

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN  
GESTIÓN AMBIENTAL**

**Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiycu y  
Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos,  
Moyobamba 2016**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE  
MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**ING. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ**

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA  
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS**

**Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiyaçu y  
Mishquiyaçu para una gestión eficiente de los recursos hídricos,  
Moyobamba 2016**

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

**Ing. Marcos Aquiles Ayala Díaz**

**Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**

**EJECUTOR**

**ASESOR**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS**

**Uso del territorio y la calidad de agua, en las microcuencas Rumiyaçu y  
Mishquiyaçu, para una gestión eficiente de los recursos hídricos,**

**Moyobamba 2016**

**APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Pezo', is written over a horizontal line.

**Ing. M.Sc. MARIO PEZO GONZÁLES**

**PRESIDENTE**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Yrwin', is written over a horizontal line.

**Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA**

**SECRETARIO**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rubén del Águila', is written over a horizontal line.

**Ing. M.Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO**

**MIEMBRO**

## **Declaratoria de Autenticidad**

Yo, **Marcos Aquiles Ayala Díaz**, egresado de la Sección de posgrado de la Facultad de Ecología, del Programa de Maestría en Ciencias, con mención el Gestión Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N°02848481, con domicilio en: Jr. Manuel del Águila N°384, con la Tesis titulada: **Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiycu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la monografía no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la Tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 06 de abril del 2018.



.....  
**Marcos Aquiles Ayala Díaz**  
DNI N°02848481



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	AYALA DÍAZ MARCOS AQUILES
Código de alumno :	Teléfono: 942667629
Correo electrónico : maayala@unsm.edu.pe	DNI: 02848481

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Escuela de posgrado:	FACULTAD DE ECOLOGÍA
Programa de Maestría en:	GESTIÓN AMBIENTAL

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título:	USO DEL TERRITORIO Y LA CALIDAD DE AGUA EN LAS MICROCUENCA RUMIYACU Y MISHQUIYACU PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS MAYOBAMBA 2016
Año de publicación:	2018

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(x)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

09 / 04 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por la vida y la oportunidad de realizar este trabajo; a mi madre; a mi esposa Zully; a mis hijos Eric, Mónica y Marcos Leonardo por el aliento y empuje que siempre me dieron para culminar este trabajo. ¡Gracias por apoyarme hoy y siempre!

A los amigos que gané en esta universidad, que hoy son parte de mi vida y con los que compartí horas de trabajo, en especial a mi asesor y amigo el Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez, y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron al logro de la culminación del presente trabajo, gracias por su valioso apoyo,

**Marcos A. Ayala Díaz**

## RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo estudiar la relación entre la ocupación del territorio y la calidad de agua en las microcuencas de Rumiycacu y Mishquiycacu, distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. Se tomaron muestras puntuales de agua en seis puntos del cauce: dos en la cuenca alta, dos en la cuenca media y dos en la cuenca baja y se analizó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. La temperatura del agua y el pH se tomaron in situ; nitratos, fosfatos, coliformes fecales, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de Oxígeno se evaluaron en laboratorio para ser comparados con un índice de calidad de agua de acuerdo a los estándares (ICA). Se determinó que se encuentran dentro de la categoría “**regular**”, siendo la turbidez y coliformes fecales los que influyeron negativamente en el comportamiento del ICA. Los resultados fueron contrastados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA). Las acciones que generan el deterioro de la calidad del agua de las microcuencas y que ocasionan impactos potenciales son la ocupación del territorio por 120 familias, de las cuales 35 viven en forma permanente; el cambio de uso del suelo en 469,35 has, que representa el 60,06 % del área total; el cultivo de café, que es la principal actividad económica con 210,24 has. El cambio de uso del suelo genera contaminación, especialmente en épocas de cosecha, también deforestación y daños al bosque en una área de 60,06 %, lo que ocasiona pérdida de la biodiversidad, causando degradación, contaminación, disminución de la fertilidad del suelo, disminución del régimen hídrico y contaminación del agua. El índice de contaminación poblacional (ICP) es más considerable en la cuenca alta seguido de la cuenca baja, y el menor índice está en la cuenca media debido a que en esta área se encuentra el mayor territorio de bosque primario, 18,84 % del área de la microcuenca Mishquiycacu. Se demostró que las microcuencas de Rumiycacu y Mishquiycacu presentan deterioro significativo de la calidad del agua, que la ocupación del territorio por 657 personas y el uso actual del suelo influye negativamente; asimismo, el bosque primario influye positivamente en la calidad del agua.

**Palabras clave:** Ocupación del territorio, calidad de agua, ICA, Rumiycacu y Mishquiycacu



## ABSTRACT

The objective of this research was to study the relationship between land occupation and water quality in the Rumiyaçu and Mishquiyaçu micro-watersheds, district and province of Moyobamba, department of San Martín. Water samples were taken at six points in the riverbed: two in the upper basin, two in the middle basin and two in the lower basin and analyzed the physical, chemical and bacteriological parameters. Water temperature and pH were measured in the riverbed; nitrate, phosphates, faecal coliforms, turbidity, total solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand were evaluated in the laboratory to be compared with a water quality index according to the standards (ICA). They were found to be within the "regular" category, with turbidity and fecal coliforms negatively influencing ICA behavior. The results were contrasted with national environmental quality standards for water (ECA). The actions that generate the deterioration of the water quality of the micro-watersheds and cause potential impacts are the occupation of the territory by 120 families, where 35 live permanently; the land use change in 469.35 hectares, which represents 60.06% of the total area; the cultivation of coffee, which is the main economic activity with 210.24 hectares. Land use change generates pollution, especially at harvest times, as well as deforestation and forest damage in an area of 60.06%, which leads to loss a lot of biodiversity, causing degradation, pollution, reduced soil fertility, decrease in water regime and water pollution. The Population Pollution Index (ICP) is more significant in the upper basin followed by the lower basin, and the lowest index is in the average riverbed because in this area is the largest primary forest territory, 18.84% of the area of the Mishquiyaçu micro watershed. Rumiyaçu and Mishquiyaçu micro-watersheds have been shown to show significant deterioration of water quality, that land use by 657 people and current land use has a negative impact; In addition, primary forest positively influences water quality.

**Key words:** Land occupation, water quality, ICA, Rumiyaçu and Mishquiyaçu



## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
Planteamiento del problema.....	4
Formulación del Problema.....	5
Objetivos.....	5
Justificación de la Investigación .....	6
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
1.1. Fundamento teórico científico .....	8
1.1.1. Cuenca hidrográfica .....	8
1.1.2. Dinámica del uso del suelo en la calidad del agua.....	8
1.1.3. Importancia de la calidad del agua.....	12
1.1.4. Calidad del agua.....	14
1.1.5. Contaminación .....	15
1.1.6. Fuentes de contaminación .....	16
1.1.7. Tipos de contaminación .....	16
1.1.8. Contaminación por actividades antrópicas.....	17
1.1.9. Cobertura vegetal .....	18
1.1.10. Contaminación del agua por agricultura .....	18
1.1.11. Actividades que influyen en la calidad de agua en una microcuenca .....	19
1.1.12. Parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad del agua .....	20
1.1.13. Indicadores de calidad de agua .....	23
1.1.14. Aplicación del SIG en el diagnóstico de cuencas .....	24
1.1.15. Gestión de los recursos hídricos .....	25
1.2. Definición de términos básicos .....	26
1.2.1. Cuenca hidrográfica .....	26
1.2.2. Microcuenca.....	26
1.2.3. Uso del territorio .....	26
1.2.4. Calidad de agua .....	26
1.2.5. Contaminación del agua.....	26
1.2.6. Índices de calidad del agua .....	27

<b>CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
2.1.Ubicación del área de estudio .....	28
2.2.Características de las microcuencas .....	28
2.2.1. Climatología.....	28
2.2.2. Geología .....	29
2.2.3. Suelos .....	29
2.2.4. Características socioeconómicas .....	29
2.2.5. Población.....	29
2.2.6. Uso del suelo .....	30
2.3.Ubicación de los puntos de muestreo.....	30
2.4.Equipos y materiales para el muestreo.....	31
2.5.Identificación de muestras. ....	32
2.6.Transporte y preservación de las muestras. ....	32
2.7.Seguridad en el muestreo. ....	32
2.8.Parámetros analizados y equipos utilizados en laboratorio. ....	33
2.9 Metodología y análisis de laboratorio. ....	33
2.10.Cálculo del índice de calidad del agua (ICA) .....	33
2.11.Estimación del Índice de calidad de agua “ICA” .....	38
2.12.Análisis estadístico.....	39
2.13.Recolección de datos.....	43
2.13.1.Información de fuentes primarias .....	43
2.13.2.Información de fuentes secundarias.....	44
<b>CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.Objetivo específico 1. ....</b>	<b>45</b>
3.1.1. Tipo y toma de muestras. ....	45
3.1.2. Indicadores de calidad agua .....	46
3.1.3. Resultados de parámetros in situ.....	46
3.1.4. Parámetros físicos de calidad de agua.....	46
3.1.5. Parámetros químicos de calidad de agua .....	49]
3.1.6. Parámetros biológicos de calidad de agua .....	52
<b>3.2. Objetivo específico 2.....</b>	<b>55</b>
3.2.1. Caracterización de la población asentada en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiayacu .....	56
3.2.2. Modalidad del uso de los suelos.....	58
3.2.3. Encuestas a los agricultores asentados en las microcuencas.....	60
3.2.3.1.Tipo de cultivos.....	60
3.2.3.2.Crianza de animales. ....	60

3.2.3.3.Servicios básicos .....	61
3.2.3.4.Tenencia de la tierra .....	62
3.2.3.5.Asistencia técnica .....	62
3.2.3.6.Conocimiento de normas legales ambientales .....	63
3.2.3.7.Conocimiento de peligros naturales y/o antrópicos .....	64
3.2.3.8.Sobre beneficios que aporta el bosque .....	64
3.2.3.9.Preocupación a la degradación de las microcuencas.....	65
3.2.3.10.Manejo de residuos sólidos .....	66
3.2.3.11.Contaminación por actividades productivas .....	66
<b>3.3. Objetivo específico 3. ....</b>	<b>70</b>
3.3.1. Determinación de la densidad poblacional .....	71
3.3.2. Determinación del índice de contaminación poblacional .....	71
<b>CAPITULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....</b>	<b>73</b>
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>CAPITULO VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>78</b>
<b>A N E X O S .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Peso asignado a cada parámetro del ICA .....	34
<b>Tabla 2</b> Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce .....	37
<b>Tabla 3</b> Clasificación del ICA propuesto por Brown .....	38
<b>Tabla 4</b> Indicadores estadísticos descriptivos de los parámetros.....	40
<b>Tabla 5</b> Resultados de los análisis en los seis puntos de muestreo.....	41
<b>Tabla 6</b> Índice de calidad de agua ICA, en los seis puntos de muestreo .....	42
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para la prueba de hipótesis .....	43
<b>Tabla 8</b> Ubicación de los puntos georeferenciados de zona de muestreo.....	45
<b>Tabla 9</b> Valores pH y diferencia de temperatura .....	46
<b>Tabla 10</b> Uso actual del territorio de las Microcuencas Rumiycu y Mishquiycu .....	59
<b>Tabla 11</b> Modelo Presión Estado Respuesta.....	69
<b>Tabla 12</b> Nivel de contaminación por habitante .....	71
<b>Tabla 13</b> Cálculo de la densidad poblacional .....	72
<b>Tabla 14</b> Métodos analíticos y equipos utilizados en laboratorio.....	95
<b>Tabla 15</b> Estándares nacionales de calidad de calidad ambiental para agua (ECA) .....	96
<b>Tabla 16</b> Cálculo ICA muestra 1 cuenca alta .....	101
<b>Tabla 17</b> Cálculo ICA muestra 2 cuenca alta .....	101
<b>Tabla 18</b> Cálculo ICA muestra 1 cuenca media .....	102
<b>Tabla 19</b> Cálculo ICA muestra 2 cuenca media .....	102
<b>Tabla 20</b> Cálculo ICA muestra 1 cuenca baja .....	103
<b>Tabla 21</b> Cálculo ICA muestra 2 cuenca baja .....	103
<b>Tabla 22</b> Formatos de encuestas aplicadas .....	105
<b>Tabla 23</b> Resultados análisis de laboratorio .....	107
<b>Tabla 24</b> Validación de encuesta.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.....	31
Figura 2. Diferencia de temperatura en los seis puntos de muestreo.....	47
Figura 3. Niveles de turbidez .....	48
Figura 4. Sólidos totales disueltos.....	49
Figura 5. Niveles de pH .....	49
Figura 6. Oxígeno disuelto .....	50
Figura 7. Nitratos .....	51
Figura 8. Coliformes fecales.....	54
Figura 9. Causas y efectos de la contaminación del agua en las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu.....	55
Figura 10. Uso actual del territorio de las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu. ....	59
Figura 11. Tipos de cultivo.....	60
Figura 12. Crianza de animales domésticos.....	61
Figura 13. Servicios básicos .....	61
Figura 14. Tenencia de la tierra.....	62
Figura 15. Asistencia técnica en temas de conservación.....	63
Figura 16. Conocimiento de normas de protección ambiental .....	63
Figura 17. Conocimiento de peligros naturales o antrópicos.....	64
Figura 18. Conocimiento de beneficios del bosque .....	65
Figura 19. Preocupación a la degradación de las microcuencas .....	65
Figura 20. Manejo de residuos sólidos .....	66
Figura 21. Contaminación por actividades productivas .....	67
Figura 22. Modelo presión estado respuesta (PER).....	68
Figura 23. Áreas geográficas por niveles de altitud.....	70
Figura 24. Índice de contaminación poblacional .....	72
Figura 25. Croquis de ubicación.....	89
Figura 26. Mapa de uso actual.....	90
Figura 27. Mapa de puntos de muestreo.....	91
Figura 28. Mapa de poseionarios .....	92
Figura 29. Mapa de densidad poblacional.....	93
Figura 30. Mapa de altitud.....	94
Figura 31. Valoración de la calidad del agua, en función del % de saturación oxígeno disuelto .....	97
Figura 32. Valoración de la calidad del agua, en función de coliformes Fecales .....	97
Figura 33. Valoración de la calidad del agua en función del pH.....	98

<b>Figura 34. Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 35. Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 36. Valoración de la calidad del agua en función del fósforo .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 37. Valoración de la calidad del agua, en función del nitrógeno.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 38. Valoración de la calidad del agua, en función de la turbidez .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 39. Valoración de la calidad del agua, en función de los sólidos totales disueltos ...</b>	<b>101</b>
<b>Figura 40. Tomando datos de temperatura del agua.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 41. Codificando las muestras. ....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 42. Muestras de agua para su análisis. ....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 43. Acondicionando las muestras para su transporte .....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 44. Agricultor, secando café, cultivo principal de las microcuencas. ....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 45. Despulpado del café.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 46. Cultivos diversificados en la microcuenca .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 47. Adicionando aditivos a las muestras, para los análisis bacteriológicos.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 48. Agricultores, transportando sus insumos y alimentos. ....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 49. Residuos sólidos domésticos generados en los domicilios. ....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 50. Crianza de animales domésticos, una de las principales actividades. ....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 51. Letrinas instaladas en la mayoría de los hogares. ....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 52. Badén, paso obligado al distrito de Jepelacio. ....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 53. Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos.....</b>	<b>115</b>

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico de la población ha sido uno de los factores desencadenantes de las alteraciones del medio ambiente, siendo uno de los más afectados los recursos hídricos. El agua es un recurso vital para la supervivencia humana y el desarrollo económico; a medida que la población y la economía crecen, aumenta la demanda de agua, mientras que la fracción aprovechable de este recurso tiende a declinar como consecuencia de la deforestación y las malas prácticas agrícolas en las cuencas altas.

