N° 05: Laboratorio donde se analizaron las muestras | 47 |
| Figura N° 06: Ubicando los puntos de muestreo | 49 |
| Figura N° 07: Frascos preparados | 50 |
| Figura N° 08: Tomando la Muestra | 51 |
| Figura N° 09: Muestras conservadas y aisladas | 52 |
| Figura N° 10: Diagrama del proceso de dilución para análisis de muestras de agua | 53 |
| Figura N° 11: Diagrama del método del número más probable | 53 |
| Figura N° 12 : Midiendo el área transversal del río | 55 |
| Figura N° 13: Cuenca del río Shilcayo..... | 56 |
| Figura N° 14: Área de influencia del proyecto..... | 58 |
| Figura N° 15: Puntos de muestreo..... | 60 |
| Figura N° 16: Tipo de vivienda | 62 |
| Figura N° 17: Servicios básicos | 63 |
| Figura N° 18: Uso agrícola | 64 |
| Figura N° 19: Usos del agua | 65 |
| Figura N° 20: Primer muestreo en la mañana. | 68 |
| Figura N° 21: Primer muestreo en la tarde | 68 |
| Figura N° 22: Coliformes termotolerantes | 69 |

| | | |
|---------------|-------------------------------------|----|
| Figura N° 23: | Segundo muestreo en la mañana | 70 |
| Figura N° 24: | Coliformes termotolerantes | 71 |
| Figura N° 25: | Segundo muestreo en la tarde | 71 |
| Figura N° 26: | Coliformes termotolerantes | 72 |



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los ríos, por su capacidad de arrastre y el movimiento de las aguas, son capaces de soportar mayor cantidad de contaminantes. Sin embargo, la presencia de tantos residuos domésticos, fertilizantes, pesticidas y desechos industriales altera la flora y fauna acuáticas. En las aguas no contaminadas existe cierto equilibrio entre los animales y los vegetales, que se rompe por la presencia de materiales extraños. Así, algunas especies desaparecen mientras que otras se reproducen en exceso. Además, las aguas adquieren una apariencia y olor desagradables. Los ríos constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua potable de las poblaciones humanas. Su contaminación limita la disponibilidad de este recurso imprescindible para la vida. **(Vecco, 2005)**.

Por otro lado, los sistemas naturales son frecuentemente intervenidos o impactados debido a la ocupación del hombre, pudiendo llegar a ser el factor antrópico el que realmente controle la composición de las aguas en algunas localidades, en las cuales las descargas de aguas servidas, el uso de fertilizantes, o la acumulación de desechos de actividades industriales al descampado, pueden controlar la composición de la carga disuelta y suspendida en los corrientes de aguas superficiales y/o subterráneas.

El Agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de un gran número de actividades humanas. Su creciente degradación por disminución de su calidad implica la reducción del número de usos que se le da; es por ello, lo que se hace necesario la realización de estudios que permitan determinar la calidad del agua. Los análisis que se pueden realizar al agua para evaluar su calidad son: físicos, químicos y microbiológicos, en esta ocasión se hará una determinación microbiológica. Es por ello que hoy tenemos la responsabilidad de velar fielmente por la protección de todas nuestras corrientes de aguas, sean estas superficiales o subterráneas, evitando en lo posible degradarlas, contaminarlas o mal utilizarlas, para que nuestros hijos y todos sus descendientes puedan disponer del mayor tesoro universal.

El aumento de la población, el explosivo desarrollo urbanístico y el cambio de uso del suelo ha comenzado a tener efectos negativos sobre la microcuenca del Río Shilcayo; que representa una de las principales fuentes de abastecimiento para

agua potable y otras actividades antrópicas; así como ocurre en la cuenca baja de este río y en otros casos en que las poblaciones han crecido sin la adecuada infraestructura sanitaria, los cursos de aguas superficiales, se han convertido en sitios utilizados para descargar aguas residuales y desechos de todo tipo.

La reducción en la salud ambiental comienza a ser evidente; sin embargo, se hace necesario contar con la información precisa y actualizada sobre la magnitud del impacto de las actividades antropogénicas de esta microcuenca con la finalidad de dar recomendaciones basadas en información científica que permita una planificación y un manejo adecuado de este recurso hídrico, tomando en consideración el potencial y las limitaciones del ambiente en la región.

Cabe indicar que la microcuenca del Shilcayo, es importante para el ambiente porque en sus bosques producen oxígeno que purifican el aire que respiramos, mantienen agradable y estable el clima local, conservan la diversidad biológica, protegen el suelo y asegura la disponibilidad de agua dulce por que es donde se recoge y permanece la reserva de agua que mantiene la corriente de los ríos y provee de alimentación a peces y aves, capta, almacena y suple el agua que hace posible el abastecimiento de algunas ciudades y centros poblados de la provincia de San Martín (Vecco, 2005), siendo importante garantizar la cantidad y calidad de este líquido elemento por ser vital para el bienestar económico, social y ambiental de los pobladores.

Objetivos:

General:

Evaluar la contaminación fecal del agua superficial en la cuenca media del río Shilcayo ubicada entre la Bocatoma y el asentamiento humano Villa Autónoma - Tarapoto

Específicos:

- Hacer un diagnóstico de los pobladores y actividades antrópicas que se desarrollan en la zona de estudio.
- Evaluar el nivel de contaminación fecal del río a través de análisis microbiológico del agua.
- Elaborar un plan de Monitoreo que sirva a las autoridades como información real del problema y algunas acciones a tomar.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

2.1.1 Marco legal

Constitución Política del Perú

En el **artículo 66°** establece que: los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.

Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal; y en el **artículo 67°** que el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Ley de Recursos Hídricos (LEY N° 29338)

El **artículo 121°**, menciona que las infracciones en materia de agua son calificadas como leves, graves y muy graves, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Afectación o riesgo a la salud de la población;
2. Beneficios económicos obtenidos por el infractor;
3. Gravedad de los daños generados;
4. Circunstancias de la comisión de la infracción;
5. Impactos ambientales negativos, de acuerdo con la legislación vigente;
6. Reincidencia; y
7. Costos en que incurra el Estado para atender los daños generados.

La calificación e imposición de sanciones en primera instancia corresponde a la autoridad administrativa del agua; y el **artículo 122°** que las sanciones, concluido el procedimiento sancionador, la autoridad de aguas competente puede imponer, según la gravedad de la infracción cometida y las correspondientes escalas que se fijan en el Reglamento, las siguientes sanciones administrativas:

1. Trabajo comunitario en la cuenca en materia de agua o
2. Multa no menor de cero coma cinco (0,5) Unidades Impositivas Tributarias (UIT) ni mayor de diez mil (10 000) UIT.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley Nº 29338)

En el **artículo 2° inc. 2)** indica que el agua es patrimonio de la Nación y su dominio es inalienable e Imprescriptible. No hay propiedad privada sobre el agua, sólo se otorga en uso a personas naturales o jurídicas. Siendo según el **Artículo 55°** el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana prioritario sobre cualquier otra clase o tipo de uso.

El **Artículo 56°** determina que el uso primario a que se refiere la Ley es libre y gratuito; no requiere de licencia, permiso o autorización de uso de agua. Se limita a la utilización manual de las aguas superficiales y subterráneas que afloran naturalmente, mientras se encuentren en sus fuentes naturales o artificiales, con el fin exclusivo de satisfacer las necesidades humanas primarias siguientes: preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, así como usos en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

En su **artículo 127°** define que las zonas de protección del agua son áreas específicas de las cuencas hidrográficas o acuíferos cuyas características naturales requieren ser preservadas, para proteger o restaurar el ecosistema, y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como sus bienes asociados. La Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con la autoridad ambiental y las autoridades sectoriales correspondientes, podrá declarar zonas de protección de los recursos hídricos en las que se prohíba, limite o restrinja cualquier actividad que afecte la calidad del agua o sus bienes asociados. Dicha medida podrá adoptarse en aplicación del principio precautorio. Cuando exista grave riesgo de afectación a la salud de la población, podrá declararse zona de protección, para lo que deberá contarse con la opinión sustentada y favorable de la autoridad de salud.

En el **artículo 133°** manifiesta que la Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles – LMP.
- b. No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- c. Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- d. No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.

e. No se afecte la conservación del ambiente acuático.

El **Artículo 277º** tipifica que son infracciones en materia de recursos hídricos las siguientes:

- a. Usar, represar o desviar las aguas sin el correspondiente derecho de uso de agua o autorización de la Autoridad Nacional del Agua.
- b. Construir o modificar, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua, obras de cualquier tipo, permanentes o transitorias, en las fuentes naturales de agua, los bienes naturales asociados a ésta o en la infraestructura hidráulica mayor pública.
- c. Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas, cualquiera fuese la situación o circunstancia que lo genere.
- d. Efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar rehúso de aguas, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.
- e. Arrojar residuos sólidos en cauces o cuerpos de agua natural o artificial

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

En el **artículo 114º** establece que el acceso al agua para el consumo humano es un derecho de la población, Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1030; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118º de la Constitución Política del Perú:

DECRETA;

Artículo 1º.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. **(Anexo 03)**

2.1.2 Cuenca hidrográfica

¿Qué es una cuenca hidrográfica?

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica, corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. **(Franquet, 2005)**

Este concepto se confunde muchas veces porque tiende a asociarse con el cauce o con las márgenes de un río. Por lo tanto, es importante apuntar que el concepto que aquí definimos implica una cierta superficie de terreno, de manera que todo punto en un país pertenece o está dentro de una cuenca hidrográfica. Una cuenca no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra. **(Franquet, 2005).**

Dentro de una cuenca se pueden distinguir: la parte alta, la parte media y la parte baja. En las partes altas, la topografía normalmente es empinada y generalmente están cubiertas de bosque. Tanto en la parte alta como en la parte media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos; las partes bajas, a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas. Se presenta la cuenca como un verdadero sistema, ya que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan. Los más importantes son: el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos. La cuenca tiene gran importancia por la relación directa que existe entre la cuenca alta y la cuenca baja, de forma que las acciones que el hombre realiza en la parte alta afectan de manera determinante en la parte baja: un buen ejemplo de ello serían las afecciones que se pudieran producir en el delta del Ebro (España) como consecuencia de las actuaciones previstas en el Plan Hidrológico Nacional (PHN) y en el correspondiente Plan hidrológico de cuenca, a los que nos referiremos más adelante. Por esta razón, la cuenca como sistema natural reúne todas las condiciones para utilizarla como unidad planificadora en el

establecimiento de programas integrados que permitan la solución de problemas de mucha complejidad. **(Franquet, 2005).**

Bartol (2008), define como cuenca hidrográfica al área drenada por un río. La cuenca es una unidad natural hidrológica y geofísica, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos. Los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria de aguas. En la cuenca es posible efectuar un balance del ciclo hidrológico, cuantificando con mayor precisión el agua disponible. Asimismo, las cuencas hidrográficas facilitan la percepción del efecto negativo de las acciones del hombre sobre su entorno, evidenciándolas en la contaminación y en la calidad del agua evacuada por la cuenca, quedando claro, por cierto, que el agua es el recurso integrador y el producto resultante de la cuenca.

García (1982), define como cuenca a un territorio o área geográfica en que el agua cae por precipitación, escurre y se une para formar un curso o cuerpo de agua principal. En otras palabras, una cuenca es un área geográfica donde el agua que cae en esa zona, a causa de la lluvia y otras fuentes, se infiltra en el suelo o corre por la superficie, llegando hacia un cuerpo común de agua que puede ser un río principal, lago, laguna, estero y otros. El mismo autor manifiesta que una cuenca está integrada por cinco componentes básicos: el componente físico, biológico, demográfico, cultural y económico:

* **Componente físico:** Representa los recursos naturales existentes en la cuenca, entre ellos podemos mencionar: ubicación, superficie, relieve, formación de los recursos naturales, clima, agua, suelos, erosión, sedimentación y otras.

* **Componente biológico:** Se refiere a los recursos de vida silvestre existentes en la cuenca, entre ellos se puede mencionar: la naturaleza vegetación, cobertura de las características de los árboles, zonas de vida, fauna silvestre, flora y recursos acuáticos.

* **Componente demográfico:** Son las características que presentan las comunidades humanas que habitan la cuenca o que se ubican en las zonas de influencia; entre los principales elementos integrantes de este componente están: tamaño y distribución de la población, crecimiento poblacional, clasificación por edad, sexo y ocupación, población económicamente activa y otros.

* **Componente Cultural:** Esta referido al nivel de destrezas de las comunidades. Entre sus principales elementos se pueden señalar: conocimientos, creencias, normas y pautas de conducta, estado y sistema político, instituciones educativas, instituciones de coordinación.

* **Componente económico:** Son las actividades productivas realizadas por las comunidades de la cuenca, sus principales indicadores son: uso de la tierra, sistema de producción y consumo, empleo y ocupación, tenencia de la tierra, crédito y mercadeo.

Dourojeanni (1994), manifiesta que "Dios estableció las líneas del divorcio de las aguas como límites naturales de las cuencas hídricas. Los hombres, para sus menesteres políticos y administrativos han trazado otras, que generalmente se entrecruzan y no coinciden con aquellas".

En el Perú el primer programa de Manejo de Cuencas, fue organizado por el Ministerio de Agricultura en 1974, pero es en 1980 cuando se inician las acciones con el Programa Nacional de Conservación de suelos y Agua en Cuencas Hidrográficas financiado por el AID, programa que dio origen a lo que ahora se conoce como PRONAMACHS (**Ministerio de Agricultura, 1 988**).

2.2. El Agua.

El agua pura es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0° C y su punto de ebullición de 100° C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4° C y se expande al congelarse. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobreenfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos -25° C sin que se congele. Sin embargo, tiene unas cualidades especiales que la hacen muy importante, entre las que destacan el hecho de que sea un regulador de temperatura en los seres vivos y en toda la biosfera, por su alta capacidad calórica (su temperatura no cambia tan rápido como la de otros líquidos), Se presenta en tres estados en la naturaleza: Sólido, Líquido y Gaseoso. (**Custodio y Llamas, 2005**).

La escasez de agua es hoy uno de los grandes retos que afronta la humanidad para el futuro, sin embargo, es un elemento muy abundante a la Tierra, el problema es que el 97% del total está formada por agua salada perteneciente a mares y

océanos. Es por esta razón que no es del todo acertado afirmar que el agua es un recurso escaso al planeta. El elemento realmente escaso es el agua dulce, es decir, aquella que es imprescindible para el desarrollo de la vida terrestre. El agua dulce constituye sólo un 3% del total del agua presente al planeta, y el 70% de esta no está disponible, puesto que se encuentra congelada a los bancos de hielo polares y alas glaciares. **(Custodio y Llamas, 2005).**

El agua dulce líquida, es decir, aquella de la cual el hombre teóricamente dispone para satisfacer todas sus necesidades (supervivencia, agricultura, industria y servicios) constituye sólo un 1% del agua presente en el planeta. Y a pesar de que la oferta mundial de agua dulce, tomada en cifras totales, es todavía superior a la demanda mundial, los problemas con el agua dulce son importantes. El problema es que los recursos hídricos del planeta se encuentran irregularmente repartidos. Mientras hay zonas, como América del Sur, que disfrutan del 26% de los recursos hídricos del planeta para un 6% de la población (sólo en la cuenca del Amazonas se concentran el 15% de todas las existencia mundiales). Asia, que concentra el 60% de la población mundial sólo dispone del 36% del agua dulce disponible. En la actualidad 550 millones de personas viven en países con escasez y estrés hídrico, y se calcula que en el año 2010 serán 1000 millones. **(Cortés, 2000).**

A esta cruda realidad hay que sumar los estragos provocados por la creciente deforestación en los bosques tropicales y los cambios climáticos que afectan el planeta, situaciones que en gran medida han mermado considerablemente el caudal de muchos de nuestros ríos; y si a esto añadimos la extraordinaria explosión demográfica y las despiadadas acciones de contaminación industrial, urbana y doméstica, cuyo espectro es cada vez más amplio y aterrador, podríamos vislumbrar que tras la bruma del presente hay un futuro hídrico sombrío, del cual seremos directa o indirectamente responsables. **(Aide y Grau 2004; Ecoespaña, 2006).**

Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes en el momento de establecer el control de la calidad de la misma sin considerar si tienen su medio natural de vida en el agua o pertenecen a poblaciones transitorias introducidas por el ser humano; si su crecimiento lo propician los nutrientes presentes en el escurrimiento natural y en aguas residuales municipales o lo frenan los venenos procedentes de la actividad agrícola o industrial; y si tienen capacidad para intoxicar a las personas y a los animales superiores. Se debe conocer la forma de los patógenos hídricos y determinar su presencia y origen, la magnitud y

oscilación de su número, el curso de su ciclo vital y el índice de su supervivencia. Los parámetros biológicos en las aguas potables son de mucho interés, los microorganismos que puede haber en el agua son virus, bacterias, hongos, algas y protozoos. Aquellos que son inocuos para el hombre no tienen significación sanitaria, por lo que el control microbiológico del agua se va a centrar en las especies patógenas para el hombre. Dado que buscar todo tipo de microorganismos patógenos, por su diversidad, es costoso y complicado y como la relación patógenos/no patógenos es muy pequeña, se realiza un control del agua a través de indicadores microbiológicos de contaminación. **(Aide y Grau 2004; Ecoespaña, 2006).**

2.3. Contaminación del agua:

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define que “Debe considerarse que un agua está contaminada, cuando su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones de utilización a la que se hubiera destinado en su estado natural”.

De acuerdo a esta definición que da la OMS para la contaminación del agua debe considerarse también, tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, como los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente **(Arcas, 2005)**. Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes en el momento de establecer el control de la calidad de la misma, sin considerar si tienen su medio natural de vida en el agua o pertenecen a poblaciones transitorias introducidas por el ser humano; si su crecimiento lo propician los nutrientes presentes en el escurrimiento natural y en aguas residuales municipales o lo frenan los venenos procedentes de la actividad agrícola o industrial; y si tienen capacidad para intoxicar a las personas y a los animales superiores.

Se debe conocer la forma de los patógenos hídricos y determinar su presencia y origen, la magnitud y oscilación de su número, el curso de su ciclo vital y el índice de su supervivencia. Los parámetros biológicos en las aguas potables son de mucho interés, los microorganismos que puede haber en el agua son virus, bacterias, hongos, algas y protozoos. Aquellos que son inocuos para el hombre no tienen significación sanitaria, por lo que el control microbiológico del agua se va a centrar en las especies patógenas para el hombre. Dado que buscar todo tipo de microorganismos patógenos, por su diversidad, es costoso y complicado y como la

relación patógenos/no patógenos es muy pequeña, se realiza un control del agua a través de indicadores microbiológicos de contaminación. **(Vecco, 2005)**.

La contaminación del agua es uno de los peores problemas ambientales que la naturaleza sufre hoy en día. El hombre diariamente contamina el agua sin darse cuenta que este es un recurso indispensable para la vida de todos los seres vivos del planeta. Cada día las personas arrojan basura a los ríos y lagos. Los residuos humanos son depositados en los ríos como también los desechos de muchas fábricas que desembocan en el mar **(Fiestas, 2007)**.

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua **(Vargas, 1996)**.

2.3.1 Origen de la Contaminación

Según **Cáceres (1990)**, el estado natural del agua puede ser afectado por procesos naturales. Por ejemplo los suelos, las rocas, algunos insectos y excrementos de animales. La otra forma con la que se puede cambiar su estado natural, es artificialmente, o sea, causas humanas (Actividades antropogénicas) Por ejemplo, sustancias que cambien el pH y la salinidad del agua, originadas por actividades mineras.

Las actividades antropogénicas, desde el punto de vista regional representan la mayor fuente de contaminación (Fig 01). Cuantitativamente son menores que las naturales pero sus efectos se multiplican por que sus efluentes se localizan en áreas reducidas, que a su vez son las que mayor cantidad de población tienen, y además, por que sus emisiones son más intensas **(Lenntech, 2009)**.

Otra causa son los nutrientes en exceso, que son fertilizantes vertidos en agua, y esto hace que crezcan algas en exceso, y así no entre luz al lago o laguna, y los peces mueran. Después, tenemos las sustancias tóxicas, que son por ejemplo los metales pesados, como el plomo y el cadmio, esto genera bioacumulación. Por último están los residuos urbanos, que vendrían siendo las aguas negras o aguas servidas, que contienen excrementos. **(Cáceres, 1990)**.

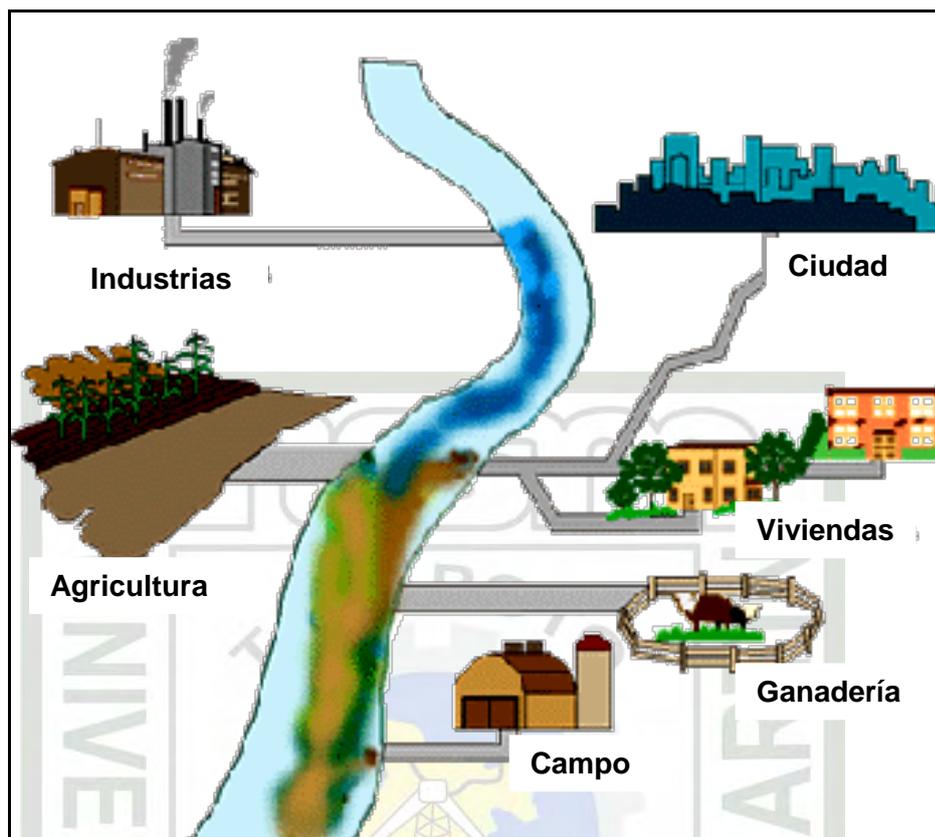


Figura N° 01: Fuentes de contaminación de origen antropogénicas
Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2009

2.3.2. Fuentes de contaminación de origen antropogénico

Las fuentes de origen antropogénico, estas dadas por las actividades humanas que realiza para satisfacer sus necesidades, que se muestra en el cuadro N° 01.