En la cuenca del Alto Mayo se estima que existe una superficie deforestada de 50,1 %, lo que aumenta la erosión de los suelos por las lluvias, los sedimentos en los ríos y disminuye la retención de agua en el bosque, afectando la cantidad y calidad del agua y pone en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones del Alto Mayo. (Biocuenas, 2014)

El agua es un elemento fundamental para la vida y es esencial para un sinnúmero de actividades productivas, razón por la cual cada día se vuelve más insuficiente, a pesar de que alrededor del mundo el 70% está cubierta por agua, pero de esta solo el 2.5% es agua dulce y únicamente el 0.3% del agua está disponible para el uso humano (Awang *et al.* 2005)

La deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escases severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica (OPS, 1993)

Las microcuencas Rumiyacu y Mishquiycu presentan una superficie de 724 Has., las cuales tienen un caudal promedio de 65 L/seg., las mismas que abastecen al sistema de agua potable de la ciudad de Moyobamba y a una gran parte de la ciudad, lo que permite el funcionamiento íntegramente por gravedad. La planta de tratamiento de la Empresa Prestador de Servicios (EPS) Moyobamba tiene un ingreso de caudal de 85 litros por segundo en épocas de invierno y 45 L/seg.; en épocas de estiaje cuenta con dos tanques de almacenamiento, uno de 450 m<sup>3</sup> y otro de 800 m<sup>3</sup> y utiliza productos químicos de alta



calidad que, según manifiestan, no afectan a la salud lo que permite que el agua llegue purificada a los hogares de la ciudad de Moyobamba (EPS – Moyobamba-2015).

Según la OMS (2017), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado en su estado natural. Una definición de la contaminación del agua dice que el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados directa o indirectamente, por el hombre (Ministerio de Medio Ambiente, 2004)

Para evaluar la calidad del agua, los estados comparan sus resultados obtenidos con estándares establecidos por las autoridades competentes en cada estado. Estos estándares son criterios para proteger los usos designados de los cuerpos de agua y tienen una política de anti degradación con el propósito de que las aguas que cumplan con los estándares no sean degradadas de su condición actual. A nivel nacional, los estándares de calidad del agua están establecidos por el MINAM, mientras que a nivel internacional estos estándares son establecidos por organismos tales como la FAO, EPA, USDA NRCS, etc.

Son muchos los factores que pueden afectar la calidad de agua de un sistema hídrico, así es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar las tendencias de calidad del agua (Mitchell *et al.* 1991).

En los últimos años se viene utilizando un índice estándar llamado el **Índice de Calidad del Agua (ICA)**, el cual es el más usado de todos los índices de calidad de agua existentes (Mitchell *et al.* 1991).

Según la Organización Mundial del Agua, la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) está basada en los principios de Dublín, que son: a) el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, b) participación de todos los involucrados y usuarios, c) la mujer juega un rol importante y d) el agua tiene un valor económico. Estos contemplan la conservación y manejo del agua dentro de sistemas naturales con la integración, tanto de sistemas sociales como económicos y la manera en que estos afectan las demandas del recurso. (GWP, 2003)

En ese sentido la importancia de la investigación radica en que las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu son las principales fuentes superficiales de abastecimiento de agua

por gravedad a la ciudad de Moyobamba, que en conjunto abastecen al 60 % de la ciudad y cuenta con 12 393 conexiones domiciliarias (EPS – SUNAS 2015) para abastecer a una población de más de 50 000 habitantes (INEI, 2007). En dichas microcuencas están asentadas 120 familias, de las cuales 37 viven en forma permanente, causando impactos que se manifiestan en la pérdida de cobertura boscosa, incendios forestales ocasionales, lo que produce una degradación y contaminación de los suelos producto al mal manejo a los que son sometidos, generando una gran cantidad de sedimentos los cuales son transportados a la fuente de agua, lo que contribuye a la disminución continua de la cantidad disponibilidad y calidad del agua.

El objetivo de esta investigación ha sido determinar en qué manera la ocupación del territorio en las microcuencas Rumiycu y Mishquiycu determinan los niveles de vulnerabilidad en el contexto ambiental y socioeconómico, ya que para los actores involucrados los ofertantes y los demandantes del recurso hídrico es muy importante el tema de la calidad del agua. Por lo tanto, el presente estudio relacionado al tema de calidad del agua contribuirá a satisfacer la necesidad de la población de Moyobamba a asegurarse un suministro de agua para consumo humano, con los estándares mínimos requeridos que garanticen el bienestar de la población y la sostenibilidad futura del líquido elemento.

## EL PROBLEMA

### **Planteamiento del problema.**

El agua es un recurso vital para la supervivencia humana y el desarrollo económico; a medida que la población y la economía crecen, aumenta la demanda del agua, mientras que la fracción aprovechable de este recurso tiende a declinar como consecuencia de la deforestación de cuencas altas, malas prácticas agrícolas, descargas de vertidos contaminados, los cambios climatológicos y el desconocimiento de la importancia de los recursos hídricos como componente del desarrollo local, regional, nacional y continental (UNESCO, 2003)

Con la apertura de la Carretera Marginal de la selva, hoy Fernando Belaunde Terry, empezó una gran migración hacia la selva alta y baja del departamento de San Martín. Como consecuencia de esto, muchas zonas boscosas y cabeceras de cuenca fueron ocupadas por población migrante causando deforestación y degradación de muchas áreas. (Moreno y Renner, 2007).

Hoy en día, a pesar de existir normas que crean zonas de protección, no escapan de ser invadidas y, por ende, la falta de agua tratada y la irregularidad en la distribución de las lluvias ocasiona que los embalses, represas, pozos y "ojos de agua" sean las principales fuentes de consumo humano, principalmente en el área rural.

Sin embargo, el uso múltiple de esos cuerpos hídricos en la actividad agrícola favorece, por diversos factores, la contaminación de los mismos, por lo que se hace imprescindible el uso de alternativas tecnológicas para la desinfección de agua para consumo humano en las comunidades rurales y romper la cadena epidemiológica de enfermedades infecciosas de origen hídrico. (FOCUENCAS, 2011)

La microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu no son ajenas a esta problemática, ya que actualmente están asentados alrededor de 120 familias que de una u otra manera, a pesar de los esfuerzos del Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos, generan una contaminación a los cuerpos de agua al hacer uso del territorio de estas cabeceras de las microcuencas. Por

lo tanto, llevar a cabo estudios relacionados con este tema contribuirá a satisfacer la necesidad sentida por la población de asegurarse un acceso y suministro de agua para consumo humano con estándares mínimos requeridos, que garanticen el bienestar de la población y la sostenibilidad en la demanda actual y futura.

### **Formulación del Problema**

Para descubrir las causas y buscar soluciones a la problemática se formuló la siguiente interrogante:

**¿Cuál es la relación entre el uso del territorio y la calidad del agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos - Moyobamba 2016?**

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Determinar la relación entre el uso del territorio y la calidad del agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016.

#### **Objetivos Específicos**

Determinar los índices de calidad de agua mediante parámetros físicos químicos biológicos (pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, sólidos totales, nitratos, Fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales) en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu.

Determinar los impactos potenciales que generan el deterioro de la calidad del agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu.

Determinar el índice de contaminación poblacional (ICP)

## **Justificación de la Investigación**

El acceso al agua potable es un aspecto muy importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos local, regional, nacional e internacional. En algunas regiones se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde el punto de vista económico, ya que esto incide en la disminución de efectos adversos para la salud.

La forma en que se utilizan los recursos naturales, las modalidades de ocupación de las tierras, la presión sobre éstos recursos y la pobreza en una cuenca, sin duda alguna, determinan los niveles de vulnerabilidad que pueden ser alcanzados en el contexto ambiental y socioeconómico (CIDH, 1999). Por eso, para los actores locales es muy importante el asunto de la calidad de agua. Por lo tanto, llevar a cabo estudios relacionados a este tema contribuiría a satisfacer la necesidad sentida por la población de asegurarse un acceso y suministro de agua para consumo humano con los estándares mínimos requeridos que garanticen el bienestar de los pobladores y la sostenibilidad en la demanda actual y futura.

Las áreas de conservación Mishquiyacu y Rumiyaçu, al ser territorios de propiedad municipal, son lugares de acceso colectivo que por déficits en la gestión, el control y la vigilancia, se destinan en gran proporción a la agricultura por familias migrantes, las cuales realizan un aprovechamiento individual para la subsistencia en estas áreas, afectando la prestación de los bienes y los servicios ambientales (agua) que ofrecen estos ecosistemas, degradándolos y generando un impacto negativo sobre las cabeceras de cuenca y las zonas de recarga de las quebradas que dan agua a la población de la ciudad de Moyobamba, que tiene aproximadamente de 50 mil habitantes. (MINAM, 2010)

En los últimos años, en las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyacu se aprecia el impacto de la migración, ya que existen asentamientos en las cabeceras de las fuentes de agua. Las principales externalidades identificadas fueron la deforestación, sedimentación y la contaminación del agua. (Moreno y Renner, 2007)

La investigación ha permitido determinar los niveles de vulnerabilidad que pueden ser alcanzados en el contexto ambiental y socioeconómico, la forma que se utilizan los

recursos naturales y las modalidades de ocupación de las tierras, ya que para los actores locales es muy importante el asunto de la calidad del agua. Por lo tanto, llevar a cabo la presente investigación relacionada con este tema, contribuirá a satisfacer la necesidad sentida por la población de asegurarse un acceso y suministro de agua para consumo humano con los estándares mínimos requeridos que garanticen el bienestar de los pobladores y la sostenibilidad en la demanda actual y futura.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Fundamento teórico científico**

#### **1.1.1. Cuenca hidrográfica**

La cuenca hidrográfica es un ámbito geográfico natural donde ocurre el ciclo hidrológico. Es el área drenada hacia un río identificada por su peculiar topografía y delimitada por la divisoria de aguas. En un sentido amplio incluye el aire, la luz solar, la flora y la fauna que se sitúan alrededor de una fuente de agua principal que funciona como colectora; además, es un sistema complejo abierto, cuyos elementos biológicos, sociales y económicos se encuentran en estrecha interrelación con un sistema abierto a flujos, influencias y líneas de acción que atraviesan sus fronteras (Vásquez, 2000).

La caracterización básica de una cuenca se inicia con la determinación de los parámetros geomorfológicos que describen la estructura física del ámbito territorial. Entre los más importantes figuran: la forma, tamaño o área, longitud máxima, ancho máximo, pendiente del cauce principal, pendiente media, red de drenaje (forma, tipo, grado de bifurcación), altura máxima, etc. . Algunos de estos parámetros sirven de base para considerar peligros a desastres naturales: forma de drenaje, pendiente media, etc. Así mismo, menciona que la caracterización biofísica está referida a la descripción de los elementos físicos y biológicos como son el relieve o topografía, suelo, geología, clima, vegetación, uso de la tierra, hidrología, fauna, etc.; todo esto permitirá identificar la vulnerabilidad natural (CATIE, 1996).

#### **1.1.2. Dinámica del uso del suelo en la calidad del agua**

La causa principal de la degradación de los recursos naturales y la presencia del fenómeno de la erosión se origina con la interferencia indiscriminada del hombre sobre el equilibrio ecológico natural de los ecosistemas, debido al abuso y mal manejo de los recursos agua, suelo y vegetación más allá de la capacidad de producción de un suelo.

La vinculación de la pobreza y degradación del medio ambiente no debe analizarse solo como resultado de procesos demográficos aislados, sino vincularse con fenómenos tecnológicos sociales, económicos, culturales y políticos más complejos ( Fattorelli *et al.* 1996).

Cuencas de Selva Alta están asociadas a ejes de penetración hacia la selva amazónica. Un ejemplo típico de esta clase es la cuenca Mayo en el departamento de San Martín; otros casos pueden ser Medio Alto y Medio Huallaga también en San Martín, Perené entre Pasco y Junín, Utcubamba en Amazonas e incluso, Aguaytía entre Huánuco y Ucayali. En general, tienen un alto crecimiento demográfico por migración de población principalmente andina (aunque con densidades todavía bajas). Producto de ello muestran procesos activos de expansión informal de actividades agrícolas, ganaderas y de explotación de recursos forestales con graves efectos sobre la conservación de los bosques, como en los casos del departamento de San Martín o las provincias de Chanchamayo y Satipo en Junín. A lo largo de esos ejes se ha desarrollado un conjunto de asentamientos urbanos menores e intermedios articulados entre sí o a ciudades mayores (Tarapoto, Chiclayo, Pucallpa o la propia Lima) con las que mantienen fuertes interrelaciones. Por su rápido crecimiento muchos de ellos mantienen importantes déficits de infraestructura y servicios urbanos (PEAM, 2008).

La agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el principal factor de degradación de estos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química. Por ejemplo, en la mayor parte de los Estados Unidos, la principal fuente de contaminación no puntual es la agricultura, específicamente por el amplio uso de fertilizantes, aplicación de estiércol de ganado, pesticidas y residuos de forrajes que son arrastrados por las lluvias (Ongley, 1997).

Son muchos los factores que pueden afectar la calidad de agua de un sistema hídrico, así es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar las tendencias de calidad del agua. Otros indicadores son evidentes cuando la contaminación de las aguas es de origen orgánico, cuando existe mucho material orgánico presente en los arroyos, los



microorganismos presentes crean una demanda de oxígeno bioquímico, lo cual permite solamente la sobrevivencia de organismos tolerantes a bajas condiciones de oxígeno (Mitchell *et al.* 1991).

Como consecuencia de la mayor demanda de agua, la creciente contaminación del agua, los últimos desastres relacionados con el agua, así como cada vez mayor percepción de la gravedad del deterioro de las cuencas observado en los países de América Latina y el Caribe, se han multiplicado las solicitudes de asistencia técnica para la formulación y ejecución de proyectos de gestión del agua por cuencas, manejo de cuencas, control de contaminación, control de inundaciones, control de torrentes, corrección de cauces, zonificación de zonas de riesgo, ordenamiento del uso del territorio y, en general, de prevención de efectos negativos y de recuperación de zonas afectadas por daños y degradación del medio ambiente. (Dourojeanni y Jouraviev, 2002).