2.3.2.1 Urbano o doméstico

Vertimiento de aguas servidas. La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar. Este problema es generalizado y afecta al mar (frente a Lima y Callao, frente a Chimbote), a muchos ríos (Tumbes, Piura, Santa, Mantaro, Ucayali, Amazonas, Mayo, etc.) y a lagos (Titicaca, Junín). Los desagües contienen excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos. Con el vertimiento de desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, etc.).

Cuadro Nº 01: Principales actividades humanas contaminantes

| ACTIVIDADES | EFFECTOS |
|---|--|
| Embalses: C. Hidroeléctricas | Acumulación de sedimentos Alteración de los niveles de acuíferos subterráneos Impedimento de migración de los peces |
| Embalses: (Regadío, suministro para consumo) | Derivación de caudales |
| Central térmica convencional | Polución por desincrustantes y biocidas Elevación de la temperatura de agua del medio receptor: Incremento de la evaporación Disminución del poder de autodepuración Alteración de ecosistema (Muerte de huevos y larvas principalmente) Alteración de los ciclos reproductivos |
| Agricultura | Aporte de nutrientes: Eutrofización Aporte de plaguicidas Derivación de caudales |
| Ganadería | Polución orgánica Contaminación bacteriológica |
| Extracción de áridos de los cauces | Descenso del nivel de los acuíferos subterráneos Polución y contaminación de aguas (alteración del transporte de sedimentos) |
| Industrias | Metales pesados y otros tóxicos Polución orgánica Detergentes Derivaciones de caudal |
| Núcleos urbanos | Contaminación bacteriológica |
| Minas | Sales minerales Tóxicos Material en suspensión |
| Pozos de extracción de aguas | Descenso del nivel de agua del acuífero subterráneo Intrusión de aguas marinas Salinización de suelos |
| Deforestación | Disminución de la infiltración de agua Favorecimiento de arriadas |
| Excursionismo y Camping | Detergentes Polución orgánica Contaminación bacteriológica Basuras |
| Polución atmosférica | Polvos Metales pesados y otros tóxicos Contaminación radioactiva |
| Vertederos de basuras | Basuras Concentración de las fermentaciones: Malos olores Polución química Contaminación bacteriológica |

Fuente: Romero, 2005

Vertimiento de basuras y desmontes en las aguas. Es costumbre generalizada en el país el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, los ríos y los lagos, sin ningún cuidado y en forma absolutamente desordenada. Este problema se produce especialmente cerca de las ciudades e industrias. La basura contiene plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos, que no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas (el fierro produce óxido de fierro), de impacto negativo. **(Perú Ecológico, 2009).**

La contaminación de origen urbano es el resultado del uso del agua en viviendas, actividades comerciales y de servicios, lo que genera aguas residuales, que son devueltas al receptor con contenidos de residuos fecales (con alta carga biológica), desechos de alimentos (grasa, restos, etc.), y en la actualidad con un importante incremento de productos químicos (lejías, detergentes, cosméticos, etc.). **(Lenntech, 2009).**

Algunas personas contaminan el agua porque no tienen desagües o no llega los carros recolectores de basura, ya sea porque viven en zonas donde no hay red urbana de desagües o vehículos recolectores de basura, lo que les obliga a arrojar los desechos y aguas servidas a los ríos. **(Cáceres, 1990).**

En el laboratorio son objeto de análisis y valoración tanto residuos industriales como urbanos y agrícolas arrojados a algún terreno de forma incontrolada y que supone una fuente de contaminación de aguas subterráneas por sustancias químicas o presencia de microorganismos. Son objeto de análisis y valoración de daños y riesgos, cuando una inadecuada evacuación y/o ubicación los convierte en amenaza para la potabilidad de las aguas subterráneas.

De forma idéntica a los residuos sólidos industriales, los residuos urbanos arrojados sobre un terreno y en contacto con el agua de lluvia forman un residuo líquido o lixiviado, muy cargado de contaminantes, que se filtran dentro de las capas acuíferas. Si el terreno es permeable esta contaminación llegará más o menos íntegra a las aguas subterráneas. **(Van de Mootele, 2008).**

Los desechos (basura) los depositamos en el suelo y permanecen mucho tiempo sin ser recogidos, al mojarse se generan líquidos contaminantes, éstos se filtran al subsuelo afectando la pureza del agua de los mantos acuíferos. Se abusa de los detergentes, blanqueadores, suavizantes, que son arrojados al drenaje provocando que los ríos y los lagos se saturen de espuma, ocasionando la pérdida de oxígeno del agua así como la muerte de aves acuáticas. En la mayoría de las ocasiones, el

agua utilizada es arrojada al drenaje combinado con algunos desechos que pueden ser peligrosos como el cianuro, los fenoles, mercurio, plomo, cobre y zinc. El agua de lluvia en la Ciudad va directamente a los drenajes y al no tener oportunidad de ser tratada, se contamina durante su paso arrastra todo tipo de desechos contaminando los ríos, lagos, cuencas y el mar. (**Universidad Nacional de Colombia, 2009**).

Los vertidos industriales se caracterizan porque llevan una gran cantidad de sustancias químicas, inorgánicas y orgánicas susceptibles de convertirse en contaminantes. En vertederos que no están impermeabilizados y debido al agua de la lluvia forman un lixiviado que en terrenos permeables se infiltra fácilmente. También puede ser foco de contaminación, el almacenamiento de materias primas líquidas o sólidas, transporte de sustancias contaminantes en el caso de producirse un accidente o vertido involuntario y las fugas de cisternas y conducciones.

No todos los residuos industriales son peligrosos, por ello, en la labor de investigación de un delito ecológico y como centro auxiliar de la administración de Justicia nos corresponde en los casos que se solicita por la fiscalía, el análisis y caracterización de residuos industriales y suelos contaminados.

La caracterización de residuos supone un elevadísimo número de compuestos a chequear, un análisis exhaustivo sería inviable, por lo que se impone una metodología dirigida a compuestos cuya presencia es previsible encontrar a priori (en función de la información sobre la actividad de la empresa), y a ser posible que se puedan determinar por técnicas de barrido, posibilitando de esta forma, la obtención de un máximo de datos con un mínimo de ensayos. (**Van de Mootele, 2008**)

2.3.2.2 Ganadera y agrícola

La contaminación de origen agrícola deriva, principalmente, del uso de plaguicidas, pesticidas, biocidas, fertilizantes y abonos, que son arrastrados por el agua de riego, llevando consigo sales compuestas de nitrógeno, fósforo, azufre y trazas de elementos organoclorados que pueden llegar al suelo por lixiviado y contaminar las aguas subterráneas.

En explotaciones ganaderas, la contaminación procede de los restos orgánicos que caen al suelo y de vertidos con aguas cargadas de materia orgánica, que asimismo pueden contaminar las aguas subterráneas. (**Lenntech, 2009**).

La utilización de abonos agrícolas, herbicidas, fungicidas, insecticidas son motivo de grave contaminación de aguas subterráneas.

A veces, y en determinadas épocas del año suceden descargas de productos plaguicidas a ríos y cauces de zonas agrícolas, provocando la muerte masiva de peces; de estos hechos que normalmente son investigados por la policía, rara vez se obtienen resultados, pues la toma de muestra siempre es con posterioridad al hecho, que sucede de una forma puntual, raramente podemos detectar en las muestras que recibimos (agua del río, peces muertos) las sustancias causantes de la mortandad de peces.

También es importante, en las zonas agrícolas, el considerable aumento de nitrógeno (nitratos) en las aguas subterráneas utilizadas para consumo humano, haciéndolas especialmente peligrosas para lactantes. Este exceso de Nitrógeno procede de abonos sintéticos formados por compuestos químicos de N-P-K. El aumento excesivo de la concentración de nitratos en el agua se ha hecho sentir en el Maresme (España), donde se han encontrado concentraciones de más de 500 ug/L cuando el límite tolerado es de 50 ug/L de nitratos.

Los residuos sólidos orgánicos procedentes del sector ganadero, depositados en vertederos, donde las condiciones, en muchos casos, pueden ser esencialmente anaeróbicas, (falta de oxígeno). La descomposición de la materia orgánica produce gases como metano, CO_2 , NH_3 , SH_3 , etc. la mayoría con mal olor, mientras otros contaminan peligrosamente las aguas al transformarse en nitritos, nitratos, ácido carbónico y carbonatos etc. También se pueden contaminar las aguas subterráneas por bacterias, aunque los coliformes raramente se infiltran a más de 1,5 m de profundidad, a veces se encuentran elevadas concentraciones en aguas subterráneas. (**Van de Mootele, 2008**).

2.3.2.3 Minería

Vertimiento de relaves mineros. Esta forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros y las concentradoras. Es especialmente grave en el mar frente a Tacna y Moquegua, por las minas de cobre de Toquepala; en los ríos Rímac, Mantaro, Santa, el lago de Junín y todos los ríos de las ciudades cercanas a centros mineros del Perú. Los relaves mineros contienen fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias sumamente tóxicas para las plantas, los animales y el ser humano. Otro caso es el de los lavaderos de oro, por el vertimiento de mercurio en las aguas de ríos y

quebradas. Esto es de gravedad a nivel local, como en Madre de Dios y cerca de centros auríferos (**Perú Ecológico, 2009**).

2.4 Contaminación de los ríos

En condiciones normales los ríos pueden auto depurarse: las aguas arrastran los desechos hacia los océanos, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en las aguas y degradan los compuestos orgánicos, que a su vez, son consumidas por los peces y las plantas acuáticas devolviendo el oxígeno y el carbono a la biosfera. Pero a medida que la humanidad fue progresando, esto se hace cada vez más difícil. Las fuentes naturales de agua que disponemos son: el agua de lluvia, ríos, lagos, mares y aguas subterráneas. Se encuentra en muchas rocas y piedras durísimas y también en la atmósfera en forma de nubes o nieblas. Desde siempre el hombre ha volcado sus desechos en las aguas. Las industrias concentran miles y miles de personas en su entorno (como lo podemos apreciar en la zona del Gran Buenos Aires. Muchas veces los sistemas se encuentran saturados de desechos, y las industrias vuelcan productos que no pueden ser degradados por las bacterias. Todo esto hace que el contenido de oxígeno disminuya drásticamente, y que el río ya no tenga capacidad para mantener la vida en él, convirtiéndose en una cloaca de varios kilómetros. Su peligro aumenta si se mueve con lentitud (este es el caso del Riachuelo).

Otro peligro es la contaminación termal. Las grandes centrales térmicas de generación eléctrica emplean agua como refrigerante, esto hace que las aguas de los ríos eleven su temperatura, provocando cambios en los procesos biológicos y, por lo tanto, se destruye la vida existente en ellos (**Universidad Nacional de Colombia, 2009**).

El agua es un elemento vital para la alimentación, por eso requiere una mayor higiene. Hay exigencias que están siendo cada vez menos satisfechas, por su contaminación, lo que reduce la cantidad y calidad del agua disponible, como también sus fuentes naturales. El agua potable, para que pueda ser usada para fines alimenticios, debe estar totalmente limpia, ser insípida, inodora e incolora, y tener una temperatura aproximada de 15° C; no debe contener bacterias, virus, parásitos u otros gérmenes patógenos que provoquen enfermedades. Para lograr la calidad de agua potable son necesarios una cantidad de procesos de purificación, El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nociva (**Universidad Nacional de Colombia, 2009**).

2.4.1 Agentes contaminantes

Los principales contaminantes de los lagos y ríos son los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Agentes infecciosos.
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (**Universidad Nacional de Colombia, 2009**).

¿Qué contamina el agua?

- Agentes patógenos.- Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Desechos que requieren oxígeno.- Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.
- Sustancias químicas inorgánicas.- Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua.

Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta)

2.4.2 Efectos de los contaminantes del agua en la salud

La contaminación del agua se ha convertido en un problema de salud pública, debido a que al ingerir alimentos con agua sucia puede provocar desde enfermedades del aparato digestivo como diarrea, tifoidea, cólera, hasta meningitis, encefalitis, síndromes respiratorios y hepatitis.

La contaminación industrial de las aguas subterráneas sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países desarrollados. En todo el mundo se produce la infiltración de productos tóxicos en el suelo y en las aguas subterráneas, procedentes de tanques de almacenamiento de gasolina, vertederos de basuras y zonas de vertidos industriales. En los países desarrollados, uno de cada seis habitantes bebe agua que contiene altos niveles de plomo, uno de los principales productos tóxicos industriales. Aun cuando la calidad media del agua de los ríos ha mejorado en los últimos 20 años en la mayoría de las naciones industrializadas, las concentraciones de metales pesados como el plomo se mantienen en niveles inaceptablemente altos.

Otra causa importante de la contaminación del agua potable es el vertido de aguas residuales. En los países en vía de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable. Las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo.

Tomemos conciencia de ese problema que está causando que el agua potable se esté acabando poco a poco en el mundo entero. Empecemos a ahorrarla y a no contaminarla, porque **¡EL AGUA ES VIDA!** y si se acaba todos moriremos.

Detengamos la contaminación:

1. EVITEMOS contaminar el agua de los ríos.
2. NO usemos los ríos como basureros.
3. NO es recomendable lavar ropa en los ríos.
4. NO se deben usar las orillas de los ríos para defecar.

La contaminación del agua (ríos, lagos y mares) es producida, principalmente, por cuatro vías: vertimiento de aguas servidas, de basuras, de relaves mineros y de productos químicos. **(Universidad Nacional de Colombia, 2009)**

2.4.3 En cuanto al medio natural

En un Río no solo se ve afectada el agua como tal, sino también el lecho, la ribera, el acuífero. Es importante pues, conocer no sólo el agua antes del vertido, sino también el tipo de terreno, si es arcilloso o constituido por gravas, importancia del acuífero, existencia de pozos, que tipo de consumo se hace de esos pozos (para bebida de animales, industrial, agrícola, ganadera) **(Romero, 2005)**. Toda la información alrededor del medio es fundamental para conocer el funcionamiento global del ecosistema.

En el **Suelo**: En el caso de vertidos al suelo, ya sean vertidos sólidos, fangos o líquidos, y aquí también incluimos las balsas, hay que conocer no solo las características del vertido (muestreo y análisis), sino también las características del suelo, existencia o no de acuíferos, proximidad a cauces de aguas superficiales. **(Romero, 2005)**.

En cuanto a los organismos del medio: Se abarca desde los microorganismos hasta el último eslabón de la cadena trófica. Los microorganismos tienen una función importante en la descomposición de la materia orgánica, y son clave en la capacidad de autodepuración del medio. Las algas son importantes en la autodepuración del río, y son el sustento de otros organismos superiores. Los macro invertebrados son reflejo de la calidad del agua y fuente de alimentación de otros eslabones de la cadena trófica. Y en general todos los componentes bióticos de un ecosistema, tienen un comportamiento diferente tras un cambio en las características de su medio, e importantes para la supervivencia de otros que quizás no se vean tan afectados directamente. **(Romero, 2005)**.

Los parámetros que miden la contaminación química, indican la calidad de un agua en un momento determinado, es como una fotografía, pero habría que hacer medidas continuas para detectar en algunos casos la polución accidental que puede ser origen de la degradación de la fauna y flora. Para medir la contaminación en el pasado, no detectable por medidas físico-químicas, se han de usar los indicadores biológicos.

Los indicadores biológicos de calidad, pretenden valorar la calidad del agua del río mediante el conocimiento de la salud del ecosistema. Dentro de los índices

biológicos se pueden utilizar muchos organismos; diferentes autores recomiendan la utilización de macroinvertebrados (invertebrados de medida superior a 0,2mm) pues:

- Su tamaño, que los hace relativamente fáciles de reconocer.
- La relativa sencillez de su clasificación taxonómica.
- El buen conocimiento que se tiene de la autoregeneración de las especies
- La facilidad de encontrarlos en muchos ríos.

2.5 Parámetros biológicos del agua

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilancia de la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones (Cuadro N°02) que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos.

Cuadro N° 02: Alteraciones biológicas del agua

| Indicadores biológicos del agua | Contaminación que indican |
|---|-------------------------------------|
| Bacterias coliformes | Desechos fecales |
| Virus | Desechos fecales y restos orgánicos |
| Animales, plantas, microorganismos diversos | Eutrofización |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2009

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuales son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua. El problema reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O, como la define la Directiva Marco de las Aguas del Consejo de la Unión Europea, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca. Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos parámetros aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc. **(Romero, 2005).**

El objetivo de las normas y estándares es el de controlar la cantidad de un determinado microorganismo en el agua, siendo este microorganismo la causa de

una enfermedad específica o un indicador de las condiciones dentro de las cuales de podría transmitir esa enfermedad (**Jones, 1997**).

Los microorganismos indicadores contemplados por la Norma Técnica Nacional son tres: Bacterias Heterotróficas, Coliformes totales y Coliformes fecales. (**ITINTEC 214.003**).

La determinación de microorganismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de patógenos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua (**Goez, 1999**).

Además, un buen indicador debe ser específico de contaminación fecal debe hallarse en forma constante en las heces y estar asociado a las aguas residuales. Asimismo, debe ser fácilmente aislable, identificable y enumerable en el menor tiempo posible y con el menor costo. Debe ser capaz de crecer en los medios de cultivo comunes, estar distribuido al azar en las muestras y ser resistente a la inhibición de su crecimiento por otras especies (**Goez, 1999**).

Los parámetros biológicos en las aguas potables son de mucho interés. La normativa recoge una serie de análisis microbiológicos según se efectúe sobre las aguas un análisis mínimo, coliformes totales y fecales; uno normal, los anteriores más estos, bacterias aerobias a 37°C, estreptococos fecales, clostridios sulfito-reductores; o completo, los anteriores más aerobias a 22°C, microorganismos parásitos y/o patógenos. Para completar el análisis microbiológico de aguas potables se hacen también los análisis que indiquen la presencia de salmonellas, estafilococos patógenos, bacteriófagos fecales y enterovirus. Además el agua no deberá contener algas ni organismos parásitos. Los parámetros biológicos se usan como índices de calidad de aguas. Hay muchos seres vivos que se emplean como indicadores de la calidad de un agua (**Carpenter, 1969**).

En este sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento (**Cáceres, 1990**). Los coliformes fecales (termo resistentes) se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°-45°C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (**Easton, 1998**). Los coliformes termorresistentes distintos de *E. coli* pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Como los organismos coliformes termoresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante

función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales (**OMS, 1995**).

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (**Vargas, 1996**).

2.6 Estudio hidrobiológico

Según **Collins y Lyne (1989)**, la realización de un estudio hidrobiológico permite:

- Proporcionar datos sobre el estado de un sistema acuático de forma regular.
- Documentar la variabilidad a corto y largo plazo de la calidad del agua por fenómenos naturales o actividades humanas.
- Evaluar el impacto de la contaminación producido por la actividad humana.
- Evaluar la influencia de ciertas zonas de muestreo sobre la fauna del lugar.
- Evaluar las características hidráulicas del cauce del río y la evolución del caudal mediante medidas de flujo. De esta manera, se puede establecer las variaciones de caudal que sufre el río a lo largo de ciclo estacional y anual.
- Realizar un estudio de la rívera.
- Evaluar los Índices Biológicos.

Una parte del estudio hidrobiológico debe llevar a establecer los Índices Biológicos de la calidad de las aguas, los cuales contemplan a los parámetros o aspectos biológicos del medio acuático cuyas variaciones indican la existencia de modificaciones o alteraciones en dichos medios.

Dichos índices, como expresiones matemáticas que resumen un estado biológico de los ecosistemas acuáticos en unos determinados números, representan un instrumento muy útil en la estimación del estado o calidad de dichos ecosistemas. Respecto al problema de la contaminación, estos índices han hecho posible que las personas encargadas de la gestión del agua como recurso natural puedan considerar la integridad ecológica de dicho recurso como un parámetro más a tener en cuenta en su manejo, e incluso pudiendo ser limitante en su planificación. Debido a que resulta bastante difícil reducir o condensar todos los datos de campo disponibles y representarlos de forma clara y concisa para que sean fácilmente manejables e interpretables y poder sacar así conclusiones, se hace casi obligado recurrir a la ayuda de índices o expresiones matemáticas que relacionen unos datos

con otros y simplifiquen su significado. Estos valores o números obtenidos son fácilmente manejables por las personas que tengan relación con la ordenación y control de las aguas o que necesiten conocer o evaluar la calidad de las mismas para la planificación de estos recursos. (Collins y Lyne 1989).

2.6.1 Bacteria coliforme:

Incluyen *E. Coli* y otras bacterias que se asemejan morfológica y fisiológicamente. Estos microorganismos con frecuencia difieren entre si en características pequeñas. Las bacterias coliforme suelen encontrarse en el aparato intestinal del hombre y animal. *E. Coli*, rara vez se encuentra fuera del intestino. Las bacterias coliformes son bacilos cortos, gram negativos que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos, se multiplican a mayor rapidez a temperatura entre 30 y 37 °C, crecen a gran abundancia en medios corrientes, como caldo y agar.