El 80% del deterioro de la calidad del agua es debido a sedimentos suspendidos, en su mayoría, provenientes de la erosión de suelos como producto de edificaciones rurales y perturbaciones en masas forestales, de las cuales, los aprovechamientos forestales, incendios, pastoreo por ganadería y la agricultura constituyen ser las prácticas más comunes de interés. (Singh, 1989).

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando los animales domésticos pastan en áreas pantanosas o húmedas adyacentes a los ríos y quebradas.

Así mismo, observaron que la cantidad de bacterias en el suelo es una función del tipo y número de ganado, y también de si los desechos son almacenados o no (Brooks *et al.* 1991).

El efecto de los cambios efectuados por uso del suelo sobre la calidad de las aguas ha sido ampliamente documentado. Estos autores refieren que cambios en el uso de la tierra provocan alteraciones en los regímenes hídricos aguas abajo, los cuales implican en mayor o menor grado, cambios dramáticos en la cantidad y calidad de aguas superficiales (Cheng *et al.* 2002).

El 80 % del deterioro de la calidad del agua ocurre debido a sedimentos suspendidos, en su mayoría, provenientes de la erosión de suelos como producto de edificaciones rurales y perturbaciones en masas forestales, de las cuales los aprovechamientos forestales, incendios, pastoreo por ganadería y la agricultura constituyen ser las prácticas más comunes de interés. Esta conversión del bosque natural a variados usos antrópicos, ha inducido un proceso de modificación del bosque de ser áreas densas a bosques ralos (Singh, 1989).

Existe una crisis del agua en términos de un volumen que ya no alcanza a cubrir las necesidades humanas, o bien, en casos extremos, a un líquido que ya no existe, que dejó de estar presente en un sitio o con la frecuencia con la que se esperaba debido a fenómenos extremos. También cada vez con mayor frecuencia se refieren al deterioro de su calidad y al efecto de la contaminación por actividades antrópicas y sobre animales y vegetales próximos a los cuerpos de agua (Soares y Nuño, 2008).

Las actividades económicas que se realizan, generalmente en las cuencas principalmente el cultivo de café y la ganadería, tienen un alto impacto en las partes altas de las cuencas. La consecuencia de estas actividades es principalmente el vertido de las aguas mieles sobre los ríos, panorama muy común en el área rural, donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad por parte de la población, de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano.

Las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental; los suelos presentan alto nivel de degradación, pobres con fuertes pendientes donde se cultivan granos básicos y hortalizas provocando el arrastre de agroquímicos residuales por la escorrentía superficial proveniente del cultivo de café que se encuentra en las partes altas de las microcuencas. A esto se le suma una fuerte deforestación en las zonas de laderas para el establecimiento de sistemas de ganadería, café y granos básicos. También en las riberas de los ríos la vegetación es aún más escasa, lo que facilita el arrastre de los residuos utilizados en las prácticas agrícolas.

Entre los problemas más graves que se visualizan están el arrastre por arroyos y quebradas con desechos provenientes de productos químicos que los productores dejan en las parcelas; basura y detergentes asociados principalmente al lavado de ropa en los ríos. A esto se suma la contaminación por plaguicidas producto del lavado de bombas, mochilas y el vertido de aguas mieles y pulpa de café. Además, existe una fuerte limitante para el desarrollo y manejo de las microcuencas debido a la falta de información real de la calidad del agua (Mejía, 2005).

Resultan innegables las pruebas abrumadoras de que el uso de los plaguicidas en la agricultura tienen importantes efectos en la calidad del agua y provoca serias consecuencias ambientales. En este sentido, conviene analizar la dinámica de los plaguicidas en las fuentes de aguas receptoras. Son varios los factores que intervienen en el proceso de transporte de plaguicidas hacia cuerpos de aguas superficiales, entre ellos, las propiedades físicas y químicas de los compuestos, de las cuales la persistencia y la movilidad son de los más importantes. Si bien es cierto lo anterior reviste importancia por lo que se ha expresado, también es cierto que las propiedades físicas del suelo, pendiente del terreno, tasa de precipitación y/o riego y el contenido de materia orgánica son las que finalmente determinan el potencial de riesgo de transporte de pesticidas hacia las fuentes de agua (Brooks *et al.* 1991).

### **1.1.3. Importancia de la calidad del agua**

La disponibilidad de agua para consumo humano es menor debido al crecimiento poblacional, incrementos en consumo per cápita, la contaminación de fuentes de agua y en general, al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas, refiere que aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general en la mayoría de los países centroamericanos, siendo más notorio en las ciudades capitales. La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles (Ongley, 1997).

En la determinación de la disponibilidad del agua en un país, no solamente es necesario saber la cantidad de agua que está a nuestro alcance en las diferentes fases del ciclo hidrológico, también es muy importante conocerse las características físico - químicas y bacteriológicas del agua para estar en condiciones de darle un uso en las diferentes actividades productivas y como agua potable en el abastecimiento de poblaciones.

Los criterios y normas de calidad del agua pueden definirse como los niveles o concentraciones que deben respetarse para un uso determinado. Son muchos los usos que pueden darse al agua, pero aquellos que involucran criterios de calidad del agua son principalmente los siguientes: 1) abastecimiento para sistemas de agua potable e industrias alimenticias, 2) usos recreativos, 3) conservación de la flora y fauna, 4) uso agrícola e industrial y 5) acuicultura y riego. El manejo de la calidad del agua se mejora con la aplicación de las normas de calidad para cuerpos receptores y descargas de aguas residuales (Margalef, 1991).

Aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general en la mayoría de los países centroamericanos, siendo más notorio en las ciudades capitales. La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles (Faustino, 1997).

Con el aumento de la población va implícito la cantidad de desechos generados en el que los vertederos de basura son focos posibles de contaminación al arrastrar la lluvia en forma superficial o filtrándose a través del suelo y ciertos elementos solubles que se incorporan a los recursos de agua existentes y aun en mayor grado si entran directamente en contacto con aguas superficiales o subterráneas. Las implicancias de consumir agua contaminada son variadas: en el contexto de salud pública, la OMS calcula que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte

de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el agua contaminada, ya que alrededor del 70% del agua consumida directamente por humanos en zonas rurales está altamente contaminada por heces.

La relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada, y la contaminación por fuentes no localizadas contribuyen significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las masas de aguas superficiales, especialmente coliformes termotolerantes. En este sentido, un suministro de agua para uso doméstico en cantidad y calidad suficiente contribuiría a reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por la vía fecal-oral (OMS, 1998).

#### **1.1.4. Calidad del agua**

Hablar de **calidad del agua** siempre conlleva a integrar el factor de su utilización para una correcta ponderación de dicha calidad, dado que sus características de composición pueden indicar que son aptas para algunos usos determinados y excluyentes para otros, de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las utilidades para las que podría servir en su estado natural (Ministerio de Medio ambiente, 2004).

La calidad del agua es comúnmente definida por sus características físicas, químicas, biológicas y estéticas (apariencia y olor). La calidad del agua en un cuerpo hídrico influye en la manera en que las comunidades utilizan el agua para actividades tales como beber, nadar o fines comerciales. Más específicamente, el agua puede ser utilizada por la comunidad para el suministro de agua potable, la recreación (natación, canotaje), el riego de cultivos y para abastecer al ganado, los procesos industriales, la navegación, la producción de peces comestibles, mariscos y crustáceos, la protección de los ecosistemas acuáticos, los hábitats silvestres, el estudio científico y la educación, etc. Por tal motivo, la determinación de la calidad de un cuerpo de agua está relacionada generalmente con el propósito del uso que se le dará (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma; sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO, 1993).

La implementación de nuevas metodologías que involucren más de dos parámetros para la valoración de la calidad del agua toma cada vez más importancia, los índices engloban varios parámetros en su mayoría físico-químicos y en algunos casos microbiológicos que permiten reducir la información a una expresión sencilla conocida como índices de calidad del agua. Los trabajos de mayor envergadura se basan en la metodología Delphi, como el "The National Sanitation Foundation" (NSF), que utiliza nueve parámetros en donde incluye la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), oxígeno disuelto (OD), coliformes fecales, nitratos ( $NO_3^-$ ), pH, variación de temperatura, sólidos disueltos, fosfatos totales y turbiedad (NSF, 2006).

### **1.1.5. Contaminación**

La contaminación es la alteración en la composición del agua que tiene lugar en cualquier espacio que alberga agua, ya sea en lagos, mares, acuíferos o aguas subterráneas.

Se sabe que la contaminación del agua es el segundo problema ambiental más urgente detrás de la contaminación del aire.

La FAO (1993) menciona que las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el más importante de los impactos es de carácter antropogénico.

#### **1.1.6. Fuentes de contaminación**

La contaminación hoy en día es un problema mundial, aunque es más grave en los países ricos que en los que están en desarrollo debido a la contaminación con sustancias químicas por una mayor utilización de fertilizantes y plaguicidas. Según la FAO (1999) es conocido que las actividades agrícolas pueden contribuir al deterioro de la calidad del agua mediante la descarga de varios materiales: sedimentos, plaguicidas, abonos animales, fertilizantes y otras fuentes de materia orgánica e inorgánica.

#### **1.1.7. Tipos de contaminación**

La contaminación que impactan a los recursos hídricos se deriva de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico (FAO, 1993).

Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas:

**Contaminación puntual:** es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales.

**Contaminación difusa:** es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica. Este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra, tales como la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales.

### 1.1.8. Contaminación por actividades antrópicas

La gran explosión demográfica hoy en día ha hecho que el hombre aproveche inadecuadamente la tierra ocupando áreas que son destinadas a protección, haciendo uso inadecuado del territorio, ya que deforesta áreas boscosas en laderas muy empinadas para realizar actividades agrícolas de subsistencia, causando graves daños al ecosistema, lo que trae consigo escorrentía superficial más rápida, y por ende el deterioro de la calidad del agua.

Mejía (2005) manifiesta que las actividades económicas que se realizan generalmente en las cuencas principalmente el cultivo de café y la ganadería tienen un alto impacto en las partes altas de las cuencas. La consecuencia de estas actividades son principalmente el vertido de las aguas mieles sobre los ríos, panorama muy común en el área rural donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad por parte de la población de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano.

GWP (1996) menciona que el deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad.

Clausen *et al.* (2000) manifiestan que cambios en el uso de la tierra provocan alteraciones en los regímenes hídricos aguas abajo, los cuales implican en mayor o menor grado, cambios dramáticos en la cantidad y calidad de aguas superficiales.

Singh (1989) menciona que el 80% del deterioro de la calidad del agua es debido a sedimentos suspendidos, en su mayoría, provenientes de la erosión de suelos como producto de edificaciones rurales y perturbaciones en masas forestales, de las cuales, los aprovechamientos forestales, incendios, pastoreo por ganadería y la agricultura constituyen ser las prácticas más comunes de interés.



### **1.1.9. Cobertura vegetal**

Las comunidades vegetales compuestas por los bosques, además de ofrecer de hábitat para la fauna terrestre, base de la cadena alimenticia, es muy importante en el ciclo hidrológico debido a la evapotranspiración que origina y a la acción de amortiguamiento y protección del impacto directo de las gotas de agua sobre el suelo, ya que disminuye el efecto de la lluvia sobre el suelo, actuando como un colchón y una esponja vegetal.

La FAO (2017) da cuenta que el balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal, la sobre explotación de los acuíferos y el drenaje de cuerpos de aguas naturales. En las tres últimas décadas la extracción de agua se ha duplicado en ALC con un ritmo muy superior al promedio mundial.

Así mismo, manifiesta que en esta región el sector agrícola y, especialmente la agricultura de riego, utiliza la mayoría del agua con un 70% de las extracciones. Le sigue la extracción para el uso doméstico con un 20% y la industria con un 10%. Vale destacar en esta sección que el suelo es un excelente reservorio de humedad, lo que reafirma la conveniencia de manejar integralmente suelo y agua.

### **1.1.10. Contaminación del agua por agricultura**

Según la (FAO, 2000), en cuanto a la contaminación del agua, la agricultura ocupa cada vez con mayor frecuencia un lugar destacado. En la medida en que las iniciativas se orientan a corregir los abusos cometidos contra sus recursos hídricos, se hace más necesario determinar las causas de la degradación de la calidad del agua y cuantificar la contribución de los numerosos factores de contaminación. La contaminación por la agricultura en la superficie de los cuerpos de agua toma tres formas generales:

- A.** Sedimentación producto de la erosión de los suelos
- B.** Eutroficación, también conocido como nutrientes ricos en fósforo y nitrógeno en el agua.

- C. Contaminación con químicos tóxicos como herbicidas e insecticidas o por organismos que causan daños a la salud.

#### **1.1.11. Actividades que influyen en la calidad de agua en una microcuenca**

Hoy en día, producto de la fuerte migración muchas áreas boscosas vienen siendo invadidas por migrantes, quienes realizan actividades de roce, tumba y quema para actividades agrícolas de subsistencia, que causan impactos negativos sobre la calidad del agua, dentro los cuales podemos indicar las siguientes:

Agricultura, para lo cual desbrozan áreas del bosque para sembrar cultivos a los que le aplican pesticidas, contribuyendo al deterioro y la contaminación de los suelos, y agua del agua de escorrentía.

Crianza de animales domésticos, ganado vacuno, equino, porcino, aves etc., para lo cual siembran pastos, contribuyendo más a la deforestación y contaminación, ya que los corrales al estar ubicados en zonas con pendientes fuertes, las deyecciones de los animales es arrastrada por el agua de escorrentía contribuyendo con la contaminación y con la calidad del agua.

Generación de residuos sólidos provenientes de la agricultura y ganadería, así como residuos domésticos, y al no tener una cultura y conocimiento de la disposición de los mismos, son arrojados a los campos de cultivo, lo que posteriormente por escorrentía esta contaminación llega a las quebradas de agua.

Córdova (2002) manifiesta que la contaminación del agua debido a la actividad del beneficiado de café se caracteriza por un elevado consumo de agua y la consecuente generación de grandes cantidades de agua residual debido al proceso de beneficiado húmedo del café por el arrastre de las aguas mieles, agua de despulpado, aguas del proceso de lavado.

Ongley (1997) menciona que la agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el

principal factor de degradación de estos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química.

Wienhold *et al.* (2001) indica que la intensidad de pastoreo afecta la densidad del suelo con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada con facilidad e inevitablemente ocurrirá drenaje de nutrientes por efecto de escorrentía o lixiviación por la lluvia o riego hacia las fuentes de agua.

Mejía (2005) señala que entre los problemas más graves que se visualizan están el arrastre por arroyos y quebradas de desechos provenientes de productos químicos que los productores dejan en las parcelas, basura y detergentes asociados principalmente por el lavado de ropa en los ríos. A esto se le suma la contaminación por plaguicidas producto del lavado de bombas, mochilas y el vertido de aguas mieles y pulpa de café. Sumado a los problemas anteriores, existe un fuerte limitante para el desarrollo y manejo de las microcuencas, debido a la falta de información real de la calidad del agua.