La colonia de *E. Coli* en agar E.M.B (eosina y azul de metileno) tienen 2 a 4 mm de diámetro, un centro grande de color oscuro e incluso negro, y tienen brillo verde metálico cuando se observan con luz refleja.

Se han creado otras pruebas para diferenciar tipos de bacterias coliformes, suelen emplearse 4 y se han juntado sus iniciales en la palabra nemotécnica IMViC (Indol, Rojo Metilo (R.M.), Borges – Proskauer (V:P) y utilizada de citrato. La reacción de IMViC de algunas bacterias coliformes como *E.coli* ++ --, significa que el M:O: produce Indol y es positivo al rojo metilo y negativo al V.P. Hay 16 combinaciones posibles de resultados prueba negativa y positiva. Se considera que todas las bacterias coliformes, tienen importancia en el H₂O desde el punto de vista sanitario aunque muchos autores han tratado de diferenciar el tipo fecal (*E. coli*) y el no fecal (*A: aurogenes*) (Collins y Lyne 1989).

2.6.2 Coliformes totales y coliformes fecales

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

2.6.3 Coliformes fecales

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44,5 – 45,5°C, análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *E. coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *E. coli* (Allen, 1996).

2.7 Exámenes que permiten controlar la calidad higiénica del agua

Solo son de temer las bacterias patógenas para el hombre o para los animales; sin embargo, cuando estas se encuentran presentes en un agua, su número esta frecuentemente limitado y puesta en evidencia difícil; además, si se utiliza su presencia como criterio de no potabilidad de un agua, se corre el riesgo de verla consumida por numerosos usuarios antes de que se haya hecho un diagnostico y de que se hayan tomado las medidas de protección adecuada.

Se sabe si la presencia de bacterias fecales en una agua es el signo de una contaminación fecal cierta, es decir una contaminación posible por gérmenes patógenos, su ausencia no significa que el agua no puede estar contaminada.

El verdadero objetivo del higienista no será, pues, descubrir la presencia efectiva de bacterias patógenas, sino definir las circunstancias en las que esta presencia es posible. El consumidor puede en este caso ser protegido eficazmente prohibiendo la utilización de esta agua, o bien aplicando un tratamiento preventivo.

Se sabe que una gran mayoría de los gérmenes patógenos habitualmente transmitidos por el agua viven en los intestinos del hombre y de los animales de sangre caliente (por ejemplo, los agentes de la fiebre tifoidea o afecciones parecidas, los agentes del cólera, etc.). La manifestación de una contaminación fecal constituye una excelente señal de alarma: si las materias fecales provienen de un individuo sano, no portador de gérmenes patógenos, su nocividad es prácticamente nula; pero es difícil asegurar que ello sucederá siempre así y que la contaminación no tendrá jamás por origen un tifico, u otro portador de gérmenes patógenos. La prueba de la contaminación de un agua por materias fecales impone considerarla como no potable y justifica una intervención de los responsables de la salud pública (Rodier, 1998).

En el cuadro N° 03, se muestra las cantidades máximas de microorganismos y parásitos admitidos, para los diferentes usos de las aguas.

Cuadro N° 03: Usos del agua

| Usos | Nematodos intestinales | Escherichia coli | Otros |
|---|------------------------|-------------------|---|
| 1. USOS URBANOS | | | |
| 1.1 Residenciales: Riego de jardines, descarga de aparatos sanitarios, sistemas de calefacción, refrigeración de aire y otros usos domésticos | < 1 huevo/10L | 0 ufc/100ml | <i>Legionella spp</i> (si aerosoles) < 1000 ufc/L |
| 1.2 Servicios Urbanos: Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos,...); baldeo de calles; sistemas contra incendios; fuentes y láminas ornamentales. Lavado industrial de vehículos | < 1 huevo/10L | < 200 ufc/100ml | <i>Legionella spp</i> (si aerosoles) < 1000 ufc/L |
| 2. USOS AGRICOLAS | | | |
| 2.1 Cultivos de invernadero. Riego de cultivos para consumo en crudo. Frutales regados por aspersión | < 1 huevo/10L | < 200 ufc/100ml | <i>Legionella spp</i> (si aerosoles) < 1000 ufc/L |
| 2.2 Riego de pastos para consumo de animales productores de leche y carne. Riego de cultivos destinados a industrias conserveras y productos que no se consuman en crudos. Riego de frutales excepto por aspersión. Acuicultura | < 1 huevo/1L | <1000 ufc/100ml | No se fija límite |
| 2.3 Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes ensilados, cereales, semillas oleaginosas y cultivos de flores ornamentales excepto por aspersión | < 1 huevo/1L | <10000 ufc/100ml | No se fija límite |
| 3. USOS INDUSTRIALES | | | |
| 3.1 Refrigeración industrial. Queda prohibida la reutilización de aguas depuradas en los circuitos de refrigeración industrial de la industria alimentaria y similar. | | <10000 ufc/100ml | <i>Legionella spp</i> (si aerosoles) < 100 ufc/L |
| 4. USOS AMBIENTALES | | | |
| 4.1 Riego de campo de golf | < 1 huevo/10L | < 200 ufc/100ml | |
| 4.2 Estanques, láminas de agua, fuentes de caudales circulantes de uso recreativo en los que no está impedido el acceso del público al agua (excepto baño). | < 1 huevo/10L | < 200 ufc/100ml | no se fija límite |
| 4.3 Estanques, láminas de agua, fuentes de caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua. | No se fija límite | <10000 ufc/100ml | no se fija límite |
| 4.4 Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. Silvicultura. | No se fija límite | No se fija límite | no se fija límite |
| 5. RECARGA DE ACUIFEROS | | | |
| 5.1 Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno | No se fija límite | <10000 ufc/100ml | no se fija límite |
| 5.2 Recarga de acuíferos por inyección directa | < 1 huevo/10L | 0 ufc/100ml | No se fija límite |

Fuente: Obón, 1998

2.8 Métodos generales de toma de muestras y de análisis bacteriológicos

Considerando el costo de cualquier análisis de calidad del agua un poco profundizado (Los costos son altos), se necesita escoger puntos de muestreo de manera razonada para disminuir el número de puntos, tanto en el espacio como en el tiempo, y asegurarse de la calidad de los resultados.

Sin límites económicos ni humanos para realizar muestreo, el plan de muestreo ideal sería elegir puntos de muestreo antes y después de cada junta de cauce de agua, para poder establecer con certeza la fuente de contaminación y determinar la dinámica de los contaminantes. **(Salazar, 2009)**

Los sitios de muestreo están determinados por la ubicación de las fuentes conocidas de contaminación, la facilidad de acceso a los sitios de muestreo, la presencia de aforadores de corriente y las instalaciones requeridas. Para aquellas cuencas donde los problemas son conocidos o sospechados, la calidad del agua superficial debería ser determinada mediante una red de estaciones de muestreo operada sistemáticamente. El muestreo para la calidad del agua superficial debería realizarse en, o estar cerca de, las estaciones de aforo fluvial, para permitir el cálculo de los niveles de contaminantes. **(Edmunds. et al. 2004)**

Los análisis bacteriológicos del agua tienen por objeto poner de manifiesto la presencia de bacterias que modifican la composición del agua para una determinada utilización. Estas modificaciones son frecuentemente complejas y las variaciones pueden ser simultáneamente favorables o desfavorables según la utilización pretendida. El aporte en un agua superficial de materiales fecales de individuos portadores de *Salmonella typhi* vuelve esta agua inadecuada para uso higiénico como los baños **(Rodier, 1998)**.

2.8.1 Toma de muestra:

Un examen bacteriológico no puede ser válidamente interpretado mas si se efectúa una muestra correctamente tomado, en un recipiente esterilizado, según un procedimiento preciso evitando toda contaminación accidental correctamente transportada al laboratorio y analizada sin demora o después de un corto periodo de conservación en condiciones satisfactoria. **(Rodier 1998)**.

Para el control de calidad de agua es necesario

1.-Planificar y programar los puntos de muestreo

El objetivo principal es de garantizar que la salud de los consumidores este protegida .El muestreo debe ser representativo y tomado del suministro total de

agua de inspección del sistema de abastecimiento tiene gran importancia desde la fuente hasta el grifo del consumidor.

La calidad de las aguas puede ser evaluada de acuerdo a parámetros que van a ser medidos.

2.-Recolección de las muestras

Cuando se recolectan las muestras para todo tipo de análisis es necesario adoptar todas las precauciones para que sea representativa la muestra de agua que se desee estudiar y para evitar la contaminación accidental durante las separaciones del muestreo.

Las formas de la toma de muestras influye mucho sobre los resultados del análisis por ello es importante que los encargados de esta maniobra estén debidamente capacitados.

Para el análisis microbiológico

Se deben utilizar frascos de vidrio esterilizados provisto de tapón de vidrio esmerilado o de tapa metálica roscada, el tapón y cuello del frasco se protegerán por lo menos con una cubierta de papel, el frasco utilizado debe mantenerse cerrado hasta que se vaya a utilizar. Durante la toma no se debe tocar el tapón ni el cuello del frasco se sujetará cerca de su fondo, se llenará sin enjuagarlo e inmediatamente se tapaná de nuevo. **(Cáceres, 1990).**

La colección de las muestras de agua tiene cuatro componentes importantes que siempre deben de tenerse en cuenta: El primero y el más importante son la salud y la seguridad personal. Asegúrese que Usted y todo el personal bajo su supervisión hayan tenido el entrenamiento apropiado de seguridad y que usted se adhiera a todas las precauciones indicadas en su plan de muestreo.

El segundo componente importante es, por supuesto, la captación de muestra de agua representativa. El objetivo principal de cualquier plan de muestreo es coleccionar una muestra que represente las características del agua en ese punto, en ese tiempo. El tercer componente es el de garantizar la calidad del dato que se obtendrá a partir de la muestra, esto es, guardar todas los aspectos concernientes a la toma y el traslado de la muestra de acuerdo a los objetivos que se hayan planteado durante la investigación. El cuarto componente más importante es el mantenimiento de anotaciones completas y precisas. **(Cáceres, 1990).**

Los cambios en la calidad del agua superficial pueden ser bastante rápidos (por ejemplo, como respuesta a las variaciones del clima y las inundaciones). Las

muestras de agua tomadas en cursos de agua se recogen normalmente a intervalos determinados. Los sistemas de monitoreo continuo y en tiempo real suministran la información más completa, pero están restringidos a aquellos parámetros para los cuáles existen sensores confiables. Sin embargo, el análisis detallado de la calidad del agua es caro, y, para la mayoría de los diagnósticos recolectar y analizar muestras de 4 a 6 veces por año, podría ser suficiente. (Edmunds. *et al.* 2004).

2.8.2 Métodos de análisis

2.8.2.1 Análisis cuantitativo

Basado en cálculos estadísticos.

Recuento indirecto (técnica de los tubos múltiples).

Siembra de diluciones seriadas de la muestra en medios de cultivos líquidos específicos, tal como se indica en la figura N° 02. Se consideran números de cultivos “positivos” y “negativos”. Los resultados se expresan como NMP. de microorganismos (Apella, 1993).

Paralelamente varias series decimales de dilución (mínimo tres) en medio de cultivo líquido.

Número de tubos con crecimiento → NMP, tablas de McRady, 100 ml de muestra

Procedimiento:

- Introducir 100 ml de muestra en un envase estéril de 100 ml de capacidad. Añadir una dosis de sustrato definido y agitar hasta completa disolución. Introducir en una placa. Colocar la placa en una selladora para repartir la muestra entre los distintos pocillos, que quedarán aislados entre sí.
- Incubar la placa durante 18 ± 4 horas a 36 ± 2 °C.
- Contar los pocillos de color amarillo como positivos para bacterias coliformes. Utilizando una lámpara de luz UV de 365 nm, marcar los pocillos que presenten fluorescencia azulada. Contar como positivos para *Escherichia coli* los pocillos a la vez amarillos y fluorescentes.

Cálculo de resultados:

- A partir del número de pocillos amarillos contados en la placa, buscar en la tabla del NMP correspondiente el de bacterias coliformes en 100 ml de muestra.

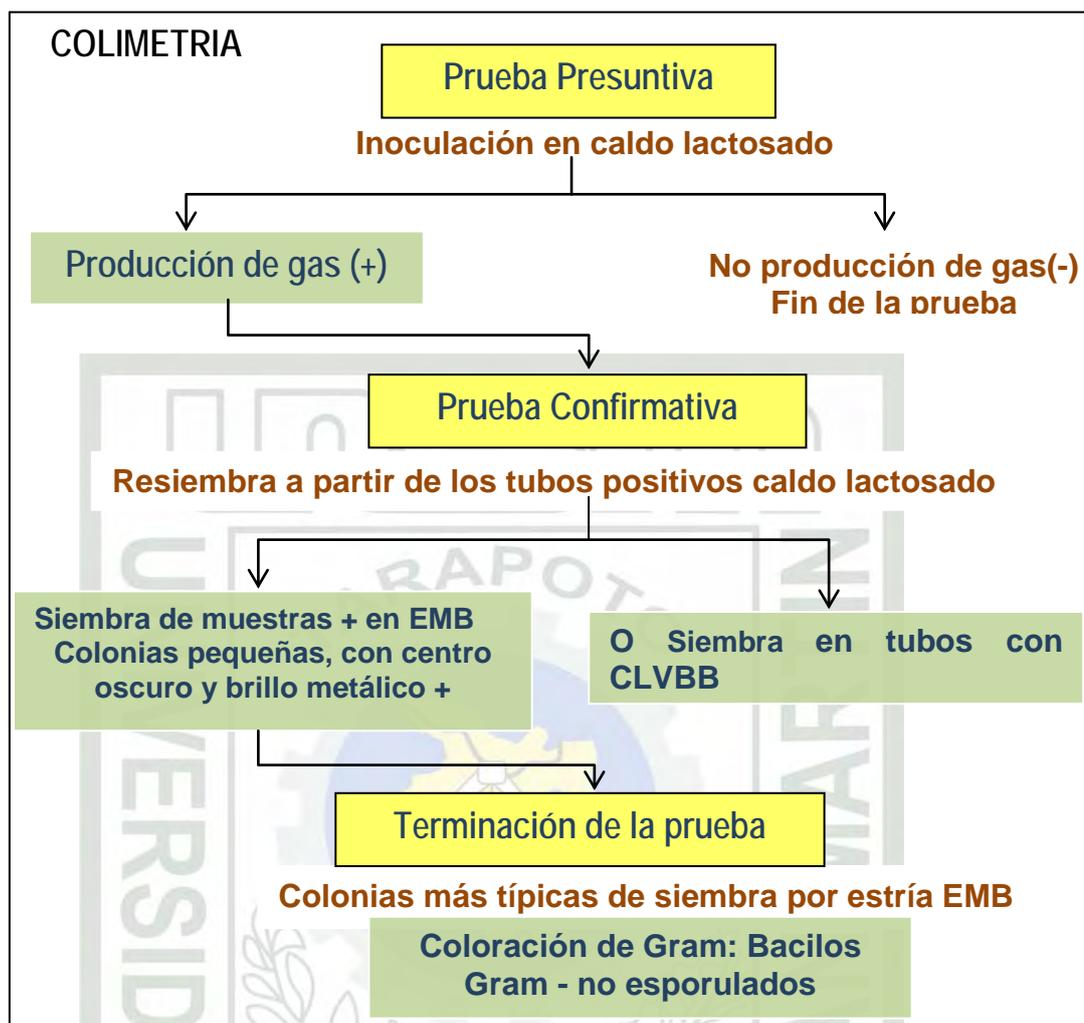


Figura Nº 02: Diagrama de flujo para la determinación de coliformes
Fuente: Arango, 2003

Expresión de resultados:

Los resultados se expresarán como NMP/100 ml.

En caso de obtenerse Ausencia, estas unidades equivalen a UFC/100 ml.

En el estudio de equivalencia se empleó la placa Quanti-Tray de 51 pocillos y el sustrato definido Colilert 18. **(Ministerio de Sanidad y Consumo, 2009)**

Recuento directo de microorganismos cultivables.

Siembra de la muestra sobre o en un medio de cultivo selectivo agarizado. La muestra se concentra por filtración sobre membrana:

Técnica de la Membrana Filtrante

Se filtra un Volumen (100ml) a través de membranas de ésteres de celulosa de 0,45µm. La membrana se deposita sobre un medio de cultivo selectivo, Se

cuentan, después de incubación, el número de colonias desarrolladas sobre la membrana y se determina el número de UFC por unidad de volumen. Evitar la filtración de aguas con alto contenido de material en suspensión.

El número de colonias desarrolladas sobre la membrana debe ser inferior a un determinado valor (80 y 100) (**Apella, 1993**).

- Filtro estéril sobre unidad de filtración de 0.45 μ .
- Se filtra cierto volumen de agua: bacterias quedan retenidas.
- El filtro se coloca sobre soporte absorbente saturado con el medio adecuado. Incubar en cajas de petri especiales que permiten acomodar el soporte y el medio adecuado.
- Desarrollo de colonias sobre el filtro.

Ventajas:

- Examinar grandes volúmenes de agua
- Más rápidas que técnicas de tubo
- Estimación cuantitativa de tipos de bacterias (coliformes, etc.)

Limitación:

- Aguas con muchos sólidos disueltos o suspendidos
- NMP = coliformes x 100/vol filtrado. (**Arango, 2003**)

Procedimiento:

- Filtrar la muestra a través de una membrana de ésteres de celulosa o equivalente, testadas con arreglo a la norma ISO 7704:1985, de 0,45 μ m de diámetro de poro, que retenga los microorganismos. Colocar la membrana sobre una placa conteniendo el ACC.
- Incubar la placa durante 21 \pm 3 horas a 36 \pm 2°C. Si a las 18 horas aparecen colonias rojas o incoloras, prolongar la incubación hasta las 24 horas para incluir posibles reacciones tardías de beta-galactosidasa o beta-glucuronidasa.
- Contar las colonias β -galactosidasa positivas y β -glucuronidasa negativas (color rosa asalmonado a rojo) como bacterias coliformes distintas a *Escherichia coli*. Contar las colonias β -galactosidasa positivas y β -glucuronidasa positivas (color azul oscuro a violeta) como *Escherichia coli*. El recuento de bacterias coliformes totales corresponderá a la suma de las colonias de color rosa asalmonado a rojo y las colonias de color azul oscuro a violeta.

Cálculo de resultados: A partir del volumen de agua filtrado y del número de colonias características contadas sobre la membrana, calcular la concentración de bacterias coliformes y de *Escherichia coli* en 100 ml de muestra.

Expresión de resultados: Los resultados se expresarán como UFC/100ml. **(Ministerio de Sanidad y Consumo. 2009)**

2.9 Clasificación de los cursos de aguas y de las zonas costeras del país

Según Artículo 106° inc.1) del **Reglamento de la ley de Recursos Hídricos**, los cuerpos naturales de agua se clasifican en función a sus características naturales y los usos a los que se destinan. Y el inc. 2) indica que la Autoridad Nacional del Agua clasifica los cuerpos de agua, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA – Agua), que apruebe el Ministerio del Ambiente de acuerdo con los usos actuales y potenciales al que se destina el agua (Cuadro N° 04).

El artículo 1° del **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM** declara: Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas, contenidos en el anexo 1 del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño. **(Diario Oficial El Peruano, 2008).**

Cuadro N° 04: Estándares microbiológicos del agua

| PARAMETRO | UNIDAD | Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable | | | Aguas superficiales destinadas para recreación | |
|----------------------------|-----------------|--|---|---|--|---------------------|
| | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ |
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado | Contacto primario | Contacto secundario |
| | | VALOR | VALOR | VALOR | VALOR | VALOR |
| MICROBIOLÓGICO | | | | | | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100ml | 0 | 2 000 | 20 000 | 700 | 1 000 |
| Coliformes totales | NMP/100ml | 50 | 3 000 | 50 000 | 1 000 | 4 000 |
| Enterococos fecales | NMP/100ml | 0 | 0 | | 200 | ** |
| Escherichia coli | NMP/100ml | 0 | 0 | | Ausencia | Ausencia |
| Formas parasitarias | Organismo/litro | 0 | 0 | | 0 | |
| Giardia duodenalis | Organismo/litro | Ausencia | Ausencia | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Salmonella | Presencia/100ml | Ausencia | Ausencia | Ausencia | 0 | 0 |

Fuente: Diario Oficial El Peruano, 2008

2.10 Algunos estudios realizados sobre la calidad de las aguas superficiales

En los cuerpos de agua muestreados en la ciudad de Tarapoto se ha encontrado contaminación por nitratos y coliformes totales y fecales.

La mayor concentración de nitratos se encontró en el río Shilcayo (35 ppm), aguas abajo del Tecnológico; seguida en el río Cumbaza, en San Pedro de Cumbaza (10 ppm) y en el río Mayo, en puente Colombia (10 ppm). Contaminación por coliformes totales se encontró en todos los ríos muestreados. Los niveles más altos se presentaron en la quebrada Ahuashiyacu, en la boca toma de la granja S. Borja (22000 UFC/ml) y, en el río Shilcayo, aguas abajo del Tecnológico (9000 UFC/ml). Contaminación por coliformes fecales se han presentado, solamente, en los ríos Shilcayo, Cumbaza y Mayo. Los niveles más

altos se encontraron en el río Shilcayo, aguas abajo del Tecnológico (36 UFC/ml) y en el río Mayo, en puente Colombia (30 UFC/ml).

2.10.1 Río Shilcayo

Vecco (2006), en un estudio realizado en esta cuenca, hace referencia a una serie de características propias de ella, donde menciona que el Río Shilcayo se alimenta de tres fuentes principales de similar caudal: Tamushal, Shilcayo propiamente dicho y Vinoyacu.

La quebrada Tamushal. Nace del lado Oeste de Punta Canela y es alimentada por el margen derecho por la quebrada Chontalillo (Tamushillo), entre otras.