#### **1.1.12. Parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad del agua**

##### **1.1.12.1. pH o concentraciones de iones hidrógeno.**

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si esta actuará como un ácido débil o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ion hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. (Mejía, 2005)

##### **1.1.12.2. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su

concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (Mitchell *et al.* 1991).

#### **1.1.12.3. Turbidez**

Es un estimador simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo y periodos de muestreos, entre otros. (Mejía, 2005)

#### **1.1.12.4. Sólidos totales disueltos**

Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía. (Ongley, 1997).

#### **1.1.12.5. Temperatura**

Influye en la solubilidad de las sales y los gases, también en la disociación de las sales disueltas y por lo tanto en la conductividad eléctrica y pH del agua. La temperatura en un río es muy importante ya que afecta las características físicas, biológicas y químicas del mismo. Así, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades pueden ser afectados (Mitchell *et al.* 1991).

#### **1.1.12.6. Fosfato total**

Incluye fosfato orgánico e inorgánico. El fosfato orgánico es parte de las plantas y los animales y se adhiere a materia orgánica compuesta de plantas y animales vivos, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de algas ocasiona el "florecimiento de algas" iniciándose así la *eutrofización*, que no es más que un enriquecimiento del agua comúnmente producida por fosfato proveniente de actividades humanas. Cuando las algas mueren, se depositan en el fondo y sirven como alimento para las bacterias aumentando los procesos aeróbicos de bacterias que consumen demasiado oxígeno afectando a la vida acuática en general (Mitchell *et al.* 1991).

#### **1.1.12.7. Nitratos**

Los nitratos son obtenidos a partir de aguas de desecho descargadas directamente y de sistemas sépticos en mal funcionamiento. Estos muchas veces son colocados junto a pozos de agua pudiendo contaminar el agua subterránea con nitratos, los cuales en niveles altos pueden ocasionar una condición llamada *metemoglobinemia*. También se han encontrado altos niveles de nitratos en aguas subterráneas debajo de las tierras de cultivo, en las cuales el uso excesivo de fertilizantes pareciera ser la causa, especialmente en áreas de alta irrigación con suelos arenosos (Mitchell *et al.* 1991).

#### **1.1.12.8. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es uno de los parámetros más ampliamente utilizados. Es una medida de la cantidad de oxígeno usado por poblaciones microbianas del agua en respuesta a la introducción de material orgánico degradable. La materia orgánica se alimenta por las bacterias aeróbicas que requieren oxígeno, en este proceso la materia es degradada y oxidada (Mitchell *et al.* 1991). Esto provoca cambios en la vida acuática, pues mucho del oxígeno disuelto (OD) libre se consume por la bacteria aeróbica, robando a otros organismos acuáticos el oxígeno necesario para vivir, así organismos más tolerantes a niveles bajos de OD pueden aparecer y volverse más numerosos, como la carpa, la larva jején y lombrices de drenaje (Mitchell *et al.* 1991).

### 1.1.12.9. Coliformes fecales

Este parámetro es un subgrupo de los coliformes totales capaces de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 ° C como lo hacen los totales.

Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas.

Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH y humedad, desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua o el alimento estudiado se hallan exentos de organismos productores de enfermedades. (OMS, 1998).

### 1.1.13. Indicadores de calidad de agua

La metodología unificada para el cálculo del índice de calidad de agua fue generada por Horton (1965) y posteriormente Liebman (1969). Sin embargo, este solo fue utilizado y aceptado por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando el ICA tomo más importancia en la evaluación del recurso hídrico. (Carrillo, 2010).

El índice general de calidad del agua fue desarrollado y propuesto por Brown et al. (1970), es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF) que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA), (Romero, 2002).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

#### **1.1.14. Aplicación del SIG en el diagnóstico de cuencas**

Las técnicas de geo-procesamiento por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG) son una herramienta para la automatización de los procesos cartográficos, almacenamiento, recuperación, manipulación y análisis de datos tales como unidades geotécnicas, áreas, declives, permeabilidad del suelo, unidades de conservación ambiental, etc.

Los SIG son sistemas cuyas principales características son: integrar en una misma base de datos información espacial proveniente de datos cartográficos, datos de censos y de catastro urbano y rural, imágenes de satélite, redes y modelos numéricos de terreno; combinar distintas informaciones a través de algoritmos de manipulación para generar mapeos derivados; y consultar, recuperar, visualizar y verificar el contenido de la base de datos geo-codificados (Câmara, 2000).

El SIG es una herramienta útil en la planeación de acciones de saneamiento y vigilancia de la salud pública e identificar grupos poblacionales vulnerables al impacto de la calidad del agua. Por otra parte, esta herramienta tecnológica permite obtener datos de satélites para ingresarlos a modelos calibrados y validados que simulan diversos procesos y/o escenarios relacionados al manejo de los recursos hídricos. Así mismo, argumenta que el uso de SIG es útil en la planificación del uso del suelo y además, ayuda utilizar de mejor forma los recursos financieros al ser capaz de identificar áreas críticas de manejo en los recursos naturales. (Barcellos, 2001).

### **1.1.15. Gestión de los recursos hídricos**

La gestión y manejo de los recursos hídricos comprende los proyectos y actividades encaminadas a aumentar la conservación del agua y a utilizarla más eficientemente, y a aumentar la complementariedad tanto en cantidad como calidad o reducir los conflictos entre usos que compiten en un determinado sector. Cuando a este proceso se le diagnostican problemas asociados al uso del agua, se toman medidas al respecto y se resuelven, se habla de una gestión integrada de los recursos hídricos (García, 1998).

El manejo de la cuenca es el conjunto de acciones que realizan para utilizar, manejar rehabilitar, proteger y conservar los recursos naturales de acuerdo a los enfoques socio ambiental, integral y del agua como recurso integrador de la cuenca (Jiménez, 2007).

La cogestión es un proceso participativo mediante el cual los actores locales, conjuntamente con los gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales e instituciones nacionales toman decisiones, desarrollan y ejecutan estrategias/acciones para facilitar la sostenibilidad del manejo de cuencas. Por lo tanto, su objetivo es integrar esfuerzos para lograr resultados sostenibles de acciones dirigidas a su manejo (UNA, 2008).

La CEPAL (2001) afirma que para tomar decisiones adecuadas con el fin de alcanzar metas de gestión hídrica, es necesario armonizar los intereses y la dinámica de las poblaciones con las condiciones y dinámicas propia del entorno donde éstas habitan, en particular, con relación a las cuencas y el ciclo hidrológico, además menciona que esto significa que las decisiones deben integrar el conocimiento del comportamiento humano con las características del ambiente donde se aplican.

El enfoque de la Gestión Integrada de Recursos hídricos (GIRH) ha sido definido por la Asociación Mundial del Agua (GWP 2000) como un proceso que fomenta el desarrollo y gestión coordinados de los recursos de agua, tierra y los



recursos relacionados con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

## **1.2. Definición de términos básicos**

### **1.2.1. Cuenca hidrográfica**

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal. (Vásquez, 2000).

### **1.2.2. Microcuenca**

La microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde se originan las quebradas, y donde viven una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación menor de 5000 has. (FAO, 2008).

### **1.2.3. Uso del territorio**

El uso del territorio se refiere a las tierras, aguas, atmósfera donde se explotan los recursos naturales mediante el uso deliberadamente determinado por el hombre. (Blacutt, 2013)

### **1.2.4. Calidad de agua**

Se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, 1996).

### **1.2.5. Contaminación del agua**

Se entiende por contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua, que de modo directo o indirecto,

impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales. (Ibáñez, 2012).

### **1.2.6. Índices de calidad del agua**

Un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso permite una rápida interpretación y reconocimiento de las tendencias en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y el tiempo. (García, 2012).

## **CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Ubicación del área de estudio**

Las microcuencas Rumiycu y Mishquiyacu están ubicadas en la margen derecha del río Mayo. Se le denominan microcuencas por su área y porque son afluentes que tienen su desembocadura en la subcuenca del río Mayo. Su cobertura territorial se encuentra entre las coordenadas cartográficas 0283560-9326018 y 0231766 y 9328480 del sistema WGS84., con una área de 781,49 has. La quebrada Mishquiyacu, con una longitud de cauce de 2 864,73 m. es un afluente importante de la quebrada Rumiycu con una longitud de 3 861,33 metros lineales, tiene una elevación aproximada de 1 620 msnm. en parte alta y 944 msnm. en parte baja. (PEAM, 2008). Ambas abastecen de agua a una parte de la población de la ciudad de Moyobamba con un volumen promedio de 65 L/seg. (EPS-Moyobamba). Estas microcuencas se encuentran ubicadas en el ámbito territorial del distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín (Croquis de ubicación, Figura 25 del anexo).

### **2.2. Características de las microcuencas**

#### **2.2.1. Climatología**

El clima de la zona pertenece a la clasificación de zona de vida, Bosque Húmedo Premontano Tropical, el clima es primaveral, con temperaturas promedio de 27,2 °C a 29 °C, con una humedad relativa promedio mensual de que va de 81 % entre los meses de julio a noviembre y 86 % en los meses de enero a marzo. Respecto a la precipitación, se pueden distinguir dos estaciones muy marcadas, una lluviosa de diciembre a abril, y una menos lluviosa de mayo a octubre. Presenta una precipitación promedio anual de 1 440 mm., anuales (SENAMHI, 2016), la misma que se ha visto incrementada año a año producto del cambio climático, el flujo predominante de los vientos se desplazan de este a oeste.

### **2.2.2. Geología**

La microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu están ubicadas en una zona denominada Depresión Mayo-Huallaga, data desde la era Mesozoica, que pertenece al sistema cretáceo. (Mapa Geotectónico-Sísmico, ONERN).

La litología está representada por arcillas y areniscas arcillosas, areniscas cuarzosas y calizas, las mismas que se pueden observar en el camino al cerro San Mateo. (Aspajo, 2005).

### **2.2.3. Suelos**

Los suelos son aluviales antiguos, con terrazas bajas, generalmente varían entre suelos pardo rojizos, a pardo rojizos oscuros a muy oscuros, con textura que varía de la franco arenosa, hasta franco arcillosos, con pendientes entre 15 a 75 %, que lo hace muy susceptible a la erosión

### **2.2.4. Características socioeconómicas**

En las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu, la principal actividad económica que se ha determinado es el cultivo de café, ya que posee un clima ideal y una altitud que va desde los 944 hasta los 1 620 msnm., con pendientes entre 15 y 85 % ocupando este cultivo un área significativa. Además posee cultivos diversificados, maíz, cacao y cultivos de pan llevar (pusporoto, verduras, zapallos y otros) en su mayoría para autoconsumo y una parte para abastecer el mercado local, ocupando estos dos cultivos gran área de las microcuencas. Asimismo, algunos agricultores se dedican desde hace algunos años a la apicultura y crianza de cerdos y aves de corral.

### **2.2.5. Población**

En las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu habitan en la actualidad aproximadamente 120 familias, de las cuales 35 aproximadamente viven en forma permanente hace desde ya varias décadas, el resto de familias viven en los centros poblados de San Vicente y San Andrés formando una compleja y dinámica red que interrelaciona entre sí diferentes dimensiones: ambiental, económica, cultural,

política y social, ya que a pesar de no poseer títulos de propiedad sobre la tierra, tiene control sobre ella.

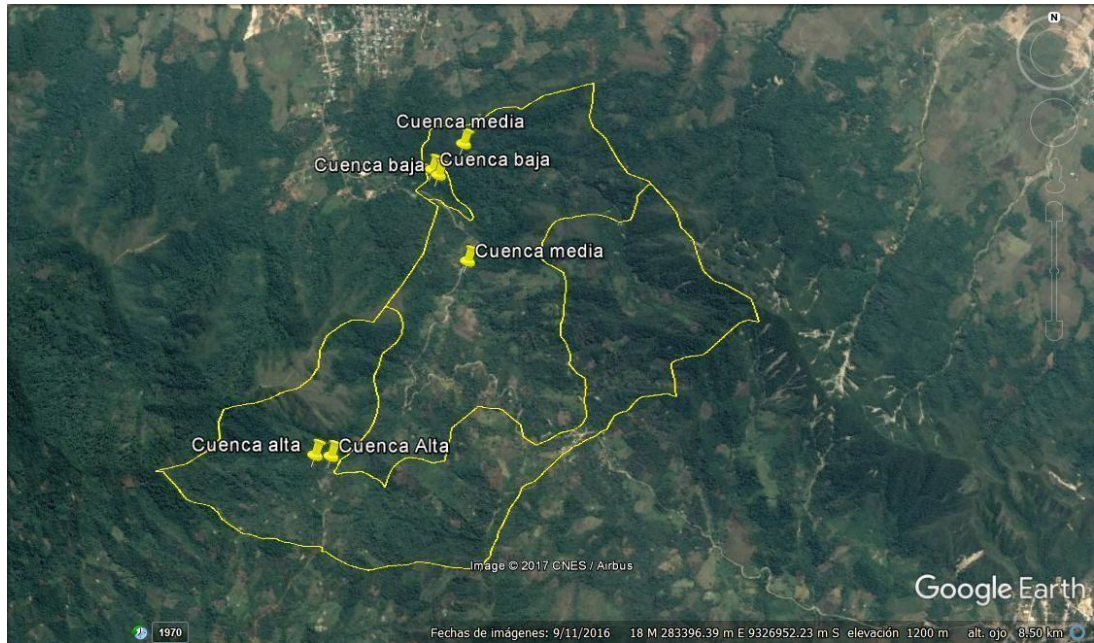
### **2.2.6. Uso del suelo**

El área de las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu es de 781,49 has., de las cuales el 51,1 %, está cubierta por cultivos de café y cultivos diversificados y solo un 30,34 % corresponde a bosque primario, y el 18,56 %, corresponde a zona de varillales y bosque secundario (ver mapa uso actual del suelo, (figura 26 anexo). En los últimos años se ha frenado el avance de la frontera agrícola, merced a un arduo trabajo emprendido por el Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos de estas microcuencas, quienes monitorean y vienen realizando trabajos con los actores asentados en esas microcuencas.

## **2.3. Ubicación de los puntos de muestreo**

### **Generalidades**

Con la finalidad de evaluar la calidad del agua de las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu, se ubicaron los puntos de muestreo a lo largo del cauce de las mismas, dos en la cuenca alta, dos en la cuenca media y dos en la cuenca baja, se recolectaron las muestras, se realizaron los análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos y se establecieron los índices de calidad del agua en cada punto muestreado. (**Figura 1**)



**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo

**Fuente.** Google Earth 2016

## 2.4. Equipos y materiales para el muestreo

### 2.4.1. Material para la toma de muestras:

- Envases de plástico esterilizados de 1 litro para toma de muestra
- Nevera (Cooler) con bolsas de gel refrigerantes
- Termómetro digital
- Termómetro ambiental
- Sistema de posicionamiento global GPS

### 2.4.2. Equipo de seguridad personal:

- Guantes
- Mandil blanco
- Mascarillas
- Botas de jebe
- Capa impermeable

## **2.5. Identificación de muestras.**

Para identificar las muestras se colocaron etiquetas en los envases para las muestras.

Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información: número de muestra, fecha de muestreo, hora y tipo de muestra. Adicionalmente se realizó una hoja de registro para identificar todos los datos geográficos que identifican los puntos de muestreo. En esta hoja de registro se incluyen también la temperatura ambiente, la temperatura de la muestra de agua, las coordenadas geográficas del lugar en que se tomó la muestra, la cota de altura en msnm (metros sobre el nivel del mar) y las observaciones relativas a la toma de muestra (tales como identificación de vertidos y de posibles fuentes de contaminación).

## **2.6. Transporte y preservación de las muestras.**

Una vez recolectadas las muestras, estas fueron cerradas herméticamente acondicionados con gel refrigerante, colocadas en el cooler y transportadas hasta la ciudad de Moyobamba e inmediatamente enviadas al Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca

El tiempo transcurrido desde la toma muestra hasta la entrega al laboratorio fue de 12 horas.

## **2.7. Seguridad en el muestreo.**

En los sitios en los que se llevó a cabo la toma de muestras se aplicaron ciertos procedimientos de seguridad con el fin de minimizar riesgos, al muestrear con la protección adecuada se usaron guantes de nitrilo para evitar el contacto de la piel con el agua muestra, mascarilla por la posible presencia de gases que pudieran ser tóxicos o biológicamente infecciosos, y botas de jebe con protección sanitaria; también se llevaron impermeables de plástico para protección contra la lluvia.

## 2.8. Parámetros analizados y equipos utilizados en laboratorio.

En el laboratorio de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín se analizó el parámetro pH de las muestras

Los métodos de análisis para cada uno de los parámetros se detallan en la **Tabla N° 14** (Anexo)

## 2.9. Metodología y análisis de laboratorio.

Para los siete parámetros restantes, las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, laboratorio de ensayo acreditado por el **Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA**, con Registro N° LE – 084. Para la mayor parte de los análisis físicos y químicos se recolectó el agua en frascos especiales de plásticos de 1 L de capacidad, previamente esterilizados, y para los análisis bacteriológicos se usaron frascos de cristal resistente de borosilicato, comúnmente conocido como PIREX. A dichas muestras se le hacía un tratamiento previo con unos aditivos para su conservación. Las muestras recolectadas en los puntos de muestreo, tanto de la cuenca alta, cuenca media y cuenca baja revelan que existe contaminación por varios factores, y que es necesario realizar desinfección del agua previa al consumo humano.

En la **Tabla 14**, del anexo, se detallan los métodos analíticos y equipos seleccionados.

## 2.10. Cálculo del índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua se determinó por el método propuesto por Brown que es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF, 2006).

Para el cálculo del ICA se utilizaron los valores promedio de los nueve parámetros indicados en la **Tabla 1**, los cuales fueron incorporados en los gráficos de sensibilidad (**Figura 31,32,33,34,35,36,37,38,39 del Anexo**), en donde se indica como en función de la concentración del parámetro, se obtiene el valor de Q para luego ser multiplicados por el factor de revisión (pesos específicos de cada parámetro), siendo la sumatoria de los productos parciales el ICA en cada punto de monitoreo.



Se utilizaron los resultados de 9 parámetros, los cuales son:

- pH (en unidades de pH)
- Variación de la temperatura (en °C)
- Turbidez (en FTU)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/L)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en mg/L)
- Sólidos totales (en mg/L)
- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)

Los pesos relativos de los 9 parámetros se muestran en la tabla.

**Tabla 1**  
*Peso asignado a cada parámetro del ICA*

<b>i</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>i</sub></b>
<b>1</b>	Coliformes Fecales		<b>0,15</b>
<b>2</b>	pH		<b>0,12</b>
<b>3</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno		<b>0,10</b>
<b>4</b>	Nitratos		<b>0,10</b>
<b>5</b>	Fosfatos		<b>0,10</b>
<b>6</b>	Variación de Temperatura		<b>0,10</b>
<b>7</b>	Turbidez Sólidos		<b>0,08</b>
<b>8</b>	Totales Oxígeno		<b>0,08</b>
<b>9</b>	disuelto		<b>0,17</b>
<b>Valor del ICA</b>			<b>Σ = 1</b>

**Fuente.** Fernández y Solano, 2005

Para calcular el Q de cada parámetro Sub<sub>i</sub> se procede siguiendo la metodología utilizando las tablas (Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 **del Anexo**). Para el caso de coliformes totales se procede de la siguiente manera:

### **Coliformes Fecales**

Si los coliformes fecales son mayores de 100,000 UFC/L el (Sub<sub>1</sub>) es igual a 3. Si el valor de coliformes fecales es menor de 100,000 UFC/L buscar el valor en el eje de X en la (**Figura 32 del anexo**), y se procede a interpolar al valor en el eje de las

(Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>1</sub>) de coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso  $w_1$ .

### **pH**

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 3. Si el valor de pH está entre 2 y 10, buscar el valor en el eje de X en la figura 33 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el valor de (sub<sub>2</sub>) de pH y se procede multiplicarlo por el factor de ponderación  $w_2$  y nos da el sub valor ICA, para ese parámetro.

### **DBO<sub>5</sub>**

Si la DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/L, el (Sub<sub>3</sub>) es igual a 2. Si la DBO<sub>5</sub> es menor de 30 mg/L, buscar el valor en el eje de X en la figura 34 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>3</sub>) de DBO<sub>5</sub> y se procede a elevarlo al peso  $w_3$ .

### **Nitratos**

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L, el (Sub<sub>4</sub>) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L, buscar el valor en el eje de X en la Figura 37 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>4</sub>) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso  $w_4$ .

### **Fosfatos**

Para el parámetro Fosfatos, si es mayor de 10 mg/L, el (Sub<sub>5</sub>) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L, buscar el valor en el eje de X en la figura 36 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>5</sub>) y se procede a elevarlo al peso  $w_5$ .

## Temperatura

Para el parámetro de Temperatura (Sub<sub>6</sub>) primero hay que calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C ,el (Sub<sub>6</sub>) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de X en la figura 35 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>6</sub>) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w<sub>6</sub>.

## Turbidez

Si la Turbidez es mayor de 100 FTU el (Sub<sub>7</sub>), es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FTU, buscar el valor en el eje de X en la figura 38 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>7</sub>) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w<sub>7</sub>.

## Sólidos Totales

Si los Sólidos Totales disueltos son mayores de 500 mg/L, el (Sub<sub>8</sub>) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de X en la figura 39 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>8</sub>) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w<sub>8</sub>.

## Oxígeno disuelto

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (**Tabla 2**).

Luego si el % de saturación de OD es mayor de 140 %, el (Sub<sub>9</sub>) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140 % de saturación de OD, buscar el valor en el eje de X en la figura 31 del anexo, y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>9</sub>) de oxígeno disuelto y se procede a elevarlo al peso w<sub>9</sub>.

**Tabla 2**  
*Solubilidad del Oxígeno en agua dulce*

Temp ° C	OD mg/L	Temp ° C	OD mg/L	Temp ° C	OD mg/L	Temp ° C	OD mg/L
1	14,19	12	10,76	23	8,56	34	7,05
2	13,81	13	10,52	24	8,4	35	6,93
3	13,44	14	10,29	25	8,24	36	6,82
4	13,09	15	10,07	26	8,09	37	6,71
5	12,75	16	9,85	27	7,95	38	6,61
6	12,43	17	9,65	28	7,81	39	6,51
7	12,12	18	9,45	29	7,67	40	6,41
8	11,83	19	9,26	30	7,54	41	6,31
9	11,55	20	9,07	31	7,41	42	6,22
10	11,27	21	8,9	32	7,28	43	6,13
11	11,01	22	8,72	33	7,16	44	6,04

**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2007)

Con los indicadores de calidad de agua se procede a adaptarlos a un Índice de Calidad de Agua (ICA). Para el desarrollo de este se adoptó el Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF WQI por sus siglas en inglés). El ICA de la NSF utiliza nueve parámetros indicadores de salud acuática y fue desarrollado usando un procedimiento formal que consideró las opiniones de un panel extenso de expertos en calidad de agua de los Estados Unidos (Ott, WR 1981).

Este autor explica que para calcular el índice se asignan peso a cada parámetro, de tal manera que la suma algebraica de estos sea igual a 1. Además de lo anterior, es necesario encontrar el valor del subíndice respectivo mediante la utilización de una serie de curvas diseñadas para cada parámetro “i”, (**Ver Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 del Anexo**). Es decir, se transforman los valores originales medidos a sub-índices con rangos que oscilan entre 0 y 100, nivel mínimo y máximo de calidad, respectivamente. La ecuación original propuesta por Brown *et al.* 1970 establece que el ICA es la sumatoria de la multiplicación de los pesos de los

i-esimos parámetros por el valor de los sub-índices de los i-esimos parámetros. La ecuación que explica lo anteriormente señalado es como sigue:






$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

**Donde:**

- $W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ) y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.
- $Sub_i$ : Subíndice del parámetro i.
- ICA: Índice de Calidad de Agua.

**Tabla 3**  
*Clasificación del ICA propuesto por Brown*

Calidad de Agua	Color	Rango
Excelente		91 – 100
Buena		71 – 90
Regular		51 – 70
Mala		26 – 50
Muy mala		0 – 25

Fuente. Fernández y Solano, 2005

### 2.11. Estimación del Índice de calidad de agua “ICA”

Una vez obtenidos los valores ponderados de la sumatoria de los 9 parámetros, se procede a interpretar los valores obtenidos mediante la clasificación del ICA propuesta por Brown (**Tabla 3**)

Si el agua analizada presenta valores ICA de 0 a 25, se considera como muy mala o pésima, es no apta para cualquier clase de contacto, ya sea consumo, actividades industriales y recreativas o riego. Es una problemática de contaminación. (Ver Tabla 3) y se representa con el color rojo en la tabla de clasificación.

Si el agua presenta valores ICA dentro del rango de 26 a 50, es inaceptable para su consumo y requiere de tratamiento previo, en el uso en agricultura se requiere de tratamiento o solo en cultivos muy resistentes. Ya si se presenta un problema de contaminación, se representa con el color marrón en la tabla de clasificación.

Agua con valores ICA en el rango de 51 a 70 se encuentra dentro de la categoría de media o regular, tiene generalmente menor diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas, es dudosa la pesca sin riegos a la salud. Es un agua contaminada por diversos agentes, para consumo humano necesita de tratamiento de desinfección con potabilización aunque es utilizable en la mayoría de los cultivos, se representa con un color amarillo en el tabla de clasificación.

Si los valores del agua con un ICA del rango entre 71 a 90, es considerada como buena, aunque para su consumo también requiere de una purificación menor; para cultivos que requieren de alta calidad de agua de riego, necesitaría de un tratamiento menor ya que se encuentra algún agente contaminante y por lo tanto es menor su calidad, se representa con un color verde en la tabla de clasificación.

Aguas con valores ICA superiores a 90 son capaces de tener una alta diversidad de la vida acuática. Además, esta calidad de agua también es segura para tener un contacto directo con ella, ya que se encuentra en una forma muy similar o totalmente pura como se encuentra en la naturaleza, sin ningún agente contaminante que la altere y no requiere de tratamiento, se representa con un color azul en la Tabla 3 de clasificación.

## **2.12. Análisis estadístico**

La presente investigación nos muestra los análisis del índice de calidad del agua ICA de diferentes tramos de las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu empleando

nueve parámetros, posteriormente se realizó una comparación de los resultados con el propósito de distinguir cual tiene más impacto, utilizando un análisis estadístico ANOVA.

### 2.12.1. Análisis descriptivos de los parámetros de calidad del agua

**Tabla 4**

*Indicadores estadísticos descriptivos de los parámetros*

Parámetros	Unid	N	Min	Max	Media	S	CV%
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6	70,00	540,00	350,00	176,41	50,40%
pH	Unidades	6	7,80	8,02	7,94	0,08	1,01%
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Nitratos	mg/L	6	7,610	9,806	8,89	0,76	8,55%
Fosfatos	Mg/L	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Temperatura	Cambio ° C	6	0,20	1,80	1,13	0,52	46,02%
Turbidez	NTU	6	20,62	25,97	23,29	1,99	8,54%
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	6	161,00	221,00	190,33	22,47	24,88%
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	8,15	8,46	8,37	0,12	1,43%

**Fuente:** Datos obtenidos en la ejecución del Proyecto de Investigación.

La tabla 4 reporta los indicadores estadísticos descriptivos de nueve parámetros de calidad del agua que se obtuvieron en cada una de las muestras en 6 puntos estratégicos de la microcuenca en estudio. Al respecto se tiene que en coliformes fecales se obtuvo un valor mínimo de 70 y un máximo de 540 NMP/100 mL, con un promedio de 350,00 NMP/100 mL y un coeficiente de variación de 50,40% que determina una alta heterogeneidad de los valores de este parámetro en el recorrido del agua en la microcuenca y que no aportan a la calidad de agua; el pH tiene un promedio de 7,94 unidades muy cercano a al valor mínimo y máximo encontrado en los 6 puntos muestreados- Además, su coeficiente de variación del 1,01% muestra una total estabilidad (homogeneidad) de este parámetro en las aguas del recorrido de la microcuenca, haciendo un aporte significativo a la calidad del agua; el DBO<sub>5</sub> con su ausencia aporta significativamente a la calidad de agua en todo el recorrido de la microcuenca; los Nitratos tiene un promedio de 8,89 mg/L encuadrado y cercano a los valores mínimo y máximo encontrados en ese parámetro a lo largo del recorrido de las aguas de la microcuenca, tiene un coeficiente de variación del 8,55% que reporta estabilidad (homogeneidad) aportando medianamente a la calidad del agua; la ausencia de los Fosfatos

en las muestras de los seis puntos aporta a la calidad del agua en la microcuenca en estudio; la Temperatura tiene un promedio de 1,13 Cambio °C encuadrado dentro de su valor mínimo y máximo en los seis puntos de muestreo, con un Coeficiente de Variación de 46,02% que determina una alta variabilidad del parámetro en el recorrido de las aguas de la microcuenca, pero aun dentro de valores bajos que aportan significativamente a la calidad del agua; la Turbidez tiene un promedio de 23,29 NTU, si bien este valor se mantiene estable como lo refleja el Coeficiente de Variación de 8,54%, su valor mínimo de 20,62 NTU es alto para este parámetro y aporta poco a la calidad del agua en el recorrido de la microcuenca en estudio; los Sólidos Totales Disueltos con un promedio de 190,33 mg/L, pero un coeficiente de variación de 24,88%, reporta la variabilidad del parámetro entre su valor mínimo y máximo, su aporte es bajo a la calidad del agua y, finalmente el oxígeno disuelto con un promedio de 8,37 mg/L encuadrado en su mínimo y máximo valor, reporta un coeficiente de variación de 1,43% de alta estabilidad del parámetro, pero dentro de valores bajos que no aportan a la calidad del agua analizada en la microcuenca en estudio.