Seguidamente **la quebrada Shilcayo.** Tiene su origen del lado Este de Punta Canela; es alimentada por la quebrada Wanganayacu (y ésta a su vez por la quebrada Cungamayllana) por la margen derecha, aguas arriba es alimentada por una pequeña vertiente (Ispuytino), coincidiendo su origen con un ligero cambio de orientación de la Línea Divisoria.

Finalmente **la quebrada Vinoyacu.** Se origina más al Sur Este y es alimentada por la quebrada Chontasapa; el Vinoyacu irrumpe en una espectacular caída en el punto 18M354390-UTM9287510 y cambia su orientación en casi 90°, de Este a Oeste.

En general el curso de las quebradas es muy marcado por fuertes desniveles de pendiente; el paisaje se caracteriza por la presencia de grandes rocas que son arrastradas durante las crecientes.

Se garantiza el abastecimiento de agua potable para las comunidades que hacen uso de este recurso. Esta microcuenca ofrece el espacio, sitio y materia prima para que se desarrollen en el área actividades de ecoturismo e investigación. **(Vecco, 2006)**

Según **Gómez (1995)**, el río Shilcayo aguas abajo del Tecnológico, se encuentra contaminado por nitratos, por encima del límite permisible para aguas de consumo humano, tanto según la Ley General de Aguas, como según la OMS. La presencia de nitratos es debida a la descomposición de la materia orgánica procedente de las aguas servidas que son vertidas en este río. Este río también está contaminado por coliformes totales y fecales aguas abajo del Tecnológico y, por coliformes totales en la bocatoma del agua para la ciudad, por lo que se recomienda no consumir estas aguas directamente.

Vestigios poblacionales

Es posible que el área ecológica del Alto Shilcayo haya sido poblada con bastante anterioridad. Así lo demuestra el hallazgo de numerosos fragmentos de cerámica grosera y rudimentaria, y la presencia de hachas de piedra. No se encuentra edificaciones ni otro indicio de civilización anterior, aparte de lo descrito.

Origen de la población actual

En su totalidad la población que vive en el área pertenece a la etnia kechwa-lamas. Hasta la actualidad, se han producido tres movimientos migratorios. La primera migración llegó en los años 70, provenía de Lamas y se asentó en los sectores Juliampampa y Tamushal (hoy quedan 4 unidades familiares). La segunda, acaecida a inicios del 80, es originaria del Sisa y se asentó en el sector Shilcayo (hoy constituyen 2 unidades familiares). La tercera de Lamas en el 93, se asentó en la parte Oeste del sector Tamushal (constituyendo 5 unidades familiares).

Es clave precisar el origen de la última migración para comprender la problemática social de un grupo de fuerte presión potencial sobre los recursos. Son cinco familias emparentadas en primera línea que vienen del sector Shakapa, un lugar situado en el trayecto de Lamas al río Mayo (Provincia de Lamas), caracterizado por una regular densidad poblacional, mínima productividad de la tierra, generalizada deforestación y condiciones de pobreza extrema.

Las aguas son en su totalidad transparentes, ácida y de baja conductividad eléctrica, por lo que se definen como Aguas Claras, según la clasificación aceptada por el **INRENA (1997)**; sin embargo existen diferencias entre el curso principal del Shilcayo y sus afluentes en lo que respecta a salinidad y turbidez mayor en el primero.

Caudales.

Las reservas hídricas están decreciendo ostensiblemente como patrón general en todo el mundo. Lamentablemente no existen datos históricos sistemáticos sobre el caudal del Río Shilcayo y que permitan cuantificar su merma en el tiempo; no obstante, existen referencias cualitativas que infieren que esta variación es significativa.

El decremento de caudales comúnmente es relacionado con las precipitaciones y la deforestación. Un estudio realizado con datos meteorológicos en la Cuenca del Bajo Mayo y el Huallaga Central no ha demostrado la relación específica entre las precipitaciones y la deforestación (**Bernex y Montes; 1993**), pero es quizás

importante el efecto de la modificación de la cobertura vegetal en la pérdida de su capacidad “esponja” para regular la infiltración, percolación y abastecimiento de los acuíferos.

2.10.2 Quebrada Ahuashiyacu

La quebrada Ahuashiyacu, en los puntos muestreados, se encuentra contaminada por coliformes totales, con valores bastante altos, por lo que el agua no es apta para consumo humano.

2.10.3 Río Cumbaza

El río Cumbaza se encuentra contaminado por nitratos en los tres puntos muestreados, debido a las aguas servidas que son vertidas en dicho río y a los residuos de fertilizantes agrícolas que pueden llegar a sus aguas, del lavado de los suelos.

Bacteriológicamente, se encuentra contaminado por coliformes totales en los tres puntos muestreados y, por coliformes fecales en San Pedro de Cumbaza y en la boca torna de irrigación. Por tanto, estas aguas no son aptas para el consumo humano.

2.10.4 Río Mayo

El río Mayo se encuentra contaminado por nitratos en tres puntos muestreados, debido a las aguas servidas que vertidas en dicho río y a restos de fertilizantes agrícolas pueden llegar al río del lavado de los suelos. Bacteriológicamente, se encuentra contaminada por coliformes totales en los tres puntos de muestreo y por coliformes fecales en las zonas de Shanao y de puente Colombia. Por tanto, estas aguas no son aptas para el consumo humano.

2.10.5 Río Ponaza

La cuenca del río Ponaza está localizada en la provincia de Picota de la región San Martín. Es uno de los tributarios importantes en la margen derecha del río Huallaga en su curso central; tiene una población aproximada de 16,284 habitantes que conforman 2,714 familias, distribuidos en 32 centros poblados en la jurisdicción de los distritos de Pucacaca, Tingo del Ponaza y Shamboyacu. El río Ponaza tiene su origen en las colinas y montañas de la Cordillera Azul, siendo sus principales tributarios el río Chambira y las quebradas Yuracquebrada, Shamboyaquillo, Cumayo y Líbano, las mismas que requieren

una atención inmediata para su conservación y protección, por los riesgos ambientales que están ocurriendo en su entorno, fundamentalmente la deforestación para ampliación de la frontera agrícola y la extracción de madera.

La migración de agricultores andinos a las partes altas están creando problemas y con fuertes tensiones sociales. Las principales fuentes de ingresos económicos están en la producción de maíz, frutales y café, así como en la crianza de ganado vacuno. **(Chappa et al, 2004).**

Según los ensayos microbiológicos mostrados en el cuadro N° 05, realizados por **EMAPA San Martín S.A.** de muestras de agua colectadas en 8 puntos relacionados al consumo doméstico, demuestran la calidad de agua que los pobladores están usando.

Cuadro N° 05: Calidad de agua de redes y fuentes evaluadas

| Punto de Muestreo | Coliformes termotolerantes Ufc/100ml | Coliformes totales Ufc/100ml | Observaciones |
|--|---|-------------------------------------|--|
| Red de agua del Chambira, Bolívar y Vista Alegre | 200 | 300 | Captación del río Chambira abastece a 3 pueblos para consumo humano |
| Quebrada Chiricyacu | 180 | 400 | Capta el pueblo de Shamboyacu para consumo humano |
| Curso medio río Ponaza | >>200 | >>200 | Utiliza la población de Shamboyacu para higiene y recreación |
| Red de agua Shamboyacu | 0 | 0 | Agua tratada de la captación Chiricyacu |
| Red de agua Alfonso Ugarte | 270 | 330 | Abastece 2 pueblos para consumo humano |
| Red de agua Huañipo | 250 | 300 | Abastece 4 pueblos para consumo humano |
| Red de agua Tingo de Ponaza | 330 | 380 | Abastece 5 pueblos para consumo humano que se capta de la quebrada Pucshcayacu |
| Boca del río Ponaza | 400 | 500 | La población de Santo Tomás usa para consumo humano |

Fuente: EMAPA San Martín S. A. 2003.

2.10.6 Río Huallaga

Las aguas muestreadas en el río Huallaga presentan una alta turbidez, por el elevado contenido de partículas en suspensión. Asimismo, presentan contaminación por nitratos en las dos estaciones muestreadas y contaminación por cromo en la zona de Buenos Aires. La contaminación por nitratos puede ser debida a la descomposición de la materia orgánica, o a los residuos fertilizantes agrícolas que llegan al agua por el lavado de suelos. Desde el punto de vista bacteriológico, el agua se encuentra contaminada por bacterias coliformes totales, con valores bastante altos en la zona de Shapaja, no encontrándose contaminación por coliformes fecales. Las aguas analizadas no son aptas para el consumo humano, debido al elevado contenido de coliformes totales y al elevado contenido de partículas en suspensión.

Cuerpos de agua circundantes a la ciudad de Tarapoto

- Todos los cuerpos de agua muestreados se encuentran contaminados por coliformes totales, con unos valores por encima de los límites permisibles para agua de consumo humano, tal como se muestran en los cuadros N°06, 07 y 08.
- Existe contaminación por coliformes fecales en los siguientes puntos:
 - En el río Shilcayo, aguas abajo del Tecnológico.
 - En el río Cumbaza, en San Pedro de Cumbaza y en la bocatoma de irrigación.
 - En el río Mayo en las zonas de Shanao y de puente Colombia.
- Existe contaminación por nitratos en los siguientes puntos:
 - En el río Shilcayo, aguas abajo del Tecnológico.
 - En el río Cumbaza, en los tres puntos muestreados.
 - En el río Mayo, en los tres puntos muestreados.
 - En el río Huallaga, en los dos puntos muestreados.
- La contaminación por nitratos y por coliformes es debida a las aguas servidas que son vertidas en dichas aguas. Los nitratos también pueden ser debidos a restos de fertilizantes agrícolas, que llegan a los ríos por lavado de los suelos. **(Gómez, 1995).**

Cuadro N° 06. Indicadores de contaminación en los cuerpos de agua de los Ríos Shilcayo, Ahuashiyacu, Cumbaza y Mayo.

| ELEMENTO SUSTANCIA | y/o | RESULTADOS | | | | MAXIMO PERMISIBLE USO (*) (**) | |
|------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------|--|----|
| | | RIO SHILCAYO | QUEBRADA AHUASHIYACU | RIO CUMBAZA | RIO MAYO | | |
| 1. NITRATOS (PPM) | Mínimo | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 5,0 | 0,01 | 10 |
| | Máximo | 35,0 | 0,0 | 10,0 | 10,0 | | |
| 2. COLIFORMES TOTALES(UFC/ml) 1 | Mínimo | 84,0 | 7 700,0 | 600,0 | 760,0 | 0,0 | - |
| | Máximo | 9 000,0 | 22 000,0 | 100,0 | 4 100,0 | | |
| 3. COLIFORMES FECALES(UFC/ml) 1 | Mínimo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| | Máximo | 36,0 | 0,0 | 21,0 | 30,0 | | |

(*) Aguas de abastecimiento domestico con simple desinfección, según la Ley general de aguas N°17752

(**) Máximo permisible para el agua potable según la OMS

(1) Realizado en el Laboratorio Referencial de la Dirección Regional de Salud de San Martín

Fuente: Gómez, 1995

Cuadro N° 07: Resultados de análisis microbiológicos

| PARAMETROS | PUNTOS | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|------|------|-------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|----|
| | S1 | S2 | A1 | A2 | C1 | C2 | C3 | M1 | M2 | M3 | H1 | H2 |
| COLIFORMES TOTALES UFC/ml | 84 | 9000 | 7700 | 22000 | 690 | 600 | 1100 | 4100 | 830 | 760 | 2500 | 42 |
| COLIFORMES FECALES UFC/ml | 0 | 36 | 0 | 0 | 14 | 21 | 0 | 10 | 0 | 30 | 0 | 0 |

S1: Río ShilcRayo. Bocatoma de agua para la ciudad.

S2: Río Shilcayo. Agua abajo del Tecnológico.

A1: Quebrada de Ahuashiyacu. Bocatoma canal de irrigación.

A2: Quebrada de Ahuashiyacu. Bocatoma Granja San Borja.

C1: Río Cumbaza. San Pedro de Cumbaza.

C2: Río Cumbaza. Bocatoma de irrigación.

C3: Río Cumbaza. Juan Guerra.

M1: Río Mayo. Shanao.

M2: Río Mayo. Cuñumbuque.

M3: Río Mayo. Puente Colombia.

H1: Río Huallaga. Zona Shapaja. Después de la confluencia Huallaga – Mayo.

H2: Río Huallaga. Zona Buenos Aires. Antes de la confluencia Huallaga – Mayo.

Fuente: Gómez. 1995

Cuadro N° 08: Resultados de análisis microbiológico

| MUESTREO | FECHA | PH | COLIFORMES TOTALES/100ml | COLIFORMES TERMOTOLERANTES/100ml |
|----------------------------------|------------|-----|--------------------------|----------------------------------|
| 500mt última vivienda | 24-10-2005 | 5,5 | 23×10^3 | 90×10^2 |
| Puente Villa Autónoma | 24-10-2005 | 5,5 | 23×10^3 | 90×10^2 |
| Puente SHilcayo | 24-10-2005 | 5,5 | 23×10^4 | 90×10^2 |
| Puente Vía Evitamiento | 25-10-2005 | 6,0 | 28×10^3 | 21×10^3 |
| 700mt del Puente Vía Evitamiento | 25-10-2005 | 6,0 | 11×10^5 | 46×10^4 |

Fuente: Pezo.2006

Los valores bacteriológicos promedios mostrados en el cuadro N°09, obtenidos a partir de los tres muestreos en los diferentes puntos de la microcuenca del Rio Shilcayo siete (07) muestras arrojaron resultados dentro de los límites permisibles y dos (02) muestras excedieron dichos límites, en cuanto a coliformes totales y coliformes termotolerantes. Siendo la quebrada de Yuracyaquillo y quebrada de Yuracyacu las que tuvieron los valores promedios más elevados en cuanto a coliformes totales, 61 000.00 y 59 333.33 NMP/100 ml respectivamente, del mismo modo estas mismas quebradas obtuvieron los valores promedios mas elevados en cuanto a coliformes termotolerantes, 6433.33 y 4266.67 NMP/100 ml respectivamente, así mismo dentro de los mismo parámetros la quebrada Tamushal arrojó el valor promedio de coliformes totales más bajo (3666.67 NMP/100 ml), mientras que el rio Shilcayo en el PM-01 arrojó el valor promedio de coliformes fecales mas bajo (386.67 NMP/100 ml) (Sánchez, 2008).

Cuadro N° 09: Valores bacteriológicos promedios obtenidos a partir de los tres muestreos en los diferentes puntos de la microcuenca del río Shilcayo - San Martín.

| Puntos de Muestreo | Ríos/Quebradas | Coliformes Totales (NMP/100ml) | Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) |
|--------------------|------------------------|--------------------------------|--|
| PM-01 | Río Shilcayo | 7000.00 | 386.67 |
| PM-02 | Quebrada Vinoyacu | 4333.33 | 476.67 |
| PM-03 | Río Shilcayo | 4333.33 | 470.00 |
| PM-04 | Quebrada Tamushal | 3666.67 | 1073.33 |
| PM-05 | Río Shilcayo | 5666.67 | 1046.67 |
| PM-06 | Quebrada Yuracyacu | 59333.33 | 4266.67 |
| PM-07 | Río Shilcayo | 4333.33 | 900.00 |
| PM-08 | Quebrada Yuracyaquillo | 61000.00 | 6433.33 |
| PM-09 | Río Shilcayo | 15333.33 | 3000.00 |

Fuente: Sánchez. 2008

Tradicionalmente se ha considerado a los coliformes totales y termotolerantes como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. Esto se sustenta de acuerdo a lo observado en el trabajo de campo, en el que se apreció una intensa actividad humana en zonas cercanas a los puntos de muestreo de las quebradas de Yuracyacu y Yuracyaquillo (Sánchez, 2008).

2.11 Monitoreo de calidad de aguas

En el manejo de cuencas hidrográficas el monitoreo es una herramienta básica de medición del éxito en cuanto a la protección de la biodiversidad y el uso de los recursos. El uso de esta herramienta ha ido en notable aumento en

los últimos años, pero bajo diferentes ópticas de acuerdo con las realidades que rodean a las organizaciones administradoras y al entorno.

El monitoreo contribuye a definir con mejor precisión objetivos, indicadores y procesos clave, que hacen del mismo una herramienta efectiva para el conocimiento de los problemas de la cuenca. **(Robledo y Aguirre 2005).**

El monitoreo es definido por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) como: "el proceso programado de probar, medir, registrar y analizar de manera subsecuente de variadas características del agua, a menudo con el objetivo de evaluar la conformidad a los objetivos especificados". De este modo el proceso de monitoreo y gestión empieza con la definición de las necesidades de información y termina con la utilización de la misma, que nos es más que el producto del proceso, **(Leiva y López 2005)**

La Autoridad Administrativa del Agua, ejerce acciones de vigilancia y monitoreo del estado de la calidad de los cuerpos de agua y control de los vertimientos, ejerciendo la potestad sancionadora exclusiva por incumplimiento de las condiciones establecidas en las resoluciones que autorizan vertimientos o por aquellos vertimientos no autorizados.

El Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, es el conjunto de actividades orientadas a la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua con el objetivo de determinar el cumplimiento de la Ley, el Reglamento y demás normas de calidad del agua, identificar las fuentes de contaminación y establecer medidas para su recuperación.

El monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

En tanto no se implemente el protocolo mencionado en el párrafo anterior, la recolección, preservación y análisis de muestras de agua podrá realizarse de acuerdo con los métodos y procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas aprobadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI, o en su defecto por los métodos de análisis internacionalmente reconocidos. **(Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua. 2010)**

Las principales razones para el establecimiento de programas de monitoreo de la calidad del agua tienen que ver con la necesidad de verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades humanas y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a los ríos o aguas subterráneas, lagos y océanos.

Ningún programa de monitoreo de la calidad del agua debe iniciarse sin tener claramente definido sus objetivos, para lo cual a continuación se presentan algunas preguntas que pueden ser de gran utilidad para su establecimiento.

- _ Para qué se va a llevar a cabo el monitoreo?. Para la obtención de información básica, ordenamiento, planeación, gestión, regulación u otros propósitos?
- _ Qué información se requiere sobre calidad del agua de acuerdo a los usos? Qué variables deben ser medidas, con que frecuencia y en respuesta a cuales eventos naturales o antrópicos?
- _ ¿Qué es práctico en términos de recursos humanos y fuentes de financiamiento disponible para el monitoreo?
- _ ¿Quién será el responsable de los diferentes elementos del monitoreo?
- _ ¿Quién va a utilizar la información y qué se pretende hacer con la misma? Será suficiente para la toma de decisiones; adecuada para el establecimiento de estándares, para la identificación de prioridades y para proveer alertas tempranas a posibles problemas?

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

3.1.1 Ubicación de la Microcuenca

3.1.1.1 Ubicación política y administrativa.

- Distrito: Tarapoto - Banda de Shilcayo. Distrito de Riego - Tarapoto
- Provincia : San Martín.
- Región : San Martín.

3.1.1.2 Ubicación geográfica.

- Cuenca : Huallaga Central
- Subcuenca : Bajo Mayo.
- Localización : Vertiente occidental de la Cordillera Escalera, al Nor Este de la ciudad de Tarapoto.
- Altitud : Entre 250 y 1640 msnm.
- Longitud. aprox. : 10 Km.

3.1.1.3 Situación jurídica.

La microcuenca del río Shilcayo abarca una extensión de 3407.56 has., que forma parte del Área de Conservación Regional "Cordillera Escalera" ACR-CE, fue creada el 25 de diciembre de 2005 por D.S. N° 045-2005-AG, a pedido del Gobierno Regional de San Martín y con la aprobación del Gobierno Central. Es la primera área de carácter regional establecida en el Perú. Tiene una superficie de 149,870 has, y abarca 5 distritos de la provincia de San Martín y 4 de la provincia de Lamas, en la Selva Alta del departamento de San Martín. **(Sánchez, 2008)**. La microcuenca se muestra en la fig. N° 03 en la que se puede observar la cuenca alta, media y baja. Asimismo la vista satelital se observa en la fig. N° 04.