### 2.12.2. Parámetros de calidad.

**Tabla 5**

*Resultados de los análisis, obtenidos en los seis puntos de muestreo*

Parámetros	Unidad	Puntos de Muestreo						ECA
		CA 1	CA2	CM 1	CM 2	CB 1	CB 2	
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100 mL	350	460	70	460	540	220	<b>20</b>
<b>pH</b>	Unidades	7,9	7,8	8,02	8	7,96	7,93	<b>6,5 – 8,5</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Nitratos</b>	mg/L	8,474	9,806	9,126	9,031	9,332	7,61	<b>50</b>
<b>Fosfatos</b>	Mg/L	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Temperatura</b>	Cambio ° C	1,3	1,2	0,2	1,1	1,8	1,2	<b>Δ 3</b>
<b>Turbidez</b>	NTU	22,37	20,62	25,27	25,97	22,52	23,02	<b>5</b>
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	mg/L	201,3	205,3	221	161	178,7	174,7	<b>1 000</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	mg/L	8,15	8,32	8,45	8,46	8,41	8,44	<b>≥6</b>

**Fuente:** Datos obtenidos en la ejecución del Proyecto de Investigación.



**Tabla 6**  
*Índice de calidad de agua ICA en los seis puntos de muestreo*

Índice de calidad del agua (ICA) en las microcuencas de Rumiayacu y Mishquiyacu									
PARÁMETROS	UNIDADES	FACTOR Ponderación $W_i$	VALORES	PUNTOS DE MUESTREO					
				CA 1	CA 2	CM 1	CM 2	CB 1	CB 2
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	0,15	Q	31	28	51	31	26	62
			ICA	4,65	4,2	7,65	4,65	3,9	9,3
pH	Unidades	0,12	Q	86	88	84	84	86	85,5
			ICA	10,32	10,56	10,08	10,08	10,32	10,26
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0,1	Q	98	98	98	98	98	98
			ICA	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Nitratos	mg/L	0,1	Q	54	52	53	54	58	66
			ICA	5,4	5,2	5,3	5,4	5,8	6,6
Fosfatos	Mg/L	0,1	Q	98	98	98	98	98	98
			ICA	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Temperatura	Cambio ° C	0,1	Q	83	88	92	86	87	87,5
			ICA	8,3	8,8	9,2	8,6	8,7	8,75
Turbidez	NTU	0,08	Q	58	61	57	56	60	59
			ICA	4,64	4,88	4,56	4,48	4,8	4,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	0,08	Q	72	71	69	78	75	75,5
			ICA	5,76	5,68	5,52	6,24	6	6,04
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,17	Q	5	6	6	5,5	5	5,3
			ICA	0,85	1,02	1,02	0,935	0,85	0,901
<b>TOTAL ICA</b>				<b>59,52</b>	<b>59,94</b>	<b>62,93</b>	<b>59,985</b>	<b>59,97</b>	<b>66,171</b>
<b>Índice de calidad Promedio de la cuenca : 61,42</b>									

### 2.12.3. ANOVA de la microcuenca

#### Hipótesis

$H_0$ : Los seis puntos de muestreo de la microcuenca tiene el mismo ICA

$H_1$ : Al menos existe un punto de muestreo con un ICA diferente a los demás

**Tabla 7**

*Análisis de Varianza para la Prueba de Hipótesis*

#### ANOVA de un factor

Puntos de Muestreo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p-valor)
Puntos de Muestreo	3,868	5	0,774	0,077	0,995
Error	479,729	48	9,994		
Total	483,597	53			

Fuente. Elaboración del autor.

Habiéndose probado la normalidad de las muestras y su homogeneidad de varianzas, un p-valor de 0,995 mayor a 0,05 determina una prueba no significativa, aceptándose la hipótesis nula ( $H_0$ ), que determina que en los 6 puntos de muestreo de las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu se tiene el mismo ICA.

### 2.13. Recolección de datos

La fuente de información de la presente investigación se basó en datos de dos fuentes: primarias y secundarias.

#### 2.13.1. Información de fuentes primarias

La información de fuentes primarias fue la parte fundamental de la presente investigación. Los datos de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de las muestras de agua de los diferentes puntos de muestreo de las tres partes de la

microcuenca, así como la información proporcionada en las encuestas socio económico productivas a los actores asentados en estas áreas (ver Tabla 22 Anexo), ha sido la información primaria más importante que se procesó. Para realizar ésta investigación de uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu.

### **2.13.2. Información de fuentes secundarias**

La información de fuentes secundarias que condujeron a alcanzar los objetivos de la presente investigación, se basó en recopilación de información de estudios realizados y relacionados con los recursos hídricos de las microcuencas, así como reportes y documentos de gestión, tesis, entre otros. También se utilizó cartografía física y digital, tales como mapas físicos cartográficos y geológicos de diferente escala, hojas cartográficas físicas y en formato raster y ortofotos georeferenciados, así como los sistemas de información geográfica SIG.

## CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Objetivo específico 1.

Determinar los índices de calidad de agua, mediante parámetros físicos químico biológico (pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales, Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes totales), en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiayacu.

#### 3.1.1. Tipo y toma de muestras.

El tipo de muestra que se ha utilizado para el análisis y caracterización del agua de las microcuencas Rumiyacu y Mishquiayacu ha sido una **muestra puntual**, que es aquella que representa la composición de la muestra en el momento en que se realiza el muestreo.

Para tomar las muestras, en los puntos georeferenciados seleccionados, (**Tabla 8**), se introdujo el frasco destapado boca bajo a una profundidad de 15 cm, tomándolo por su base, con los extremos de los dedos. En seguida se dio vuelta hacia arriba y hacia delante cuidando que la mano del recolector quede aguas abajo en relación con la boca del frasco; luego se procedió a tapanlo, etiquetarlo y guardarlo en el cooler.

**Tabla 8**  
*Ubicación de los puntos de muestreo*

Código	Puntos de Muestreo Parte de la Cuenca	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
		X	Y	
P1	Alta	281545,11	9325843,67	1 248,43
P2	Alta	281664,37	9325833,09	1 223,65
P1	Media	282698,00	9327345,00	1 049,28
P2	Media	282662,18	9328269,23	1 047,65
P1	Baja	282460,30	9328027,40	998,48
P2	Baja	282410,16	9328071,06	997,72

**Fuente:** Elaboración del autor.

### 3.1.2. Indicadores de calidad agua

Para identificar la calidad de agua se consideraron los siguientes parámetros: coliformes fecales, pH, DBO<sub>5</sub>, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto. Esta selección de los parámetros se basó principalmente en estudios e investigaciones relacionadas con la calidad del agua y que se refieren a estos parámetros como indicadores de la calidad del agua al tiempo de considerar la posibilidad de ajustarlos, para aplicarlo a un Índice de Calidad de Agua (ICA).

### 3.1.3. Resultados de parámetros in situ

#### Temperatura

La temperatura del agua fue el único parámetro medido en campo, para ello se utilizó un termómetro digital de precisión con columna de mercurio para medir temperaturas de cero grados hasta 100 ° C. a lo largo del cauce en los seis puntos de muestreo.

**Tabla 9**  
*Valores pH y diferencia de temperatura*

Temperatura y pH					
Parte de la cuenca	Punto de Muestreo	pH	T° Ambiente	T° Agua	Diferencia
Alta	1	7,9	22,2	20,9	1,3
Alta	2	7,8	21,9	20,7	1,2
Media	1	8,02	21,1	20,9	0,2
Media	2	8	22,6	21,5	1,1
Baja	1	7,96	23,5	21,7	1,8
Baja	2	7,93	23,1	21,9	1,2

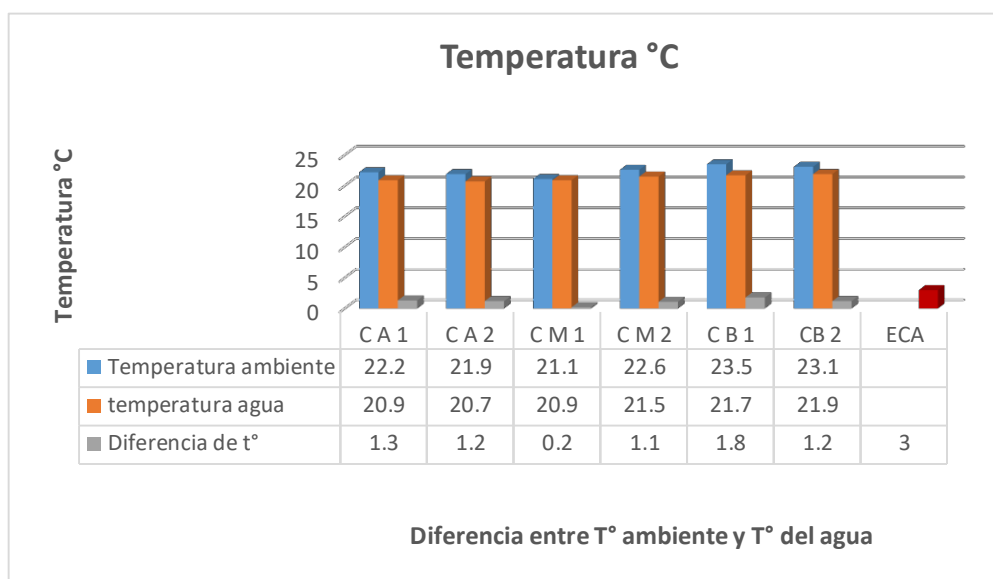
Fuente. Elaboración del autor.

### 3.1.4. Parámetros físicos de calidad de agua

Del análisis de agua realizado en los seis puntos de muestreo de la cuenca alta, media, y baja de las microcuencas, observamos los siguientes resultados:

### 3.1.4.1. Temperatura

Oscila entre 21,1 y 23,5 °C con una diferencia de temperatura máxima de 1.8 °C en la muestra de la cuenca baja, y una diferencia mínima de 0,2 °C en la muestra uno de la cuenca media, en ambos casos los valores obtenidos, las seis muestras están dentro del rango permisible de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, estando dentro de la categoría **A1** en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA), DS N° 004 – 2017 MINAM.



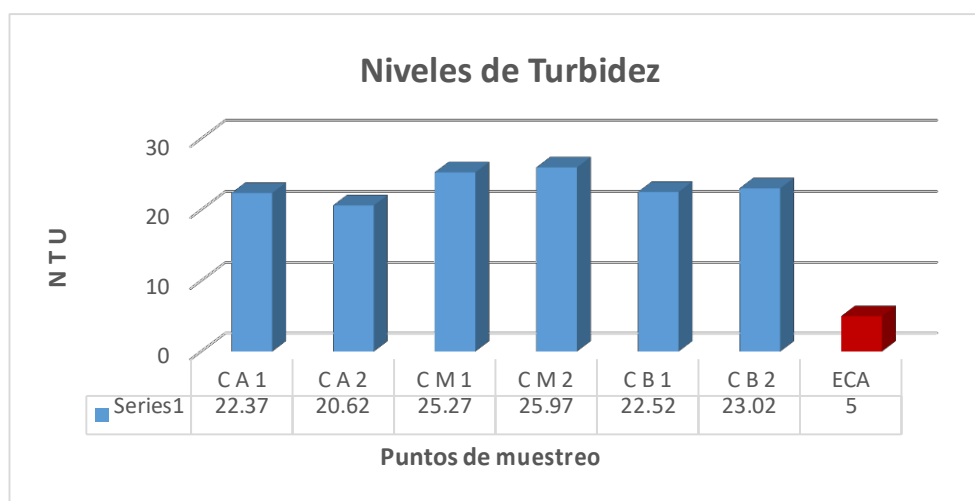
**Figura 2.** Diferencia de temperatura en los seis puntos de muestreo.

**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.1.4.2. Turbidez

La turbidez presenta valores que van desde 20,62 hasta 25,97 NTU. Este parámetro refleja un estimado simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto está relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos y cobertura del suelo, dado que el muestreo se realizó en el mes de enero coincidente con periodos lluviosos en la zona, los resultados están bastante elevados en comparación a los estándares de calidad ambiental para aguas categoría **A1** ubicándose en la categoría **A2** referente a

aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado, cuyo rango es hasta de 100 UNT.

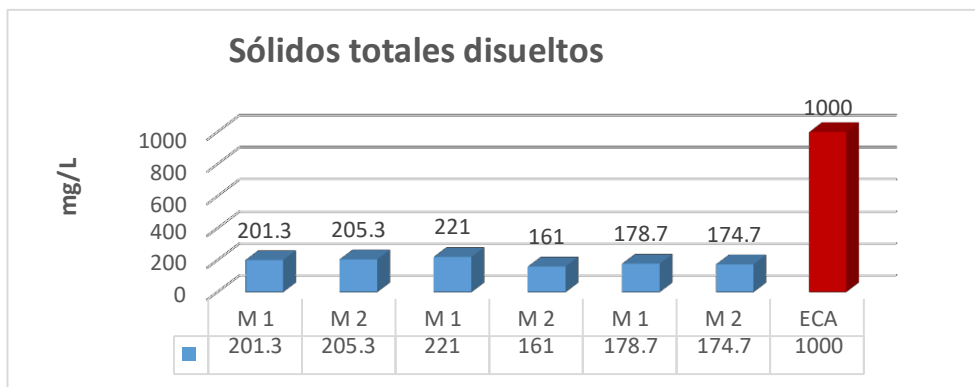


**Figura 3.** Niveles de turbidez

**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del Agua INACAL-DA

### 3.1.4.3. Sólidos totales

Los resultados de este parámetro representa las sales disueltas de una muestra de agua después de la remoción de los sólidos, es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos de fuerte escorrentía. La cantidad de sólidos totales disueltos es muy importante desde el punto de vista de la influencia del uso de la tierra sobre la calidad del agua. (Brooks *et al.* 1991). Nuestros valores van desde 161 a 221 mg/L, valores relativamente bajos que están dentro del rango de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, ubicándose dentro de la categoría **A1** en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, cuyo límite es de hasta 1 000 mg/L, DS N° 004 – 2017 MINAM.