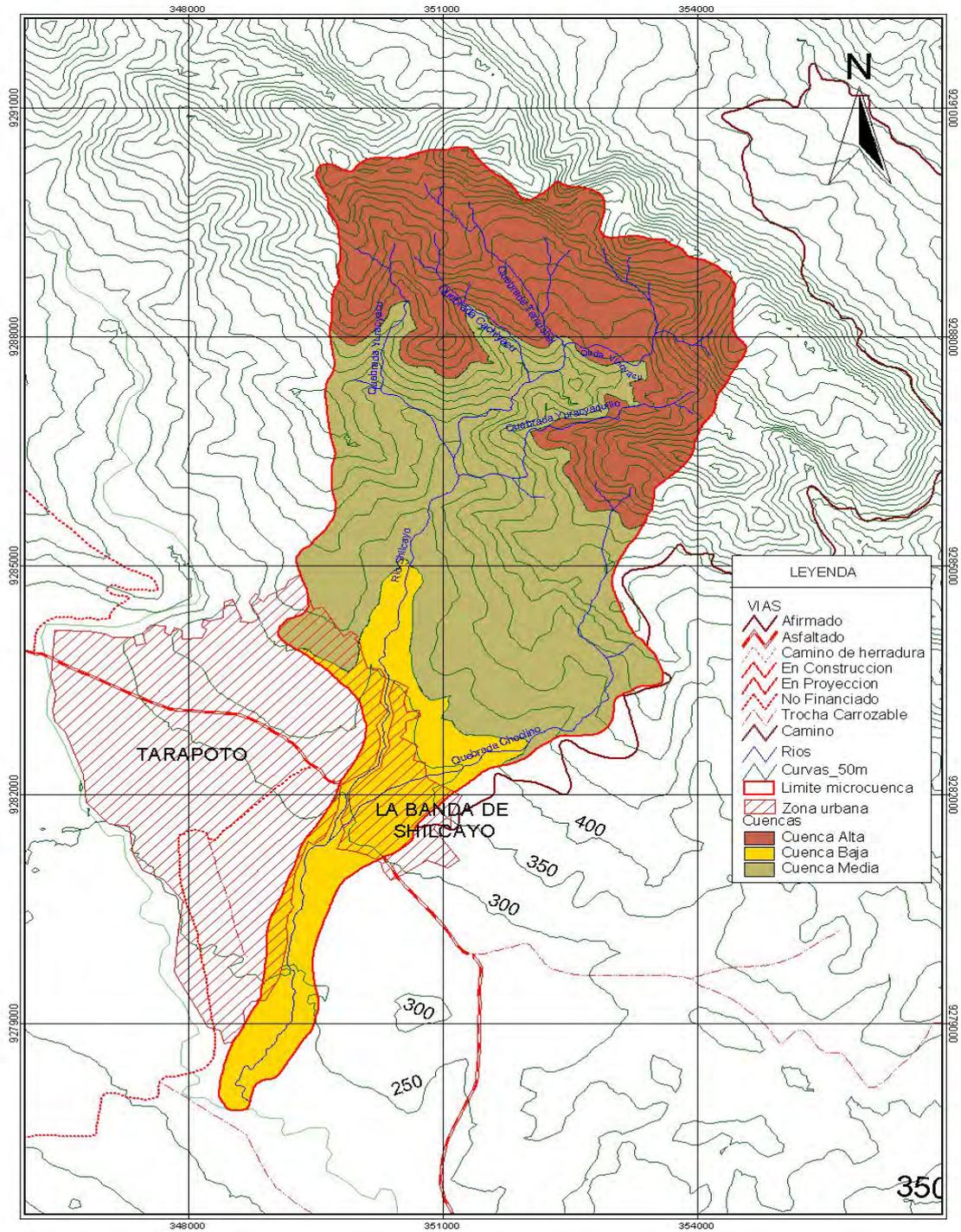


Figura N° 03: Microcuenca del Río Shilcayo
 Fuente: Sánchez, 2008

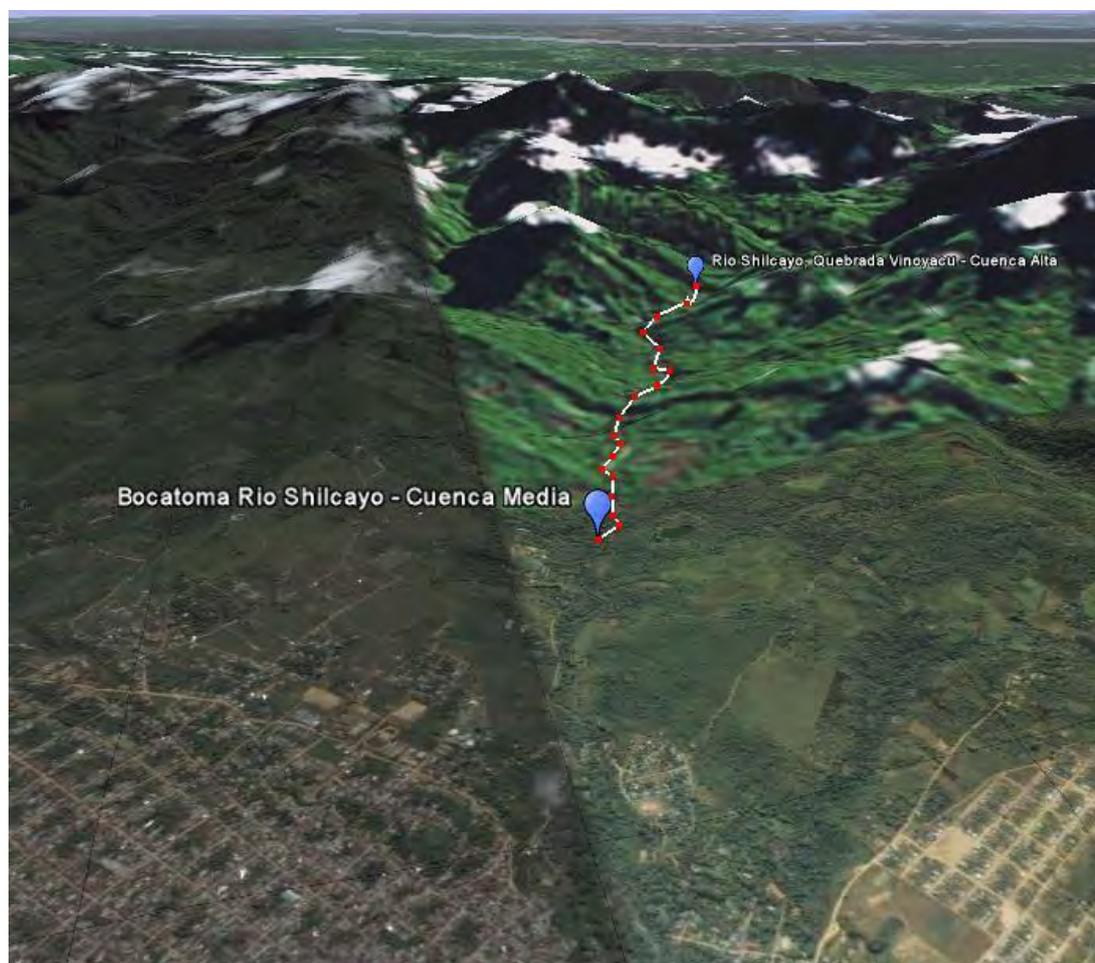


Figura N° 04: Imagen Satelital de la Microcuenca del Rio Shilcayo
Fuente: Sánchez, 2008

3.1.2 Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación, se realizó en campo desde la toma de muestra y mediciones in situ, así como trabajo de laboratorio que se realizó en el Laboratorio Referencial del MINSA. **(Fig. N° 05)**



Figura N° 05: Laboratorio donde se analizaron las muestras

3.1.3 Materiales y Equipos de Laboratorio

- Muestra
- Agua almacenada
- Frascos de boca ancha con tapón esmerilado
- Papel Kraft
- pipetas de 1,2,5 y 10 mL
- Tubos de ensayo
- Matraz de 250 ml
- Rejillas
- Reactivos
- Solución de tiosulfato de sodio 10%
- Etanol
- Algodón
- Caldo Lauril Sulfato de Sodio
- Solución salina peptonada
- Caldo lactosado verde brillante bilis
- Caldo peptonado

- Autoclave
- Estufa de esterilización
- Estufa de incubación
- Cooler
- GPS
- Cronómetro
- Cinta Métrica
- Altimetro

3.2 Metodología

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar las propiedades características del agua superficial de la cuenca media del Río Shilcayo, los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga **(Hernández, et al, 1999)**.

3.2.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación desarrollado, fue no experimental de tipo seccional y lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal (ejemplo: calidad del agua en condiciones normales) y como se dan en su contexto natural, para después analizarlas **(Hernández, et al, 1999)**. Los diseños seccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni manipularlas **(Sierra, 1993)**.

3.2.3 Método de análisis de datos

3.2.3.1. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas se basaron en datos obtenidos de los diferentes trabajos realizados especialmente en la región, como CEDISA, URKU E.A., etc. Así como de las encuestas hechas a las familias que habitan en la zona del proyecto y los análisis microbiológicos realizados.

3.2.3.2 Variables evaluadas

Las variables fueron evaluadas utilizando cuadros de valores numéricos y porcentuales, gráficos de barras

- pH
- Coliformes totales
- Coliformes Termotolerantes
- Tipos de vivienda
- Servicios básicos
- Formas de uso del agua
- Usos del suelo

3.2.4 Ubicación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de agua superficial a analizar, se ubicaron utilizando el GPS (Fig. N° 06), determinando el este, el norte y la altitud. La altitud se corrigió mediante un altímetro.

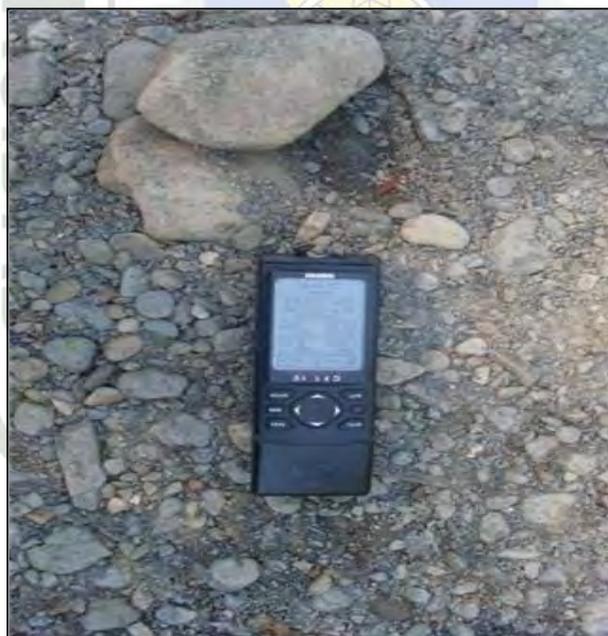


Figura N° 06: Ubicando los puntos de muestreo

3.2.5 Diagnóstico del uso de la tierra y el agua

Se realizaron las encuestas a los pobladores que tienen propiedades y que habitan dentro de la cuenca media del río Shilcayo, para determinar el uso de la tierra y el agua, según modelo que se muestra en el **anexo 1**.

3.2.5.1. Población y área del proyecto

La cuenca media del río Shilcayo cuenta con un área aproximada de 1360 hectáreas y una población de 50 familias asentadas en el área de influencia del proyecto, con una longitud total del río de 10 km aproximadamente, bajo la jurisdicción del Distrito de la Banda de Shilcayo, de las cuales se tomó 36 familias para ser encuestadas.

3.2.6. Preparación de materiales de muestreo y toma de muestras

3.2.6.1 Preparación de los frascos

1. Se lavaron perfectamente los frascos, eliminando todo resto de jabón o detergente.
2. Se agregó 0.1mL de tiosulfato de sodio al 10% (0.5mL para frascos de 500mL)
3. Se colocó una tira de papel kraft de 1 x 5cm entre tapón y cuello (frascos refractarios con tapón esmerilado)
4. Se procedió a cubrir el tapón y el cuello del frasco con papel kraftin y
5. Finalmente se esterilizaron los frascos utilizando un equipo autoclave a una temperatura de 121°C durante 15 minutos.



Figura N° 07: Frascos preparados

3.2.6.2 Toma de muestra

Muestra poblacional: Es una muestra aleatoria estratificada, La selección de los puntos muestreados se hicieron en una longitud aproximada de 4 km en la cual se tomaron en 4 puntos a razón de 2 muestras cada 15 días por punto de muestreo, tal como recomienda **Salazar (2009)**.

Las muestras fueron tomadas en cada uno de los puntos de muestreo identificados con la ayuda de un GPS, en los envases preparados y luego transportados al laboratorio en refrigeración usando un cooler para asegurar la protección y conservación de las muestras. (Fig. N° 08 y 09)



Figura N° 08: Tomando la Muestra



Figura N° 09: Muestras conservadas y aisladas

3.2.7 Tratamiento de la información obtenida del Análisis Microbiológico

3.2.7.1 Numeración de coliformes totales y termotolerantes por el método de tubos múltiples (NMP). (APHA, 1995)

El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 mL de concentración simple (X), para inóculos de 1 mL y de doble concentración (2x) para inóculos de 10 ml, como se indica en las figuras N°10 y 11.

Luego de inoculada la muestra y/o sus diluciones, se incubó a 35°C por 24-48 horas, considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez.

De los tubos positivos, se transfirió una azada a tubos con Caldo Brila y Caldo EC. Se incubó a 35°C por 24-48 horas los tubos de Caldo Brila y a 44,5°C durante 24 horas los tubos con Caldo EC.

La formación de gas en tubos de Caldo Brila y Caldo EC, se consideró como positivo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) respectivamente. Luego se hizo la lectura del Número más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número más probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 ml y NMP de Coliformes Fecales por 100 ml.

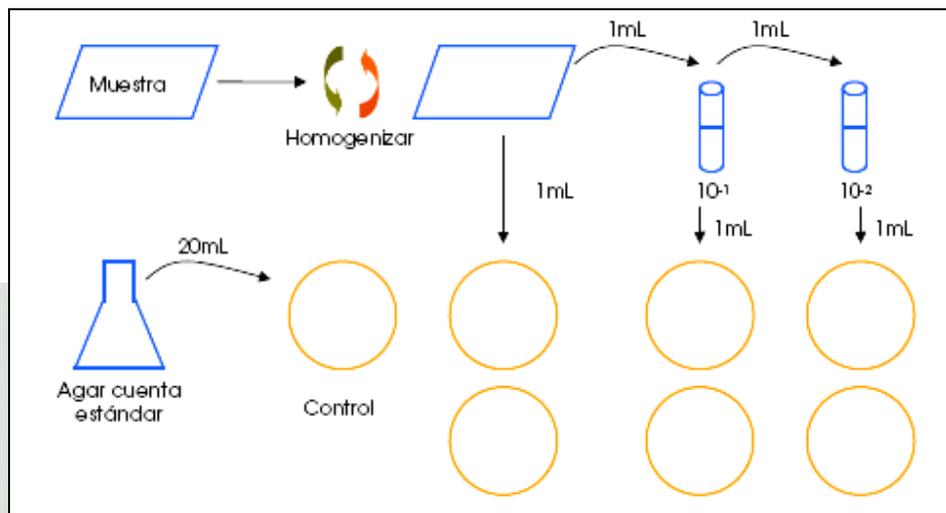


Figura N° 10: Diagrama del proceso de dilución para análisis de muestras de agua

Fuente: Camacho *et al*, 2009.

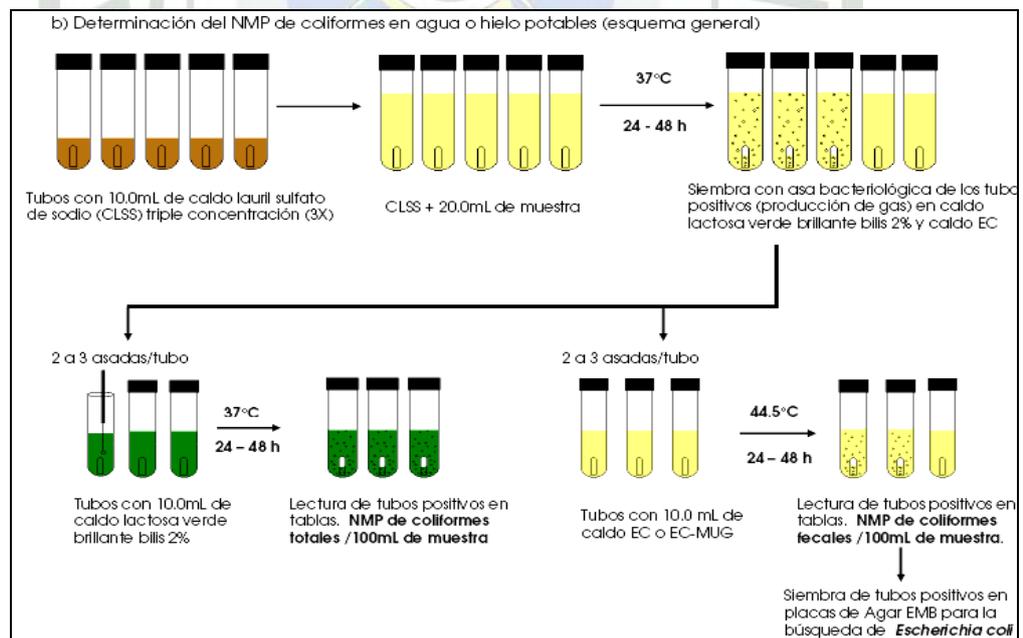


Figura N° 11: Diagrama del método del número más probable

Fuente: Camacho *et al*, 2009.

3.2.8 Determinación del Caudal

Utilizando la metodología recomendada por el MINSA (2007) para fuentes de aguas superficiales, el método desarrollado fue:

Método del Flotador: Se realizó las mediciones del largo y ancho del tramo elegido usando una cinta métrica, luego se midió la profundidad con la misma cinta en cinco puntos del ancho al inicio y final del tramo, con estos datos se sacó la profundidad promedio. Utilizando un flotador natural (pedazo de madera seca) y con la ayuda de un cronómetro se determinó el tiempo de desplazamiento desde el punto inicial del tramo hasta el punto final, se realizó cinco repeticiones de los cuales se obtuvo la velocidad promedio del agua de la superficie. El método del flotador se utiliza cuando no se tiene equipos de medición y para este fin se tiene que conocer el área de la sección y la velocidad del agua, para medir la velocidad se utiliza un flotador con el se mide la velocidad del agua de la superficie, pudiendo utilizarse como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote: como un corcho, un pedacito de madera, una botellita lastrada, Este método se emplea en los siguientes casos:

- A falta de correntómetro.
- Excesiva velocidad del agua que dificulta el uso del correntómetro.
- Presencia frecuente de cuerpos extraños en el curso del agua, que dificulta el uso del correntómetro.
- Cuando pelagra la vida del que efectúa el aforo.
- Cuando pelagra la integridad del correntómetro.

El cálculo consiste en:

$$Q = A \times v$$

v = e / t: es la velocidad en m / s

e: Espacio recorrido en metros del flotador

t: Tiempo en segundos del recorrido **e** por el flotador

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal

Las mediciones se realizaron en tres puntos: Antes de la bocatoma o captación de agua; zona media y a 50 metros del puente del asentamiento humano Villa Autónoma. (Fig. N° 12)



Figura N° 12 : Midiendo el área transversal del río

Fuente: Elaboración propia, 2010



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Ubicación de la cuenca del río Shilcayo

En la figura N° 13 se puede apreciar la cuenca del río Shilcayo, que nace en el cerro Escalera, abarcando parte de la ciudad de Tarapoto y terminando en el río Cumbaza. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados entre sí tal como lo afirma **Franquet (2005)**.



Figura N° 13: Cuenca del río Shilcayo
Fuente: Elaboración propia, 2010

Según **Franquet (2005)**, dentro de una cuenca se pueden distinguir: la parte alta, la parte media y la parte baja. En las partes altas, la topografía normalmente es empinada y generalmente están cubiertas de bosque. Tanto en la parte alta como en la parte media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos;

todas estas características se observan en el Fig. N° 13, las partes bajas, a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas, y no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra y está integrada por cinco componentes básicos: el componente físico, biológico, demográfico, cultural y económico.

En tal sentido es importante conservar las cuencas de los ríos para no generar impactos que puedan traer consecuencias futuras y daños irreparables para las generaciones posteriores, es por ello que el Estado a través del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, menciona que nadie podrá variar el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, ni alterar los cauces ni el uso público de los mismos sin la correspondiente autorización; y en ningún caso, si con ello se perjudica la salud pública o se causa daño a la colectividad o a los recursos naturales o se atenta contra la seguridad o soberanía nacionales.

En la figura N° 13 podemos observar que en la cuenca media existe mucha actividad agrícola, inclusive dentro de la zona de protección de la cordillera escalera que viene afectando el caudal del río, la fauna, la flora y aspectos climáticos.

4.2 Ubicación del área de influencia del proyecto

La figura N° 14 muestra la sección de color verde que indica el área de influencia del proyecto que está ubicada entre las coordenadas $X= 350788\text{m}$, $Y= 9285988 \text{ m}$ hasta $X= 350304$, $Y= 9283740 \text{ m}$. y comprende aproximadamente 1360 hectáreas.

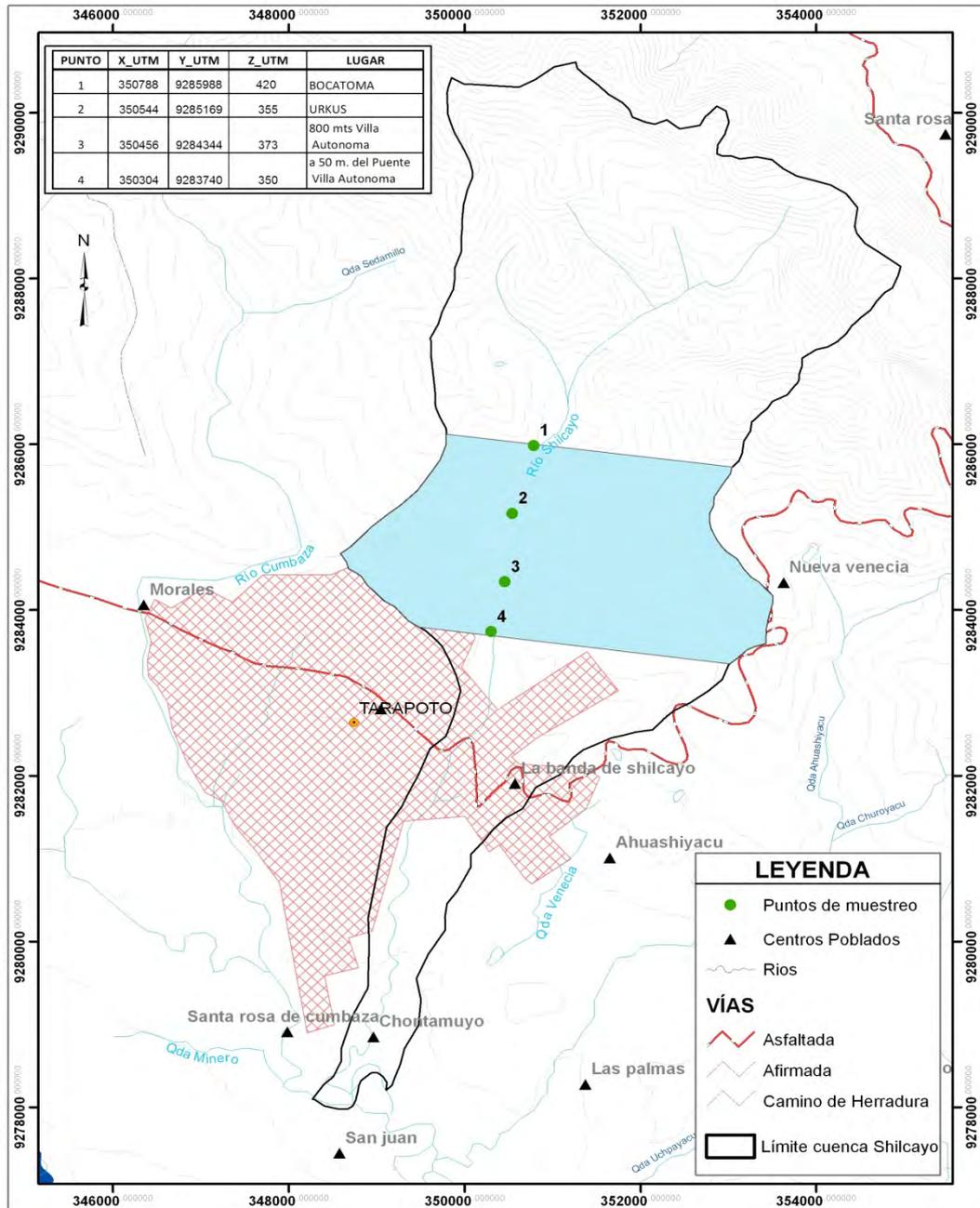


Figura N° 14: Área de influencia del proyecto
Fuente: Elaboración propia, 2010

4.3 Ubicación de los puntos de muestreo

Criterios de los puntos de muestreo

Para ubicar los puntos de muestreo se tuvo en cuenta las equidistancias de los puntos que permitan obtener muestras que representen a todo el área de influencia del proyecto y que permitan tener resultados reales de toda el agua superficial estudiada. Estos puntos fueron ubicados siguiendo las recomendaciones de **Salazar (2009)** que manifiesta que considerando el costo de cualquier análisis de calidad del agua un poco profundizado (Los costos son altos), se necesita escoger puntos de muestreo de manera razonada para disminuir el número de puntos, tanto en el espacio como en el tiempo, y asegurarse de la calidad de los resultados.