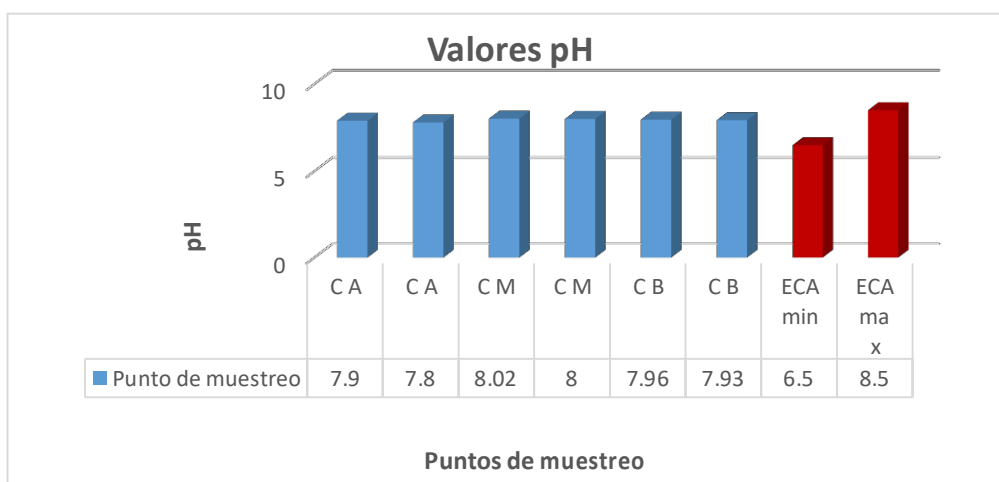
**Figura 4.** Sólidos totales disueltos

**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del agua INACAL-DA

### 3.1.5. Parámetros químicos de calidad de agua

#### 3.1.5.1. Potencial de hidrógeno (pH)

En general, el pH de las aguas de las microcuencas Rumiyaçu y Mishquiyaçu tienen una tendencia alcalina, con unos valores comprendidos en el rango de (pH 7,8 a 8,02), el cual es un valor que está dentro del rango de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, estando dentro de la categoría **A1** en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, cuyo rangos están dentro de (6,5 a 8,5). DS N° 004 – 2017 MINAM.



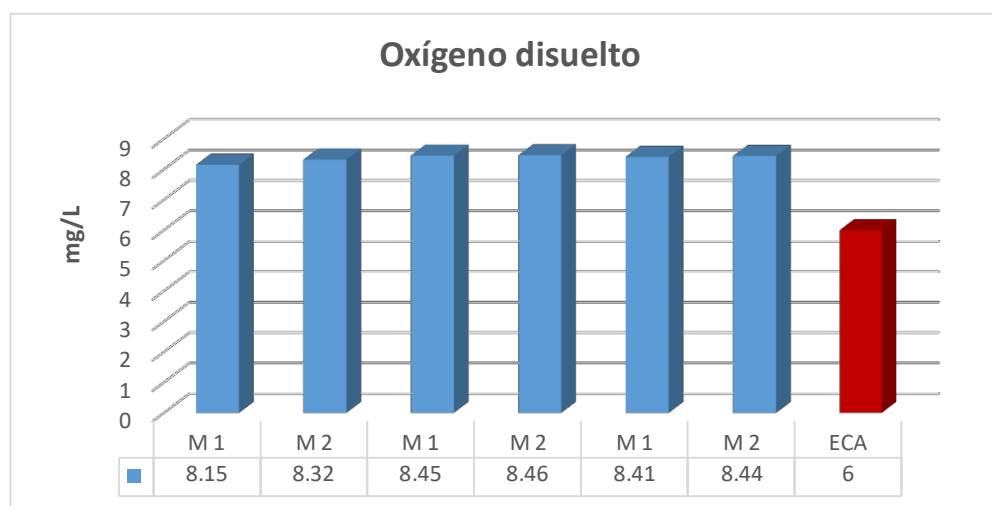
**Figura 5.** Niveles de pH

**Fuente.** Elaboración del autor.



### 3.1.5.2. Oxígeno disuelto

En lo que respecta a este parámetro, se presentan valores que van desde 8,15 hasta 8,46 mg/L, valores bastante importantes, pues la presencia de oxígeno es una señal muy positiva, mientras que su ausencia nos indicaría que existe fuerte contaminación. Al respecto Malina (1996) manifiesta que disminuciones repentinas o graduales en el oxígeno disuelto puede ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismos acuáticos sensibles a un nivel bajo de oxígeno disuelto. Los valores obtenidos están por encima del rango de los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional ubicándose dentro de la categoría **A1** en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, cuyo rango es de  $\geq 6$ , DS N° 004 – 2017 MINAM.



**Figura 6.** Oxígeno disuelto

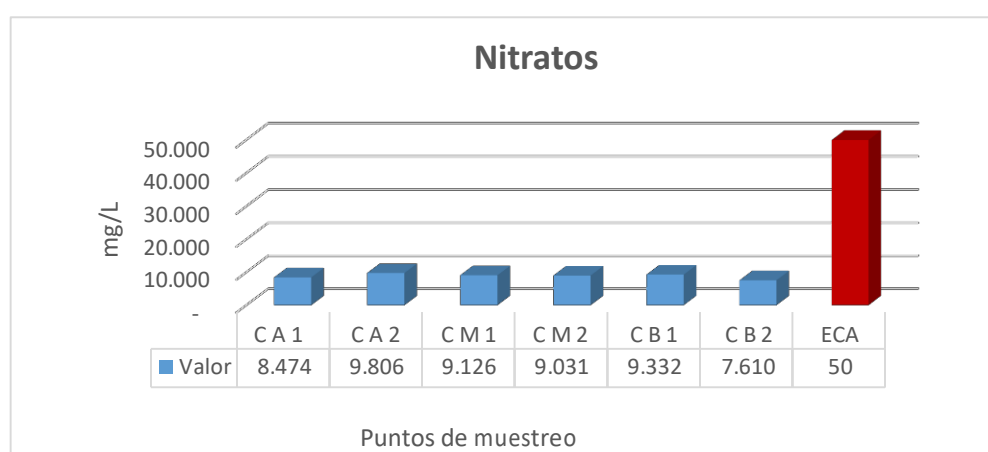
**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del Agua INACAL-DA

### 3.1.5.3. Nitratos

Los valores obtenidos en nuestros análisis respecto a este parámetro fluctúan en las seis muestras a lo largo de las microcuencas con valores que van desde 7,610, hasta 9,806 mg/L., aunque estos parámetros resultaron bastante bajos con respecto a los estándares de calidad ambiental para agua. Cuando existen actividades antrópicas, las aguas superficiales pueden tener concentraciones de hasta 5 mg/L, pero normalmente menores a de 1 mg/L. Concentraciones por encima de los 5 mg/L de  $\text{NO}_3$ , usualmente indican

contaminación, ya sea por desechos domésticos, de animales o escorrentía. (Sierra, 2011), por lo que se puede considerar que existe cierto grado de contaminación por nitratos. Este elemento es una forma de nitrógeno que las plantas necesitan para crecer; en la agricultura se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente los nitratos pueden contaminar las fuentes de agua potable. Altos contenidos de nitrato en el agua pueden causar la enfermedad llamada síndrome del Bebé Azul. Los nitratos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno a meta hemoglobina que no lo transporta; el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos.

Este elemento, con las actividades agrícolas aunque se encuentra estrechamente correlacionada con fósforo total, turbidez y sólidos suspendidos ( $p < 0.01$ ). (Zhao *et al.* 2001), manifiestan que el nitrógeno es altamente soluble en agua y la presencia de nitratos en el agua está relacionada con la dilución del nitrógeno y no asociado a partículas de suelo. Los valores obtenidos están por debajo del rango de los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, y que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, ubicándose dentro de la categoría **A1** en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, cuyo rango es de 50 mg/L, DS N° 004 – 2017 MINAM.



**Figura 7.** Nitratos

**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del Agua INACAL-DA

#### **3.1.5.4. Fosfatos**

Con respecto a la presencia de fósforo no se reportó presencia en las muestras de agua, ya que las concentraciones que pudiera haber están por debajo del LCM del laboratorio, y estos resultados se confirman con los datos reportados de la presencia de oxígeno en las muestras de agua con valores bastante importantes. Malina (1996) manifiesta que la presencia de oxígeno es una señal muy positiva, mientras que su ausencia nos indicaría que existe fuerte contaminación. Esto confirma lo citado por Teves (2016), quien menciona que un incremento desmesurado de fosfatos en el agua puede ocasionar problemas de agotamiento de oxígeno del agua y exceso de materia orgánica producida, las cuales dan lugar a la eutrofización.

#### **3.1.5.5. Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Malina (1996) manifiesta que el factor DBO<sub>5</sub> es una medida aproximada de la cantidad de materia orgánica biodegradable y es definido como la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar mediante bacterias aeróbicas la materia orgánica presente hasta una forma inorgánica estable. Con respecto a este parámetro, no se reportó presencia en las muestras de agua, ya que las concentraciones que pudiera haber están por debajo del LCM del laboratorio. Como se ha podido establecer en esta investigación, en las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiycu no hay fuentes puntuales de contaminación como aguas residuales que se puedan verter directamente en el curso de agua.

### **3.1.6. Parámetros biológicos de calidad de agua**

#### **3.1.6.1. Coliformes fecales**

En lo que respecta a la presencia de coliformes fecales, los datos reportados son bastante variables, altos en los tres partes de la cuenca, reportando en la cuenca alta datos de 350 y 460 NMP/100 mL., en la cuenca media disminuye fuertemente con un valor de 70 NMP/100 mL para luego ascender hasta un valor de 460 NMP/100 mL. Esta disminución en la muestra 1 de la cuenca media, se debe a que esta parte de la quebrada recibe aportes de

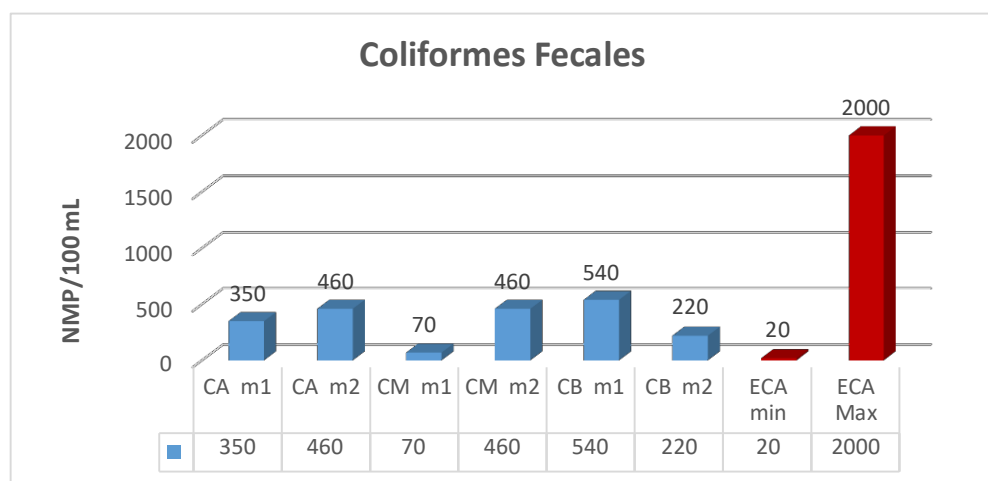
las aguas de la quebrada Mishquiyacu, donde el índice de contaminación poblacional tiene un valor de 0,52; luego en la cuenca baja aumenta significativamente con valores que van desde 540 a 220 NMP/100 mL, esto como consecuencia que en este sector existe un badén que es paso obligado de la carretera Moyobamba Japelacio, donde muchas personas lavan vehículos y también es la entrada del camino de herradura hacia la zona de las San Andrés, trafican por esta ruta acémilas y persona que causan una gran contaminación. La presencia de coliformes fecales se debe a los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 45 °C. (*Escherichia coli*). Esta bacteria se encuentra en el excremento humano y de otros animales de sangre caliente, entran al sistema por medio de desecho directo de mamíferos y aves, entre otros (Mitchell *et al.* 1991). Esta bacteria habita de manera natural en el aparato digestivo humano y ayuda en la digestión de los alimentos y por sí sola no es patógena; sin embargo, asociada con otros organismos patógenos causan complicaciones en la salud humana. Esto, concuerda con los datos del presente estudio, donde podemos ver que la densidad poblacional está concentrada en la cuenca alta con un promedio de 103 viviendas y 553 habitantes que viven en el centro poblado de San Vicente, lugar desde donde se desplazan a sus chacras y algunos viven en forma permanente en las mismas.

En la cuenca media la presencia de coliformes disminuye, esto por el poder de purificación del agua mediante procesos naturales, el agua se purifica hasta cierto punto. El complicado proceso de auto purificación es consecuencia de una combinación de factores físicos, químicos y biológicos. El proceso es el mismo en todas las extensiones de agua, pero su intensidad queda regulada por las diferentes condiciones del medio.

Mann y Willianson (1986) manifiesta que el tiempo requerido para la auto purificación depende directamente del grado de contaminación y de las características de la corriente. En corrientes de flujo limpio, el agua se encuentra saturada de oxígeno disuelto absorbido de la atmósfera y el liberado por las plantas verdes acuáticas.

Esto también se ve favorecido conforme el avance del cauce y por la presencia de aguas del afluente de la quebrada Mishquiyacu, donde la densidad poblacional es 15 viviendas y 92 habitantes. Además, la mayor presencia de bosque primario se encuentra en esta parte de la microcuenca, y posteriormente en la cuenca baja los valores aumentan significativamente a 540, para luego descender hasta el valor de 220 NMP/100 mL. Esto se explica ya que cerca a esta parte de la microcuenca existe un badén por donde transitan vehículos que van al distrito de Jepelacio y es punto obligado para ir al centro poblado de San Andrés y a diferentes partes de la cuenca donde están las chacras de los agricultores, los mismos que se movilizan en acémilas en las cuales transportan sus insumos y sus alimentos.

Los valores obtenidos en las seis muestras son bastante altos y están por encima del rango de los estándares de calidad ambiental para agua con tratamiento convencional ubicándose dentro de la categoría **A2**, de aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua potable, que señala para este tipo de muestras de agua hasta con 2 000 NMP/100mL. DS N° 004 – 2017 MINAM.