En el cuadro N° 10, tenemos la ubicación de los cuatro puntos de muestreo de acuerdo a sus coordenadas en el sistema UTM con una altitud de cuatrocientos veinte metros sobre el nivel del mar para el primer punto ubicado en la Bocatoma, y trescientos cincuenta metros en el último punto ubicado a cincuenta metros del asentamiento humano Villa autónoma. Estos puntos fueron ubicados teniendo en consideración las recomendaciones hechas por **Salazar (2009)**

Cuadro N° 10: Puntos de muestreo

| PUNTOS | X_UTM | Y_UTM | Z_UTM | LUGAR |
|--------|--------|---------|-------|-----------------------------|
| 1 | 350788 | 9285988 | 420 | Bocatoma |
| 2 | 350544 | 9285169 | 390 | URKU E. A. |
| 3 | 350456 | 9284344 | 373 | 800 m. de Villa Autónoma |
| 4 | 350304 | 9283740 | 350 | 50 m. puente Villa Autónoma |

En la figura N° 15 se observa en forma gráfica la ubicación de los puntos de muestreo en una vista satelital de la cuenca del río



Figura N° 15: Puntos de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2010

4.4 Determinación del caudal

Según lo mostrado en el cuadro N° 11, el caudal en el primer punto de muestreo es de 280 litros por segundo y en el tramo intermedio es de 210 litros por segundo, de esto se deduce que la captación de agua para producir agua potable en la bocatoma es de 70 litros por segundo. En el punto cuatro de muestreo el caudal es de 350 litros por segundo, como se puede observar es superior al primer punto, esto debido al afluente del río (Cachiyacu) que desemboca después del segundo punto de muestreo.

Estos resultados nos permiten inferir sobre la necesidad de asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional,

especialmente de la población de los Distritos de la Banda de Shilcayo y Tarapoto, sin perjudicar las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos, tal como lo indica el artículo N° 14 de la **Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)**

Cuadro N°11: Caudal del río Shilcayo

| CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO | PUNTOS | | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Largo (L) | 4,5 m | 4,5 m | 3,20 m |
| Ancho (A) | 3,75 m | 3,15 m | 2,75 m |
| Profundidad (P) | 0,36 m | 0,40 m | 0,47 m |
| Área transversal (A.P) | 1,35 m ² | 1,26 m ² | 1,29 m ² |
| Tiempo de recorrido (t) | 22 seg. | 27 seg. | 12 seg. |
| Velocidad (L/t) | 0,205 m/s | 0,167 m/s | 0,275 m/s |
| Caudal (V.A) | 0,28 m ³ /s | 0,21 m ³ /s | 0,35 m ³ /s |

4.5 Diagnóstico de la población

Para determinar las posibles fuentes de contaminación se encuestó a los pobladores ubicados en la zona de influencia del proyecto, considerando el tipo de vivienda, el uso de la tierra y el uso del agua.

En el cuadro N° 12 y la figura N°16, se observa que un 23% de las viviendas son de material noble y el 77% son viviendas tradicionales

Cuadro N° 12: Tipo de vivienda

| Tipo de vivienda | % |
|------------------|----|
| Material noble | 23 |
| Tradicional | 77 |

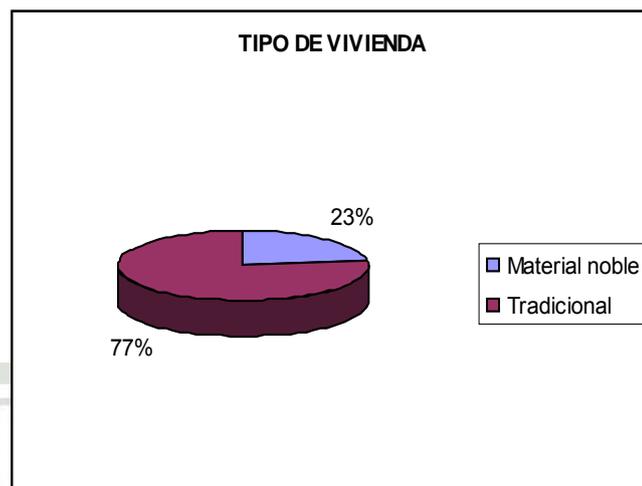


Figura N° 16: Tipo de vivienda

En el cuadro N° 13 y figura N° 17, vemos que el 10% de las viviendas cuentan con baños con pozo séptico, el 20% usan letrinas, en ambos casos, a través de lixiviados pueden contribuir a la contaminación de las aguas del río. El 70% de las viviendas no cuentan con pozo ciego ni letrinas, la defecación lo hacen al aire libre causando mayor contaminación que las anteriores ya que son arrastrados durante la época de lluvias directamente hacia el río. Esto corrobora lo manifestado por **Van de Mootele (2008)**; que los residuos urbanos arrojados sobre un terreno y en contacto con el agua de lluvia forman un residuo líquido o lixiviado, muy cargado de contaminantes, que se filtran dentro de las capas acuíferas, si el terreno es permeable esta contaminación llegará más o menos íntegra a las aguas subterráneas y los ríos.

Cuadro N°13: Servicios

| Servicios Básicos | % |
|--------------------------|----|
| Con baño(pozo ciego) | 10 |
| Letrina | 20 |
| Defecación al aire libre | 70 |

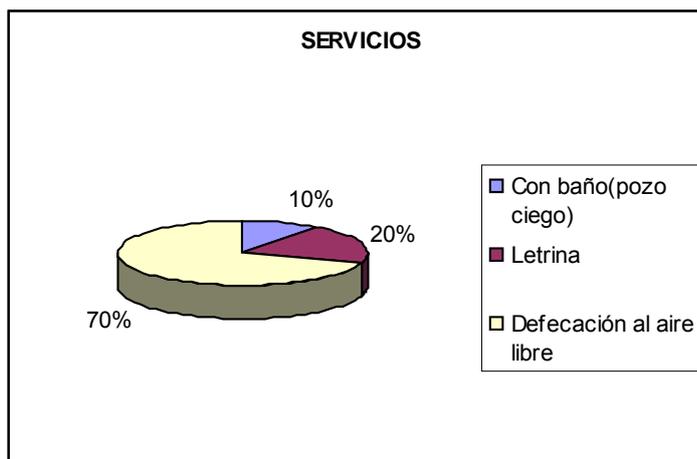


Figura N° 17: Servicios básicos

El cuadro N° 14 y figura N° 18, muestra los usos que se da a la tierra siendo en el área agrícola el que predomina los sistemas integrados con un 34% seguido por los bosques de protección con el 23%. En el sector pecuario se puede observar que la avicultura representa el 17% cuyos desechos el 40% son depositados en la orilla del río y el 60% lejos del río, ambos contribuyen a la contaminación del agua del río.

Cuadro N° 14: Usos del suelo

| Agrícola | % |
|---------------------|----|
| Viveros forestales | 13 |
| Protección | 23 |
| Huertos familiares | 13 |
| Sistemas integrados | 34 |

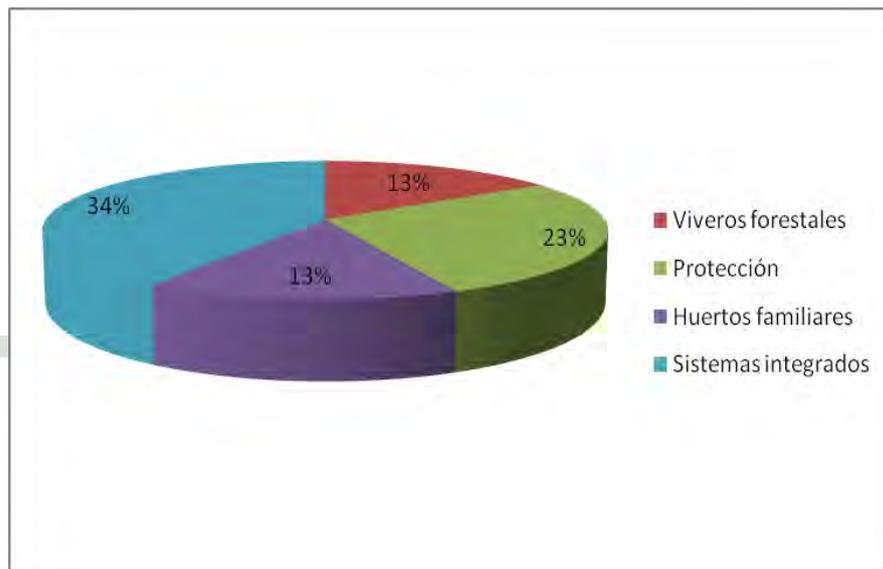


Figura N° 18: Uso agrícola

En el sector pecuario (Cuadro N° 15) se puede observar que la avicultura representa el 17% cuyos desechos el 40% son depositados en la orilla del río y el 60% lejos del río, ambos contribuyen a la contaminación del agua del río, que según **Lenntech (2009)** la contaminación procede de los restos orgánicos que caen al suelo y de vertidos con aguas cargadas de materia orgánica, que asimismo pueden contaminar las aguas subterráneas.

Cuadro N° 15: Uso pecuario

| Pecuaria | % | Destino de los desechos | | |
|------------------|----|-------------------------|-----------|---------------|
| | | En el río | A orillas | Lejos del río |
| Granjas avícolas | 17 | | 40 | 60 |
| Porcinos y otros | 4 | | 100 | |
| Piscigranjas | 13 | 100 | | |

Asimismo la piscicultura representa un 13%, siendo una de las actividades que contribuye a la contaminación ya que el 100% de sus desechos son vertidos directamente al río, estos desechos contienen coliformes fecales debido al abonamiento con gallinaza que se hacen a las piscinas.

En el cuadro N° 16 y figura N° 19, podemos observar que el 36% de los moradores usa el agua del río como alimento, de los cuales el 23% usa hervido y el 13% usa sin hervir, lo cual atenta contra su propia salud, debido a que al ingerir agua o alimentos con agua sucia puede provocar desde enfermedades del aparato digestivo como diarrea, tifoidea, cólera, hasta meningitis, encefalitis, síndromes respiratorios y hepatitis como lo afirmado por la **Universidad Nacional de Colombia (2009)**.

El 33% utiliza el río para bañarse, esto contribuye también con la contaminación del agua. Un rubro importante es la pesca, unos lo hacen para conseguir parte de su dieta alimenticia y otros como actividad recreativa. Muchos de los cuales lo realizan de URKU E. A. por abajo lo cual es un peligro para la salud por la alta contaminación fecal que presenta.

Cuadro N° 16: Usos del Agua

| Tipo de uso | Hervido (%) | Sin hervir (%) |
|---------------------|-------------|----------------|
| Alimento | 23 | 13 |
| Aseo personal | | 33 |
| Consumo de animales | | 15 |
| Pesca | | 16 |

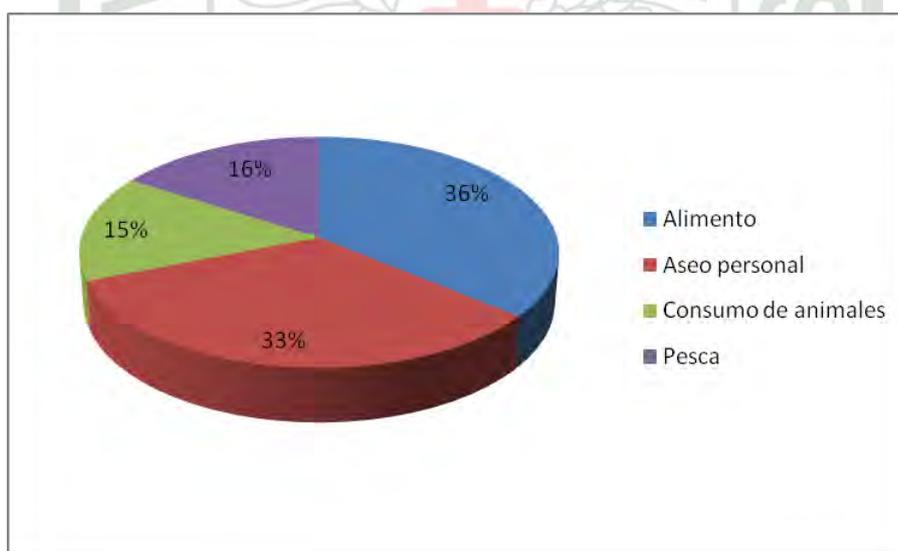


Figura N° 19: Usos del agua

4.6 Análisis Microbiológico

Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes en el momento de establecer el control de la calidad de la misma sin considerar si tienen su medio natural de vida en el agua o pertenecen a poblaciones transitorias introducidas por el ser humano. Tal como lo sostiene **Aide y Grau (2004)**; **Ecoespaña (2006)**. No todos los coliformes son de origen fecal, se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal. Según **Allen (1996)** los coliformes fecales son aquellos que fermentan la lactosa a 44,5 – 45,5°C, análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *E. coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*.

En el cuadro N° 17, se puede observar que en los diferentes puntos de muestreo existe diferencia tanto en coliformes totales como en coliformes termotolerantes, se incrementa a medida que los puntos de muestreo se acercan a la zona urbana. Esto confirma lo manifestado por **Lenntech (2009)** que las actividades antropogénicas, desde el punto de vista regional representan la mayor fuente de contaminación.

También se puede observar que hubo un incremento muy pronunciado con el tiempo. **Gómez (1995)**, reportó 84 ufc/ml de coliformes totales y 0 ufc/ml de coliformes termotolerantes en la Bocatoma. **Pezo (2006)** encontró 23×10^3 /100ml de coliformes totales y 90×10^2 /100ml de coliformes termotolerantes a 500 metros de la última vivienda, que es menor a lo encontrado a 50 metros de Villa Autónoma (30×10^4 /100ml y 45×10^3 /100ml respectivamente) tal como se ve en el cuadro N° 17.

Cuadro N° 17. Análisis Microbiológico

| PUNTOS DE MUESTREO | HORA | FECHA | PH | COLIFORMES TOTALES/100ml | COLIFORMES TERMOTOLERANTES/100ml |
|------------------------|--------|----------|-----|--------------------------|----------------------------------|
| BOCATOMA | MAÑANA | 23-06-09 | 6,5 | 54×10^3 | 31×10^2 |
| | | 08-07-09 | 6,5 | 64×10^3 | 35×10^2 |
| | TARDE | 23-06-09 | 6,5 | 16×10^4 | 37×10^2 |
| | | 08-07-09 | 6,5 | 22×10^4 | 39×10^2 |
| URKU E. A. | MAÑANA | 23-06-09 | 6,5 | 39×10^3 | 26×10^2 |
| | | 08-07-09 | 6,5 | 51×10^3 | 33×10^2 |
| | TARDE | 23-06-09 | 6,5 | 14×10^4 | 17×10^3 |
| | | 08-07-09 | 6,5 | 14×10^4 | 17×10^3 |
| A 800mt VILLA AUTONOMA | MAÑANA | 23-06-09 | 6,0 | 45×10^3 | 10×10^3 |
| | | 08.07.09 | 6,0 | 54×10^3 | 11×10^3 |
| | TARDE | 23-06-09 | 6,0 | 12×10^4 | 28×10^3 |
| | | 08-07-09 | 6,0 | 17×10^4 | 26×10^3 |
| A 50mt VILLA AUTONOMA | MAÑANA | 23-06-09 | 6.0 | 30×10^4 | 45×10^3 |
| | | 08-07-09 | 6.0 | 35×10^4 | 49×10^3 |
| | TARDE | 23-06-09 | 6,0 | 28×10^5 | 68×10^3 |
| | | 08-07-09 | 6.0 | 28×10^5 | 68×10^3 |

Asimismo, se observa que hay un incremento pronunciado de los microorganismos indicadores en los resultados obtenidos en la mañana respecto al de la tarde, esto es debido a que las actividades antropogénicas durante el día generan contaminación y estas se incrementan junto al río, cuando los agricultores retornan de sus labores cotidianas por las tardes. Además en época que hace calor muchos pobladores de la ciudad concurren al río para disfrutar del agua fresca y la sombra de la vegetación, contribuyendo a la contaminación. (Figuras N° 20, 21, 22, 25 y 26). Este problema se produce especialmente cerca de las ciudades. La basura contiene plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos, que al descomponerse generan impacto negativo, como señala. **Perú Ecológico (2009)**. Según **Cáceres (1990)**, algunas personas contaminan el agua porque no tienen desagües o no llegan los carros recolectores de basura.

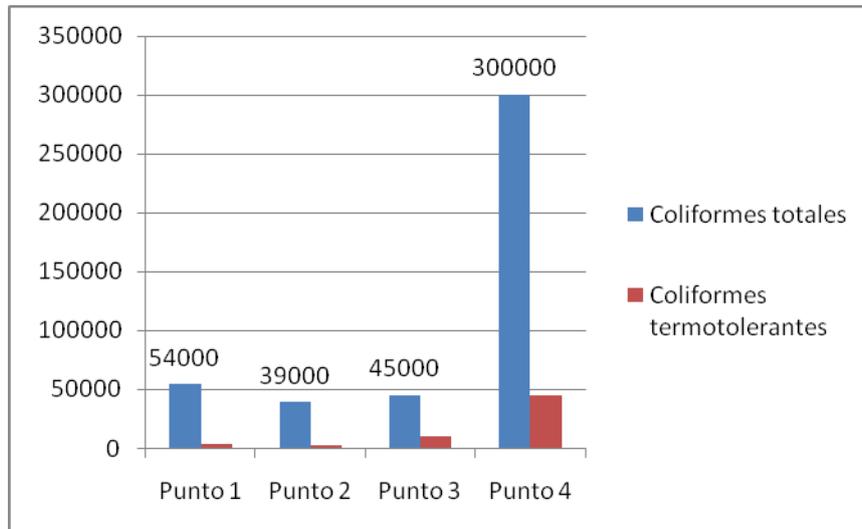


Figura N° 20: Primer muestreo en la mañana

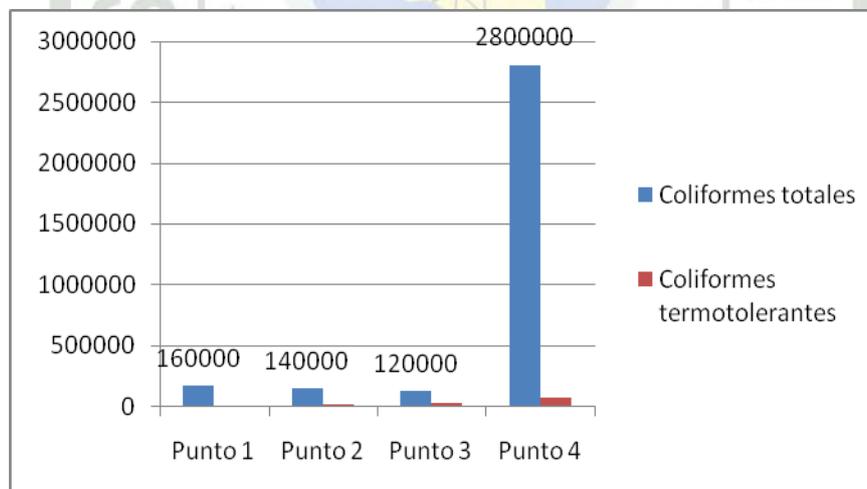


Figura N° 21: Primer muestreo en la tarde

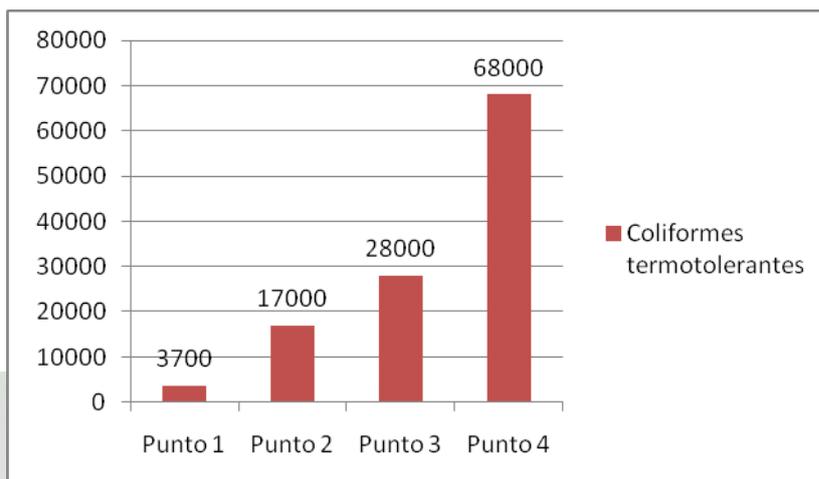


Figura N° 22: Coliformes termotolerantes

Según el **D.S. N° 002-2008-MINAM**, publicado en el diario oficial El Peruano, en la Bocatoma del río Shilcayo (punto1), y el sector de URKU E. A. (punto2), de acuerdo a los resultados obtenidos la calidad del agua está en la categoría A₃ de acuerdo al **D.S. N° 002-2008-MINAM**, publicado en el diario oficial El Peruano, (20.000 NMP/100ml de coliformes termotolerantes y 50.000 NMP/100ml de coliformes totales), pudiendo pues según esta norma ser utilizado para agua potable previo tratamiento consistente en pre desinfección, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección final, podrán ser utilizados también para fines agrícolas.

Para actividades recreativas los resultados sobrepasan los estándares de calidad establecidos en este decreto supremo (NMP/100ml 4000 coliformes totales y 1000 coliformes termotolerantes) y lo indicado por **Obón de Castro (1998)** de un máximo de 200 ufc/100ml de E. coli. Sin embargo la población de Tarapoto utiliza esta zona para actividades recreativas de esparcimiento como la pesca, aseo personal y otros, especialmente en épocas de fiestas como San Juan.

En el punto 3 a 800 metros de Villa Autónoma, los resultados de coliformes totales están por encima de los estándares de calidad establecidos por el D.L. N° 002-2008-MINAM para ser destinadas a la producción de agua potable (< 50.000 ufc/100ml), que podrán ser utilizados en el regadío de plantas de tallo, o con fines industriales cuando no haya interconexión con las redes de agua potable.

El punto N° 4 a 50 metros de Villa Autónoma, presenta mayor contaminación (NMP/100ml mayor de 50.000 coliformes totales) y sólo podrán ser utilizados con fines industriales siempre que no haya interconexión con las redes de agua potable. Cabe manifestar que entre el punto 2 y el punto 3 se localizan todas las granjas avícolas y todas las piscigranjas que son las que generan la mayor contaminación, debido a que sus residuos y efluentes no son debidamente tratados y llegan al río directamente o por lixiviados que pueden generarse ya que la ubicación de las mismas son próximos y con pendientes hacia el río. Por ello es importante que las autoridades competentes que establece el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos empiecen a aplicar las normas legales para controlar y evitar que el deterioro de esta cuenca media vaya en aumento poniendo en riesgo la salud de la población que hace uso.

Entre el punto 3 y punto 4 existe mayor población debido a la expansión de la ciudad de Tarapoto. En esta zona se puede observar que existen residuos sólidos que son arrojados junto al río y en el río mismo que viene convirtiendo a este recurso casi inutilizable y peligroso por la alta contaminación con coliformes termotolerantes tal como se observa en las figuras 18, 19, 20 y 21.

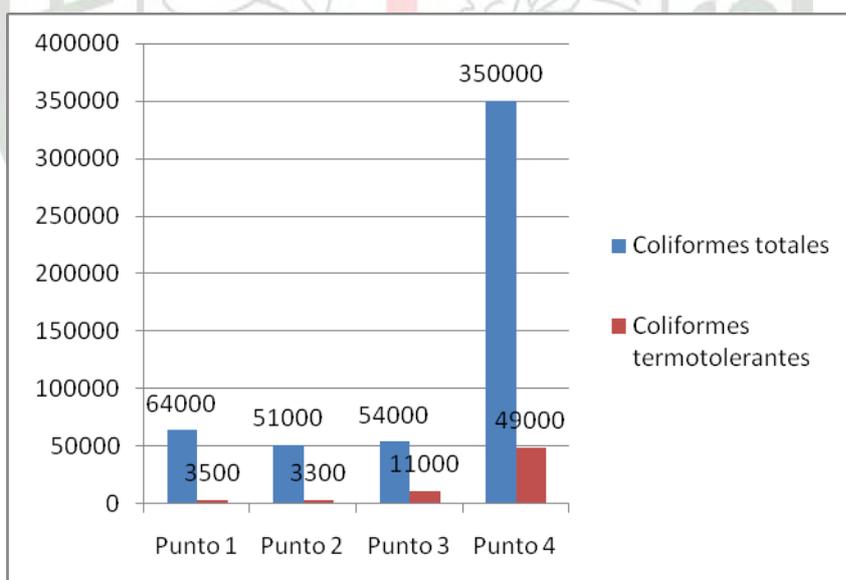


Figura N° 23: Segundo muestreo en la mañana

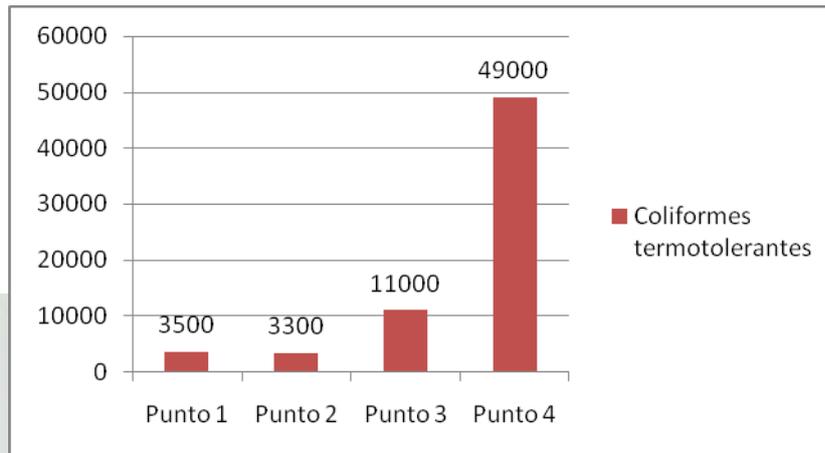


Figura N° 24: Coliformes termotolerantes

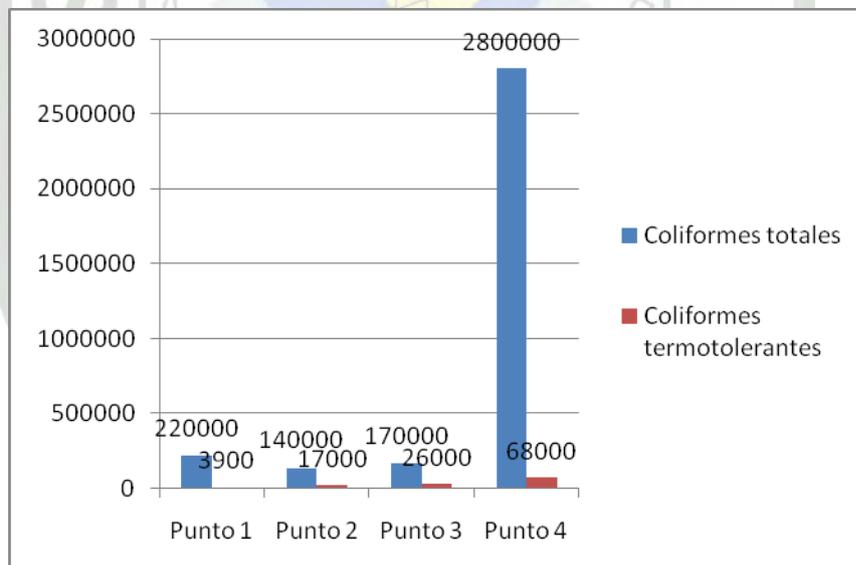


Figura N° 25: Segundo muestreo en la tarde

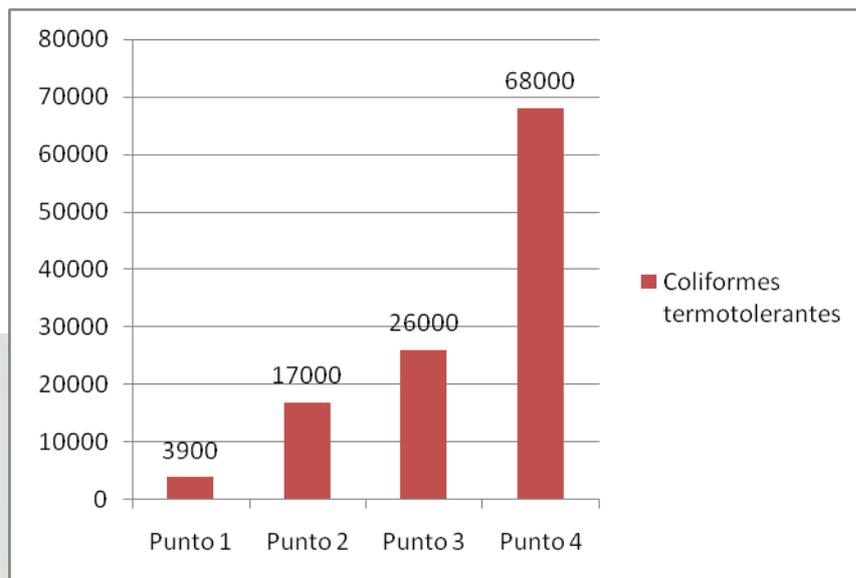


Figura N° 26: Coliformes termotolerantes

4.7 Plan de Monitoreo

4.7.1 Introducción

Para el presente plan de monitoreo se tendrá que seguir con lo estipulado en el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales recomendada por el Ministerio de Salud, a través de la **Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA (2007)**, de acuerdo al Reglamento de la Ley de Recursos hídricos, donde indica en el **Artículo 126°.- Protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas, que:** El monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

“En tanto no se implemente el protocolo mencionado en el párrafo anterior, la recolección, preservación y análisis de muestras de agua podrá realizarse de acuerdo con los métodos y procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas aprobadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI, o en su defecto por los métodos de análisis internacionalmente reconocidos”.

4.7.2. Objetivos de Monitoreo

- Estimar la evolución espacial y temporal de la calidad del agua de la cuenca media del río Shilcayo.
- Evaluar el impacto de las estrategias para el control de la contaminación de la cuenca media del río Shilcayo, aplicadas en un plan de mitigación.
- Proponer esquemas de muestreo con propósitos de hacer un seguimiento del nivel de contaminación de la cuenca media del río Shilcayo.
- Obtener información que sirva de base a las autoridades competentes, para diseñar programas de manejo integral de la cuenca media del río Shilcayo.

4.7.3. Parámetros a monitorear

Los parámetros que se considerarán en el monitoreo estarán de acuerdo a los Estándares de Calidad para aguas establecidas en el Reglamento de la Ley General de Recursos Hídricos cuyos valores se adjunta en el anexo N° 03.

➤ **Parámetros de medición en campo**

pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto.

➤ **Parámetros determinados en laboratorio**

- Físicos: Turbiedad, Sólidos totales y sólidos suspendidos.
- Iones principales: (Nitratos, Sulfato, Fosfatos, cianuro, cloruros, nitritos, dureza total y cálcica, alcalinidad).
- Metales (Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).

➤ **Parámetros Biológicos**

- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes.

➤ **Parámetros Orgánicos** (dependerá de las actividades y usos que tenga el cuerpo de agua)

- Aceites y grasas.
- DBO₅
- DQO

4.7.4. Estándares de calidad a considerar

Según los estándares de calidad ambiental para aguas, establecidos en el Artículo 106° inc.2) del Reglamento de la ley de Recursos Hídricos indica que “la Autoridad Nacional del Agua clasifica los cuerpos de agua, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA – Agua), que apruebe el Ministerio del Ambiente de acuerdo con los usos actuales y potenciales al que se destina el agua.”

El artículo 1° del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM declara: “Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas, contenidos en el anexo 1 del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente”.

4.7.5. Ubicación de puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo se hará siguiendo las recomendaciones de **Salazar (2009)**, que considera que los costos de cualquier análisis de calidad del agua un poco profundizado (Los costos son altos), por lo tanto se necesita escoger puntos de muestreo de manera razonada para disminuir el número de puntos, tanto en el espacio como en el tiempo, y asegurarse de la calidad de los resultados.

Los puntos de muestreo se elegirán antes y después de cada junta de cauce de agua, y en los puntos de mayor actividad antropogénica, para poder establecer con certeza la fuente de contaminación y determinar la dinámica de los contaminantes; además se considerará la facilidad de acceso a dichos puntos.

El punto de muestreo aguas arriba estará ubicado lo suficientemente distante para asegurarse que no exista influencia de la descarga de un efluente líquido, pero aguas abajo de cualquier descarga que pudiera influir en las características de calidad del agua. La ubicación del punto de muestreo aguas abajo debe estar en el punto en el que la descarga se haya mezclado completamente con el agua receptora dependiendo del caudal de la misma (Ejm. 100 m aguas abajo aprox.). Todos los puntos de muestreo deben estar

georeferenciados para plasmarlos en mapas, de manera que se pueda retornar a ellos con facilidad. Debe fotografiarse el lugar y tomar nota de alguna característica geográfica permanente. De ser posible, debe colocarse un hito en la orilla. De acuerdo a lo mencionado los puntos de muestreo para el monitoreo serán:

- a) PUNTO 1: Ubicado en la bocatoma del río Shilcayo antes de la captación del agua para la producción de agua potable.
- b) PUNTO 2: A la altura de URKU E.A., 100 metros antes de la desembocadura de la quebrada de Cachiyacu.
- c) PUNTO 3: A 100 metros después de la desembocadura de la quebrada de Cachiyacu.
- d) PUNTO 4: A 100 metros debajo de la altura de la granja avícola Uyejara.
- e) PUNTO 5: A 50 metros aguas arriba del puente de Villa Autónoma.

4.7.6. Medición de Caudales

El caudal, está en función de la sección (metros cuadrados) a atravesar y por la velocidad a la que atraviese la sección metros/segundo. Se expresa en litros o metros cúbicos por segundo (l/s o m³/s). El problema es determinar la velocidad, ya que es variable para cada punto del cauce. Para la medición de caudal del agua se utilizará el método del correntómetro o el método del flotador, según la disponibilidad.

4.7.7. Registro de datos de campo

El registro de campo debe contener la siguiente información:

- **Código o nombre del punto de muestreo**, origen de la fuente, descripción clara y definida del punto de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo.
- Se registrarán todas las **mediciones realizadas** en el monitoreo.

Para realizar esta actividad será necesario contar con equipos de medición de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, termómetro, turbidímetro y GPS.

4.7.8 Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de muestreo se establece de acuerdo a la estacionalidad debiéndose realizar el muestreo en época de avenida (Marzo - Mayo) y época de estiaje (Agosto – Noviembre), pudiendo ampliar la frecuencia de acuerdo a los impactos negativos que se generan en los recursos hídricos y población; así como la disponibilidad de recursos económicos necesarios para la ejecución del monitoreo y análisis de laboratorio.

4.7.9. Muestreo, preservación, conservación y envío de las muestras al laboratorio de análisis.

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se seguirán las recomendaciones establecidos en los “Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales – American Public Heal Association, American Waer Works, Association Water Pollution Control Federation 20th Edition, 1998” y las normas técnicas peruanas de INDECOPI.

Consideraciones Generales

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Todo equipo deben esta debidamente calibrados.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio. Tener cuidado en su manipulación.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- Llenar los registros de cada muestra recolectada (**ficha de muestreo**) e identifique cada frasco (**etiquetado**).
- Utilice procedimientos formales que rastrean la historia de la muestra desde la recolección hasta su llegada al laboratorio de análisis (**cadena de custodia**).

- La indumentaria de protección del personal que realizará el muestreo deberá estar constituido por chaleco, pantalón, gorra, casaca (zona sierra), impermeable, botines de seguridad, botas de jebe muslera, guantes de jebe y quirúrgico.
- Materiales de campo como arnés o soga, balde, linterna, muestreador con extensión, cronometro, cajas térmicas, ice pack.
- Materiales de laboratorio como pizeta, pipetas y/o goteros, bombilla de succión y frascos de plástico y vidrio según el requerimiento de análisis.

Toma, preservación y conservación de muestras de agua

Es importante considerar las etapas que se tiene que dar en todo proceso de muestreo, con la finalidad que la muestra sea lo más representativa posible y así asegurar la integridad desde su recolección hasta el reporte de los resultados por ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

➤ Toma de Muestras:

- Para la toma de muestras evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.
- La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.

a) Indicadores Biológicos

- La toma de muestra microbiológica deberá realizarse a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras deben ser de vidrio y esterilizados, no deben ser sometidos al enjuague, la toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.

b) Indicadores Orgánicos

- Para el caso de aceites y grasa, se deberá realizar la toma en forma directa sin realizar el enjuague. La toma de muestra se hace en la superficie. Los frascos a utilizar serán de vidrio, color ámbar de boca ancha con cierre hermético.
- Respecto a la toma de muestra para Demanda Bioquímica de Oxígeno, utilizar frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, limpios, al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar, mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente (no se debe de congelar la muestra), no requiere de preservantes.

c) Parámetros Físicos Químicos

- En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.
- En la toma de muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.
- La toma de muestras para los parámetros Físicos y iones se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad, no requiriendo preservación y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.
- La toma de muestras para el parámetro Dureza Total y Cálcica se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

- Para la toma de muestra de los parámetros Cianuro WAD y Libre se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar.

Medición de parámetros en campo:

- Se recomienda que la medición de los parámetros en campo se realice tomando una muestra del recurso hídrico utilizando un balde limpio (realizar el enjuague) o pudiéndose realizar directamente en el recurso hídrico.
- En primer lugar deberá medirse oxígeno disuelto y luego el pH, conductividad eléctrica.

Preservación de las muestras de agua:

- Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido.
- Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

Identificación de las muestras de agua:

- Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:
 - Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
 - Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
 - Origen de la fuente.
 - Descripción del punto de muestreo.
 - Fecha y hora de la toma de la muestra.
 - Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
 - Tipo de análisis requerido.
 - Nombre del responsable del muestreo.

Conservación y envío de las muestras de agua:

- Las muestras recolectadas deberán conservarse en cajas térmicas (Coolers) a temperatura de hielo, disponiendo para ello con preservantes de temperatura (Ice pack, otros).

- Los recipientes de vidrio deben ser embalados con cuidado para evitar roturas y derrames. En el caso de utilizar hielo, colocar este en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.
- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos deberán entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.
- En el caso de las muestras para análisis microbiológico se recomienda entregar estas al laboratorio dentro de las 6 horas después del muestreo y conservadas (aguas superficiales y residuales), refrigerar a 4 °C..
- Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de: Ficha de Cadena de Custodia, Ficha de Muestreo y el oficio de la Institución solicitante del análisis; documentos que en caso de ser remitidos dentro del “Cooler” deberán colocarse en un sobre plastificado a fin de evitar que se deterioren.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La presencia del grupo coliformes no indica necesariamente que existen patógenos de algún tipo en el agua, los resultados deben interpretarse como una medida de la posibilidad que existan patógenos en ese momento o quizás en algún momento posterior. Los organismos coliformes generalmente sobreviven más tiempo que la mayoría de bacterias patógenas comunes
- Los estudios de coliformes son importantes en los estudios de calidad de agua, pues la presencia de Coliformes termotolerantes es un indicador específico de contaminación fecal, por lo que las muestras tomadas de los puntos de muestreo P₁ y P₂, se encuentran dentro de los límites bacteriológicos permisibles para la categoría A₃ (20.000 NMP/100ml de coliformes termotolerantes y 50.000 NMP/100ml de coliformes totales) referente al **D.S. Nº 002-2008-MINAM**. Clasificación de acuerdo a su uso.
- Las muestras de agua tomadas de los puntos P₁ y P₂, provenientes de la microcuenca media del río Shilcayo, se consideran aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa comercial. Además pueden ser usadas para producir agua potable previo tratamiento.
- Las muestras tomadas de los puntos de muestreo P₃ y P₄ exceden los límites bacteriológicos permisibles con valores que superan los 50.000 ufc/100ml, (28x10⁵/100ml).
- Las granjas avícolas son las que generan mayor contaminación al agua superficial de la cuenca media del río Shilcayo, ya que es la actividad en mayor escala produciendo gran cantidad de residuos sólidos (gallinaza), que son depositados cerca la orilla del río, especialmente entre los puntos P₃ y P₄
- Considerando la calidad de agua entre los puntos de muestreo P₃ y P₄, puede ser utilizada en el regadío de plantas de tallo, o con fines industriales cuando no haya interconexión con las redes de agua potable. Esto se sustenta de

acuerdo a lo observado en el trabajo de campo, en el que se apreció una intensa actividad humana en zonas cercanas a estos puntos de muestreo.

- El plan de monitoreo debe aplicarse con la finalidad de controlar la variación de la contaminación fecal a lo largo del tiempo del agua superficial del río Shilcayo.

5.2 Recomendaciones

- Realizar trabajos de investigación para determinar la calidad fisicoquímica y biológica del agua superficial de la cuenca del río Shilcayo, a fin de tener información básica para que las autoridades competentes puedan dictar las medidas de mitigación correspondientes.
- Ejecución de un monitoreo bianual asociado a este indicador, necesario para establecer y darle seguimiento al grado de deterioro o de recuperación de la calidad del agua en la cuenca media del río Shilcayo.
- Cada 10 años se debería realizar un estudio demográfico y socioeconómico de la microcuenca del río Shilcayo por corregimiento, actualizando los datos e identificando las áreas de concentración de la población.
- Es necesario desarrollar programas de reforestación de las áreas degradadas a lo largo de los cursos del río Shilcayo, con el fin de reducir los efectos de la erosión y sedimentación sobre este río debido a que sus márgenes presentan pendientes muy pronunciadas. Así como generar programas de concientización y capacitación comunitaria sobre salud ambiental y calidad de vida y despertar el interés en la cooperación en monitoreo ambiental, debiendo ser sistematizados por los principales organismos estatales y actores de la microcuenca.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

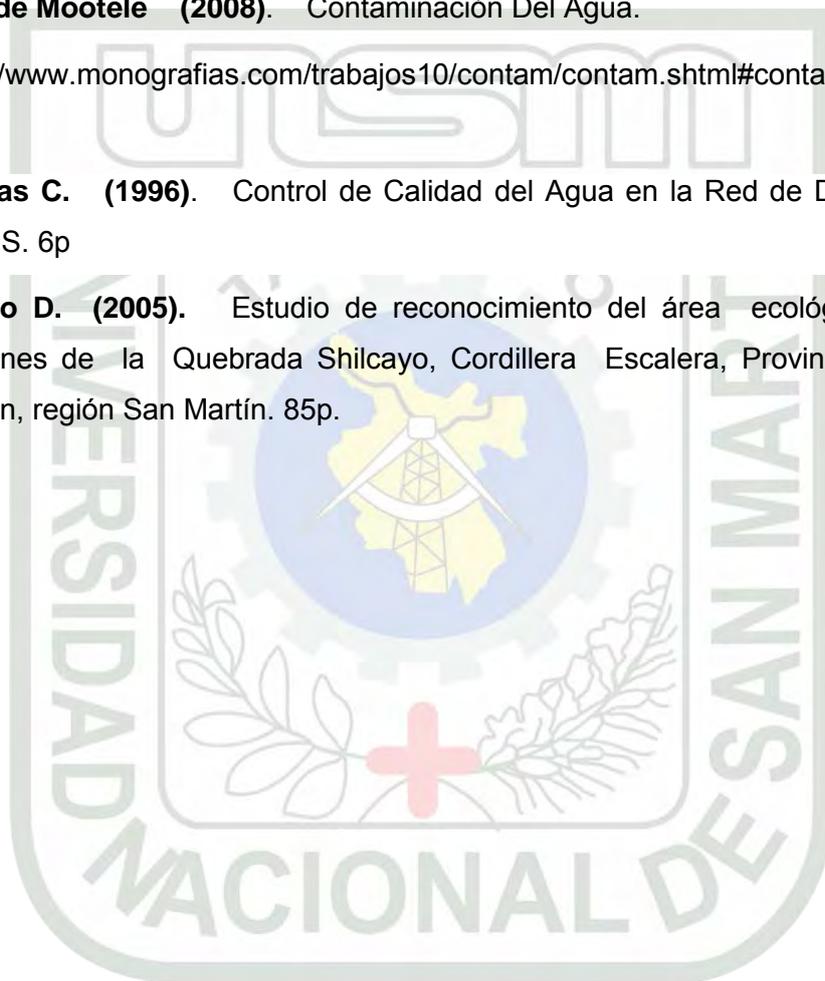
1. **Aide y Grau (2004); Ecoespaña, (2006).** Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles.
2. **Allen. M. (1996).** La Importancia para la Salud Pública de los Indicadores Bacterianos que se Encuentran en el Agua Potable. Reunión sobre la Calidad del Agua Potable. CEPIS. OPS. OMS. Lima-Perú.
3. **Apella M, Araujo P. (1993).** Microbiología Del Agua: conceptos concepto Básico. Pag. 45, 46, 47, 48, 49. Universidad Nacional de Tucumán. Chacabuco 145, San Miguel de Tucumán, Tucumán CP 4000 Argentina [http://google.com.pe/microbiología del agua / María C. Apella - Paula Araujo /anteced.htm](http://google.com.pe/microbiología%20del%20agua/María%20C.%20Apella%20-%20Paula%20Araujo/anteced.htm).(13 – 07 – 09).
4. **Arango M. (2003).** Microbiología del agua. www.monografias.com/microbiologiadelagua/documentos/. (19 – 06 – 09).
5. **Arcas E. (2005).** Contaminación del Agua. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=462>
http://clara.ciceana.org.mx/toma_accion/monitorea_el_agua.html#arriba (14 – 06 – 09)
6. **Bartol P. (2008).** Cuenca hidrográfica. Enciclopedia Nicaragüense de Cuencas Hidrográficas. 125p.
7. **Bernex de F. y Montes, M. (1993).** Una aproximación a la lectura del espacio. Cuenca Huallaga Central y Bajo Mayo. PUCP- C.I.G./PEHCBM. S.I. 57p.
8. **Cáceres L. (1990).** Desinfección del Agua. Ministerio de Salud-OPS. Lima-Perú. 45p
9. **Chappa C. et al, (2004).** Diagnóstico, análisis y planeamiento de los recursos hídricos en la cuenca del rio Ponaza. Tarapoto – Perú. 180p.
10. **Camacho M, Giles A, Ortegón M, Palao B, Serrano y Velázquez O (2009).** Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de

- Química, UNAM. México. Versión para Administrador de Manuales y Documentos (AM y D). Facultad de Química, UNAM. 180p.
11. **Carpenter. (1969).** Microbiología 1ª edición Editorial: Interamericana S.A. México. 625p
 12. **Collins C, Lyne P. (1989).** Método Microbiológico Editorial: ACRIBIA; S.A. Zaragoza. 487p
 13. **Cortés J. (2000).** El Agua en el Mundo: Cooperación y Conflicto. Centro de Investigaciones Innocenti.
www.ub.es/solidaritat/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm (25 - 08 - 09).
 14. **Custodio y Llamas R. (2005).** Importancia del conocimiento de la huella hidrológica para la política española del agua. Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, Universidad Politécnica de Madrid. 253p.
 15. **Diario Oficial el Peruano (2008).** Decreto Supremo N° 002-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental Para Agua. Publicado el 31 de julio del 2008.
 16. **Dourojeanni A. (1994).** "Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas". 130p.
 17. **Easton J. (1998).** El Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Riesgos para Evaluar los Efectos Adversos en la Salud Humana de los Agentes Patógenos. Programa de Ingeniería de Salud Ambiental. Universidad de Alabama en Birmingham. 85p
 18. **Edmunds W, Neal C, Osterkamp W, Jones D. y Ridgway J. (2004).** Calidad del agua superficial. FAO, GEMS (Proyecto Mundial para el Monitoreo de la Calidad del Agua).4p
http://www.lgt.lt/geoin/files/24_Calidad_del_agua_superficia... - 44k.
 19. **EMAPA San Martín S. A. (2003).** Ensayo bacteriológico de agua de redes y fuentes del río Ponaza. 30p.
 20. **Fiestas G. (2007).** Medio Ambiente: agua, basura, contaminación.
<http://www.tecnun.es/asignaturas/ecología/hipertexto/11cagu/100coacu.htm>
POBLACION. (25 - 07 - 09).
 21. **Franquet M. (2005).** Agua que no has de beber... 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional. www.eumed.net/libros/2005/jmfb-h/1u.htm (08 - 08 - 09)

22. **García G. (1982).** Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas Internacionales, Conferencia ante la Sociedad Colombiana de Ecología, 230p
23. **Goes M, Vásquez J. (1999).** Determinación de E. Coli y Coniformes Totales usando un mismo sustrato cromogénico. Textos completos. CEPIS. 75p.
24. **Gomez R. (1995).** Documento Técnico N° 20 octubre 1995 Instituto De Investigaciones De La Amazonía Peruana, Dirección General De Conservación Del Medio Ambiente. [\(www.iiap.org.pe/Publicaciones/ CD/documentos/ST020\)](http://www.iiap.org.pe/Publicaciones/CD/documentos/ST020). (22 - 08 – 09).
25. **Hernández R, Fernández C. y Baptista P. (1999).** Metodología de la Investigación – segunda edición. Mc GRAW-HILL Interamericana Editores, S.A. de C.V. 06450 México D.F. 501 p.
26. **ITINTEC. (1987).** Normas Técnicas 214.003 y 214.009 para el Control Microbiológico de Aguas. ITINTEC. Lima-Perú.
27. **Instituto Nacional de Recursos Naturales (1997).** DGANPFS. Estudio Nacional de la Diversidad Biológica. Diagnóstico Regional. Lima, v.2. pgs. 49-92.
28. **Jones G. (1998).** Calidad Microbiológica del Agua: características del problema. Ingeniería y Ambiental Número 37 pg: 48-53. Extractado de AQUA vol. 46. 1997.
29. **Leiva M, López M. (2005).** Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos y aseguramiento del control de la calidad en laboratorios de ensayos medioambientales. Facultad de ciencias. Universidad Nacional de Chile. 16p.
30. **Lenntech V. (2009).** FAQ De la Contaminación Del Agua. Rotterdamseweg. Holanda. <http://www.lenntech.com/español/FAQ/descripción.ht> (15– 09 – 09).
31. **Ley N° 28611 (2005)** Ley General del Ambiente - MINAM. Artículo 114°.
32. **LEY N° 29338 (2009).** Ley de Recursos Hídricos – artículo 121°.
33. **Ministerio de Agricultura (1988).** Reglamento de Organización y funciones del Programa Nacional del Manejo de Cuencas y Conservación de Suelos. Lima, Perú. 65p
34. **Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua. (2010).** Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338). Lima-Perú

- 35. Ministerio de Salud. (2007).** Dirección General de Salud Ambiental. "DIGESA". Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima -Perú. 35p.
- 36. Ministerio de Sanidad y Consumo (2009).** Disposiciones Generales. 5316 *Orden SCO/778/2009, de 17 de marzo, sobre métodos alternativos para el análisis microbiológico del agua de consumo humano.* 15p
- 37. Obón de Castro J. (1998).** Dpto. Ingeniería Química y Ambiental Universidad Politécnica de Cartagena (COLOMBIA)
http://www.upct.es/~minaeees/analisis_microbiologico_aguas.pdf. (17 - 06 - 09)
- 38. Organización Mundial para la Salud. (1995).** Guías Para la Calidad del Agua Potable. OMS. Ginebra. 125p
- 39. Perú Ecológico (2009).** La Contaminación Del Agua. Enciclopedia Virtual.
http://www.peruecologico.com.pe/lib_c23_t01.htm. (23 - 07 - 09)
- 40. Pezo E. (2006).** "Contaminación de la Micro Cuenca del Río Shilcayo". Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo. 65p.
- 41. Robledo J. Aguirre M. (2005).** Informe de las visitas de campo y monitoreo de calidad de agua, en el lago de Atitlán, Solola. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Panajachel, Solola - Guatemala.10p.
- 42. Rodier J. (1998).** "Análisis de agua" Ediciones Omega S.A.220 Barcelona, España. 485p
- 43. Romero M. (2005).** Influencia de la actividad antropogénica en la calidad Físicoquímica-Biológica de las aguas de las acequias Cois, Yortuque y Pulen. Su impacto. Problemas de contaminación en el agua o en el ambiente de la Ciudad de Chiclayo. Centro de Investigación: Ingeniería Química. Chiclayo, UNPRG. blanco[arroba]hotmail.com (19 – 11 – 09).
- 44. Salazar J. (2009).** Guía N° 3 Inventario preliminar de recursos hídricos de la cuenca del río Amazonas. Unidad Técnica Nacional Proyecto GEF Amazonas OTCA/PNUMA. 26p.
- 45. Sánchez D. (2008).** Evaluación de la Calidad Ambiental del Agua en la Cuenca Media y Alta del Río Shilcayo – Tarapoto. Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto – Perú. 135p

- 46. Sierra R. (1993).** Tesis doctorales y trabajos de investigación científica. Editorial Paraninfo S.A. – Madrid – España. 127 p.
- 47. Universidad Nacional de Colombia (2009).** Red de Extensión de la Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. Colombia. <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/ags/AGSE/impact-s.htm> (13 – 08 – 09)
- 48. Van de Mootele (2008).** Contaminación Del Agua.
<http://www.monografias.com/trabajos10/contam/contam.shtml#conta> (31 – 07 – 09)
- 49. Vargas C. (1996).** Control de Calidad del Agua en la Red de Distribución. CEPIS. 6p
- 50. Vecco D. (2005).** Estudio de reconocimiento del área ecológica en los orígenes de la Quebrada Shilcayo, Cordillera Escalera, Provincia de San Martín, región San Martín. 85p.



ANEXO I

ENCUESTA USOS DE LA TIERRA Y EL AGUA DE LA CUENCA MEDIA DEL RIO SHILCAYO

I. ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

PROPIETARIO-----

VIVIENDA

Material noble----- ()

Tradicional----- ()

Con baño----- ()

Con letrina----- ()

Pozo ciego----- ()

Defecación al aire libre--- ()

Distancia aproximado del río-----

II. USOS DE LA TIERRA

AGRICOLA

Forestal----- ()

Protección----- ()

Viveros forestales----- ()

Huertos familiares----- ()

Sistemas integrados----- ()

PECUARIA

Granjas avícolas----- ()

Ubicación de los desechos

En el río----- ()

A orillas del río----- ()

Lejos del río----- ()

Porcinos y otros----- ()

Destino del desagüe

En el río----- ()

A orillas del río----- ()

Lejos del río----- ()

Otros----- () -----

Vacunos----- ()

Destino de las excretas

En el río----- ()

A orillas del río----- ()

Lejos del río----- ()

Otros----- () -----

Pisigranja----- ()

Destino del desagüe

En el río----- ()

A orillas del río----- ()

Lejos del río----- ()

Otros----- () -----

III. USOS DEL AGUA

Consumo directo

Alimento: Hervido----- ()

Sin hervir----- ()

Aseo personal----- ()

Consumo de animales--- ()

Recreación (Pesca) ----- ()

IV. OBSERVACIONES



ANEXO 2

Índice NMP y límite de confianza del 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados 5 tubos por dilución (10ml, 1ml,0.1ml).

| Combinación de tubos positivos | Índice NMP por 100ml | Límites de confianza del 95% | | Combinación de tubos positivos | Índice NMP por 100ml | Límites de confianza del 95% | |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------|
| | | Límite Inferior | Límite Superior | | | Límite Inferior | Límite Superior |
| 0-0-0 | <2 | - | - | 4-2-0 | 22 | 9 | 56 |
| 0-0-1 | 2 | 1 | 10 | 4-2-1 | 26 | 12 | 65 |
| 0-1-0 | 2 | 1 | 10 | 4-3-0 | 27 | 12 | 67 |
| 0-2-0 | 4 | 1 | 13 | 4-3-1 | 33 | 15 | 77 |
| 1-0-0 | 2 | 1 | 11 | 4-4-0 | 34 | 16 | 80 |
| 1-0-1 | 4 | 1 | 15 | 5-0-0 | 23 | 9 | 86 |
| 1-1-0 | 4 | 1 | 15 | 5-0-1 | 30 | 10 | 110 |
| 1-1-1 | 6 | 2 | 18 | 5-0-2 | 40 | 20 | 140 |
| 1-2-0 | 6 | 2 | 18 | 5-1-0 | 30 | 10 | 120 |
| 2-0-0 | 4 | 1 | 17 | 5-1-1 | 50 | 20 | 150 |
| 2-0-1 | 7 | 2 | 20 | 5-1-2 | 60 | 30 | 180 |
| 2-1-0 | 7 | 2 | 21 | 5-2-0 | 50 | 20 | 170 |
| 2-1-1 | 9 | 3 | 24 | 5-2-1 | 70 | 30 | 210 |
| 2-2-0 | 9 | 3 | 25 | 5-2-2 | 94 | 40 | 250 |
| 2-3-0 | 12 | 5 | 29 | 5-3-0 | 79 | 30 | 250 |
| 3-0-0 | 8 | 3 | 24 | 5-3-1 | 110 | 40 | 300 |
| 3-0-1 | 11 | 4 | 29 | 5-3-2 | 140 | 60 | 360 |
| 3-1-0 | 11 | 4 | 29 | 5-3-3 | 180 | 80 | 410 |
| 3-1-1 | 14 | 6 | 35 | 5-4-0 | 130 | 50 | 390 |
| 3-2-0 | 14 | 6 | 35 | 5-4-1 | 170 | 70 | 480 |
| 3-2-1 | 17 | 7 | 40 | 5-4-2 | 220 | 100 | 580 |
| 4-0-0 | 13 | 5 | 30 | 5-4-3 | 280 | 120 | 690 |
| 4-0-1 | 17 | 7 | 45 | 5-4-4 | 350 | 160 | 820 |
| 4-1-0 | 17 | 7 | 46 | 5-5-0 | 240 | 100 | 940 |
| 4-1-1 | 21 | 9 | 55 | 5-5-1 | 350 | 100 | 1300 |
| 4-1-2 | 26 | 12 | 63 | 5-5-2 | 540 | 200 | 2000 |
| | | | | 5-5-3 | 920 | 300 | 2900 |
| | | | | 5-5-4 | 1600 | 600 | 5300 |
| | | | | 5-5-5 | 2400 | - | - |

Fuente: M.S.A.S. (1992) Manual de Laboratorio

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

ANEXO 3

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Categoría N° 1: Poblacional y recreacional

| PARAMETROS | UNIDAD | A1 | B1 |
|------------------------------------|----------------|---|-------------------|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Contacto primario |
| | | VALOR | VALOR |
| FISICOS Y QUÍMICOS | | | |
| Cloruros | mg/L | 250 | ** |
| DBO ₅ | mg/L | 3 | 5 |
| DQO | mg/L | 10 | 30 |
| Dureza | mg/L | 500 | ** |
| Nitratos | mg/L | 10 | 10 |
| Nitritos | mg/L | 1 | 5 |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L | 1,5 | ** |
| pH | Unidades de pH | 6,5-8,5 | 6 - 9 |
| Turbiedad | UNT | 5 | ** |
| INORGÁNICOS | | | |
| Aluminio | mg/L | 0,2 | 0,2 |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,01 |
| Cobre | mg/L | 2 | 2 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 |
| Níquel | mg/L | 0,02 | 0,02 |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,001 |
| MICROBIOLÓGICO | | | |
| Coliformes termotolerantes(44.5°C) | NMP/100mL | 0 | 200 |
| Coliformes totales(35-37°C) | NMP/100mL | 50 | 1000 |

Fuente: Diario Oficial el Peruano. **DECRETO SUPREMO** N° 002-2008- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

UNT: Unidad Nefelométrica de turbiedad

NMP/100mL: Número más probable en 100 mL

** Se entenderá que para esta categoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

ECA para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales

| PARÁMETROS | Unidad | Vegetales Tallo Bajo | Vegetales Tallo Alto |
|--|----------------|----------------------|----------------------|
| | | Valor | Valor |
| Biológicos | | | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | 1000 | 2000(3) |
| Coliformes totales | NMP/100mL | 5000 | 5000(3) |
| Enterococos | NMP/100mL | 20 | 100 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100mL | 100 | 100 |
| Huevos de helmintos | NMP/100mL | < 1 | < 1(1) |
| <i>Salmonella sp</i> | | Ausente | Ausente |
| <i>Vibrio cholerae</i> | | Ausente | Ausente |
| PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES | | | |
| PARÁMETROS | UNIDAD | VALOR | |
| Fisicoquímicos | | | |
| Conductividad eléctrica | (µS/cm) | ≤ 5000 | |
| Demanda Bioquímica de oxígeno | mg/L | ≤ 15 | |
| Demanda Química de oxígeno | mg/L | 40 | |
| Fluoruros | mg/L | 2 | |
| Nitratos(NO ₃ -N) | mg/L | 50 | |
| Nitratos(NO ₂ -N) | mg/L | 1 | |
| Oxígeno disuelto | mg/L | > 5 | |
| pH | Unidades de pH | 6,5 – 8,4 | |
| Sulfatos | mg/L | 500 | |
| Sulfuros | mg/L | 0,05 | |
| Inorgánicos | | | |
| Aluminio | mg/L | 5 | |
| Arsénico | mg/L | 0,1 | |
| Berilio | mg/L | 0,1 | |
| Boro | mg/L | 5 | |
| Cadmio | mg/L | 0,001 | |
| Cianuro WAD | mg/L | 0,1 | |
| Cobalto | mg/L | 1 | |
| Cobre | mg/L | 0,5 | |
| Cromo(6+) | mg/L | 1 | |
| Hierro | mg/L | 1 | |
| Litio | mg/L | 2,5 | |
| Magnesio | mg/L | 150 | |
| Manganeso | mg/L | 0,2 | |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | |
| Niquel | mg/L | 0,2 | |
| Plata | mg/L | 0,05 | |
| Plomo | mg/L | 0,05 | |
| Selenio | mg/L | 0,05 | |
| Zinc | mg/L | 24 | |

Fuente: Diario Oficial el Peruano. **DECRETO SUPREMO** N° 002-2008-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

**ECA para Agua Categoría N° 3. Parámetros para riego de vegetales
de tallo bajo y alto**

| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR |
|-------------------------------|--------------|-----------|
| Fisicoquímicos | | |
| Bicarbonatos | mg/L | 370 |
| Calcio | mg/L | 200 |
| Carbonatos | mg/L | 5 |
| Cloruros | mg/L | 100 |
| Conductividad | µS/cm | < 2000 |
| Demanda Bioquímica de oxígeno | mg/L | 15 |
| Demanda Química de oxígeno | mg/L | 10 |
| Fluoruros | mg/L | 1 |
| Fosfatos-P | mg/L | 1 |
| Nitratos(NO ₃ -N) | mg/L | 10 |
| Nitritos(NO ₂ -N) | mg/L | 0,06 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | □ 4 |
| pH | Unidad de pH | 6,5 - 8,5 |
| Sodio | mg/L | 200 |
| Sulfatos | mg/L | 300 |
| Sulfuros | mg/L | 0,05 |
| Inorgánicos | | |
| Aluminio | mg/L | 5 |
| Arsénico | mg/L | 0,05 |
| Bario total | mg/L | 0,7 |
| Boro | mg/L | 0,5 – 6 |
| Cadmio | mg/L | 0,005 |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 |
| Cobre | mg/L | 0,2 |
| Cromo | mg/L | 0,1 |
| Hierro | mg/L | 1 |
| Litio | mg/L | 2,5 |
| Magnesio | mg/L | 150 |
| Manganeso | mg/L | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 |
| Niquel | mg/L | 0,2 |
| Plata | mg/L | 0,05 |
| Plomo | mg/L | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,05 |
| Zinc | mg/L | 2 |

Fuente: Diario Oficial el Peruano. **DECRETO SUPREMO** N° 002-2008- MINAM.
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).