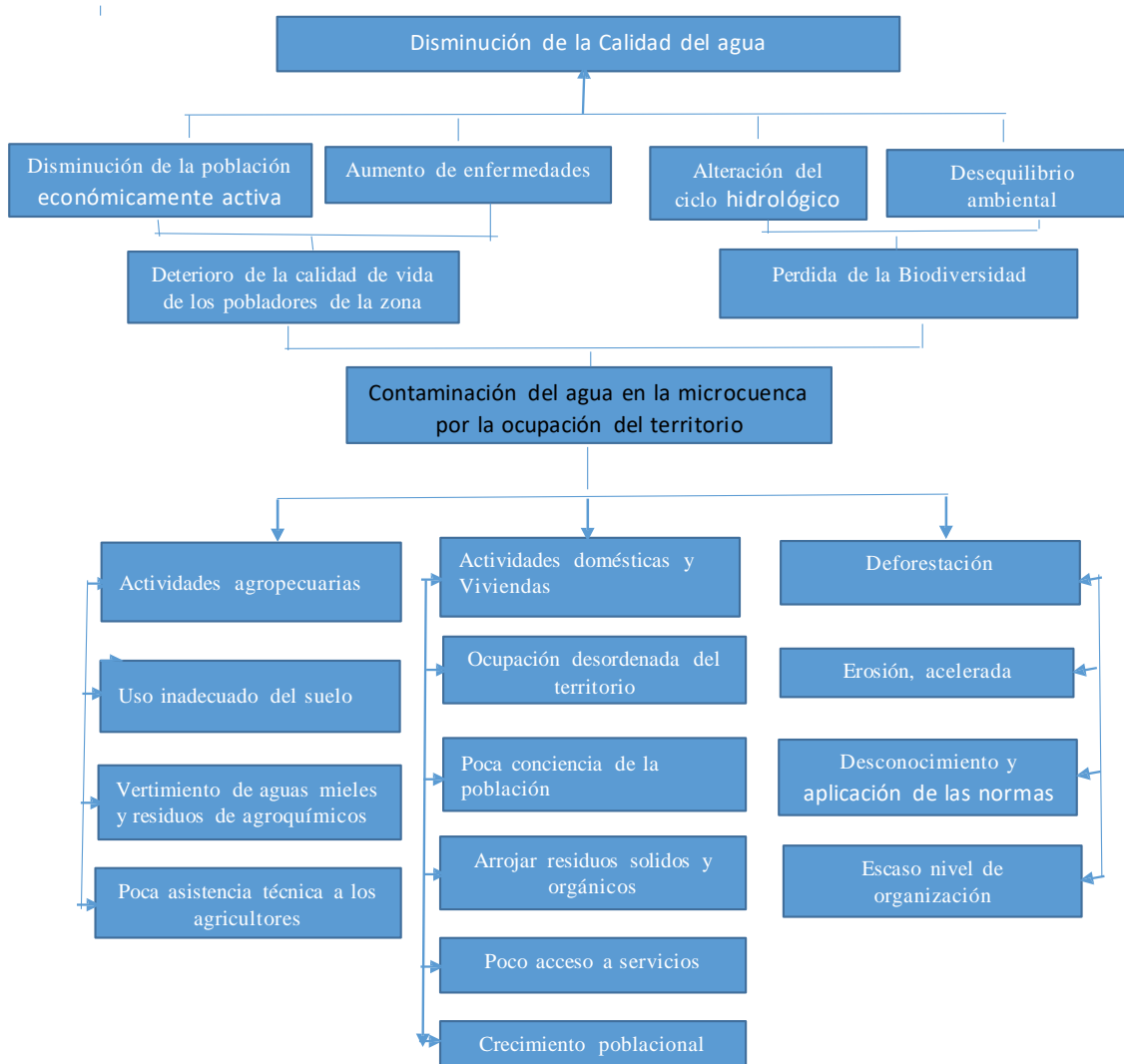
**Figura 8.** Coliformes fecales

**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del Agua INACAL-DA

### 3.2. Objetivo específico 2

Determinar los impactos potenciales que generan el deterioro de la calidad del agua en las microcuencas Rumiayacu y Mishquiayacu.

El presente estudio en las microcuencas de Rumiayacu y Mishquiayacu me ha permitido identificar procesos que están aconteciendo como resultado de la ocupación del territorio, degradando el suelo y contaminando el recurso hídrico, volviéndose un problema complejo debido a que es la sumatoria de varias causas (**Figura 9**) las que están contribuyendo a la contaminación del agua en estas microcuencas.



**Figura 9.** Causas y efectos de la contaminación del agua en las microcuencas Rumiayacu y Mishquiayacu. **Fuente.** Elaboración del autor.

En la búsqueda de un crecimiento económico, los habitantes desarrollan diferentes actividades agrícolas como la siembra de café y otros cultivos; además de la crianza de aves y animales menores que de una u otra manera que causan impactos negativos en la conservación de estas áreas de conservación municipal. Estas actividades antrópicas son las que están contribuyendo a la contaminación del agua en las microcuencas de Rumiycu y Mishquiycu, produciéndose un círculo vicioso entre la presión demográfica y el deterioro ambiental.

### **3.2.1. Caracterización de la población asentada en las microcuencas Rumiycu y Mishquiycu**

En el presente estudio logré recabar información social, demográfica y económica productiva a 35 familias que habitan en forma permanente en el ámbito geográfico de las microcuencas; el resto del total de 120 asentadas viven en los centros poblados de San Vicente y San Andrés, reportándose que de ellas el 100% son inmigrantes mayoritariamente procedentes del departamento de Cajamarca; solo el 22,2% de las familias tienen sus viviendas en agrupaciones continuas, mientras que 77,8% viven en viviendas dispersas.

Existe en la cuenca una población estimada de 185 personas que viven en forma permanente, de ellas el 53,3 % son varones adultos, 34,0 % son mujeres adultas y el 12,2 % son niños indistintamente de género masculino o femenino. Su densidad poblacional es de 5,47 personas por vivienda, el promedio de edad de los jefes de hogar es de 43,2 años.

El nivel educativo de los jefes de hogar que prevalece es el de primaria completa con un 78,4 % de ellos, seguido de 8,1 % con primaria incompleta, solo el 2,7% de ellos tiene secundaria completa e incompleta respectivamente, el 5,4 de ellos no tiene ningún nivel educativo.

Las autoridades con que cuentan las localidades de San Vicente y San Andrés son: Agente Municipal, Teniente Gobernador, Presidente de Desarrollo Comunal y Presidente de Rondas; en cuanto a su organización censal, corresponde a Centro Poblado Menor.

Las instituciones públicas y/o privadas que tienen presencia en las cuencas son: Comité Gestor de Servicios Ecosistémicos de la EPS Moyobamba, el Proyecto Especial Alto Mayo, EPS Moyobamaba, Ugel Moyobamba y el ARA, quienes realizan acciones de su ámbito funcional.

En infraestructura educativa, la localidad de San Vicente solo con nivel primaria; ambas localidades no cuentan con centro de salud.

El acceso a estas localidades se realiza por varias vías combinadas, por carretera asfaltada acceden el 50% de pobladores de San Vicente y solo el 11,8 % de pobladores de San Andrés; utilizan carretera afirmada el 20% de pobladores de San Vicente y el 100% de San Andrés; utilizan vía de trocha el 40% de pobladores de San Vicente y el 88,2% de San Andrés.

El servicio de electricidad en esta población involucrada en el estudio de investigación tiene la siguiente estructura: el 50% de las familias de la localidad de San Vicente tienen luz eléctrica, solo el 5,9% de familias en San Andrés tiene este servicio eléctrico, las familias que habitan en forma permanente utilizan lámpara o mechero para alumbrarse, con panel solar solo usa una familia de San Andrés que representa el 5,9% de ellas; por otro lado, también utilizan lámpara en San Vicente el 50% de familias y en San Andrés 82,4% de ellas, siendo también el uso común de velas en menores proporciones del 10% y 5,9% en San Vicente y San Andrés, respectivamente.

Para su comunicación es de uso común el celular, el 95 % y el 88,2 % de las familias de San Vicente y San Andrés lo utilizan, el 60% y 82,4% de familias de San Vicente y San Andrés respectivamente tiene radio a pilas, y la televisión es solo utilizada por el 17,7% de familias en San Vicente.

El abastecimiento de agua en estas comunidades se realiza mayoritariamente entubada en el 85 % y el 88,2 % de familias de San Vicente y San Andrés, respectivamente. Así mismo, el 100% de familias en ambas localidades utiliza agua de las quebradas; respecto a los servicios higiénicos usados por las familias el 100 %



de las que viven en forma permanente cuentan con letrinas y en los centros poblados de San Vicente y San Andrés, 82,4 % y un 30 %, respectivamente de familias utilizan pozo ciego.

Las familias de estas localidades dedicadas a la agricultura como actividad principal, no tienen título de propiedad de sus predios, el 100% de ellas solo tiene la posesión de las mismas.

Las actividades productivas que desarrollan son el sembrío de café como cultivo preponderante, el 90% de las familias de San Vicente y el 94,1% de las familias de San Andrés se dedican a su producción; luego en orden de prioridad está el maíz, que lo cultivan el 60% de familias de San Vicente y el 82,4% de las familias de San Andrés. Así mismo productos de pan llevar son cultivados por el 95% de las familias de San Vicente y el 88% de familias de San Andrés. El cultivo de cacao ocupa una pequeña área en las microcuencas en estudio.

En lo que respecta a crianza de ganado y otros animales, se registra que el 65% de familias de San Vicente cría ganado vacuno en pequeña escala, mientras que el San Andrés el 100% de familias se dedican a la crianza de animales menores, cerdos, gallinas pavos, cuyes, etc., que de una u otra manera por escorrentía, contaminan los causes de las quebradas.

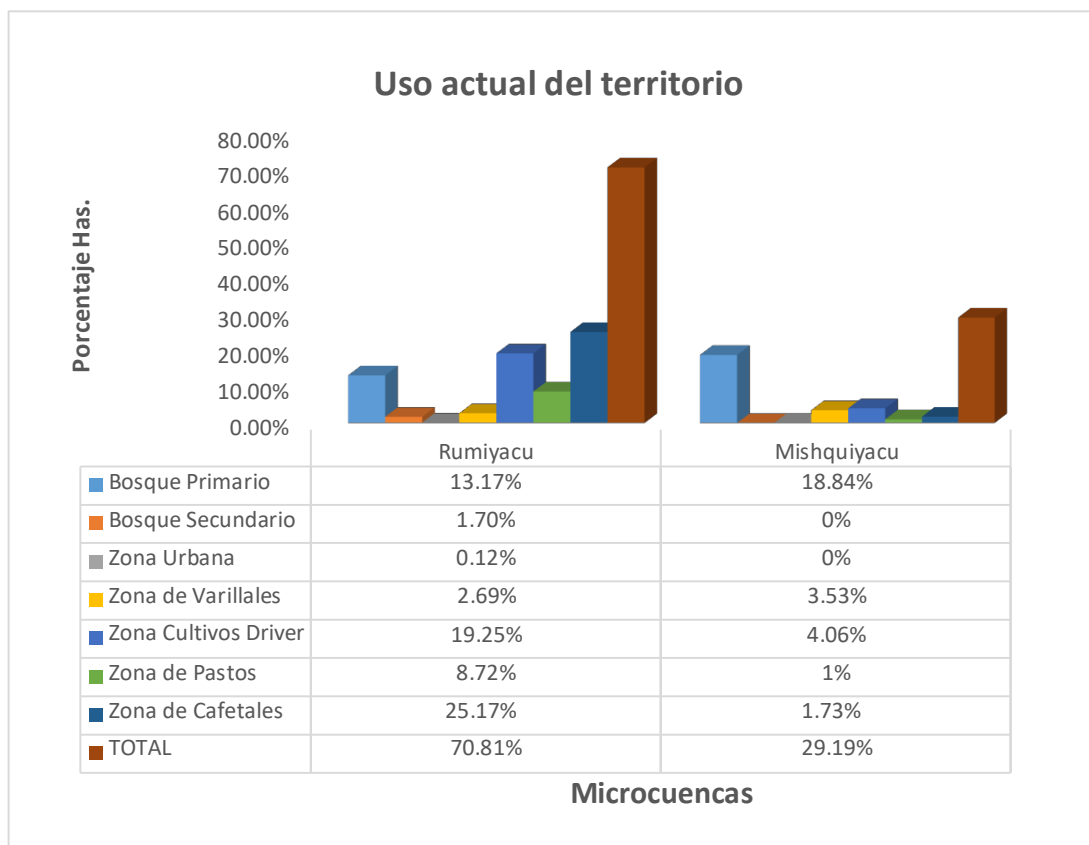
### **3.2.2. Modalidad del uso de los suelos**

El área geográfica de las microcuencas de Rumiyaçu y Mishquiyaçu es de 781,49 has., cuya ocupación actualmente está dado principalmente por bosque primario (32,02 %), zona de cafetales (26,90 %), zona de cultivos diversificados (23,31 %), zona de pastos (9,73 %) como los más relevantes, la Zona Urbana constituye el ( 0.12 %) del total del territorio.

**Tabla 10***Uso actual del territorio de las Microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu*

USO	ÁREA RUMIYACU		ÁREA MISHQUIYACU		TOTAL	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bosque Primario	102,94	13,17	147,29	18,84	250,23	32,02
Bosque Secundario	13,30	1,70	0,00	0,00	13,30	1,70
Zona Urbana	0,90	0,12	0,00	0,00	0,90	0,12
Zona de Varillales	21,00	2,69	27,61	3,53	48,61	6,22
Zona Cultivos	150,40	19,25	31,79	4,06	182,19	23,31
Diversificado						
Zona de Pastos	68,17	8,72	7,85	1,00	76,02	9,73
Zona de Cafetales	196,69	25,17	13,55	1,73	210,24	26,90
<b>TOTAL</b>	<b>553,40</b>	<b>70,81</b>	<b>228,09</b>	<b>29,19</b>	<b>781,49</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración del autor.

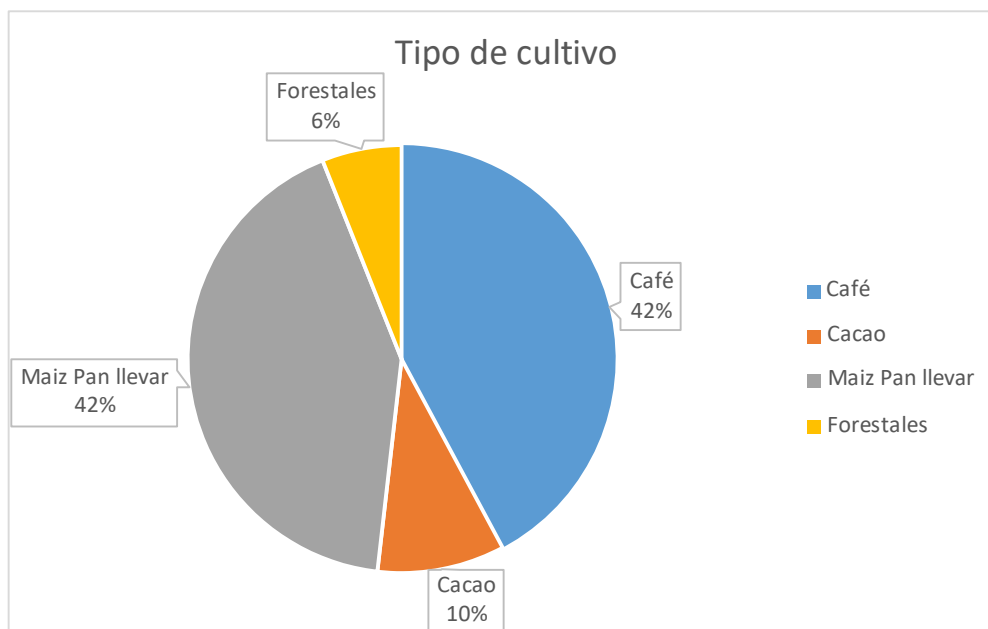
**Figura 10.** Uso actual del territorio de las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu.

Fuente: Elaboración del autor.

### 3.2.3. Encuestas a los agricultores asentados en las microcuencas

#### 3.2.3.1. Tipo de cultivos

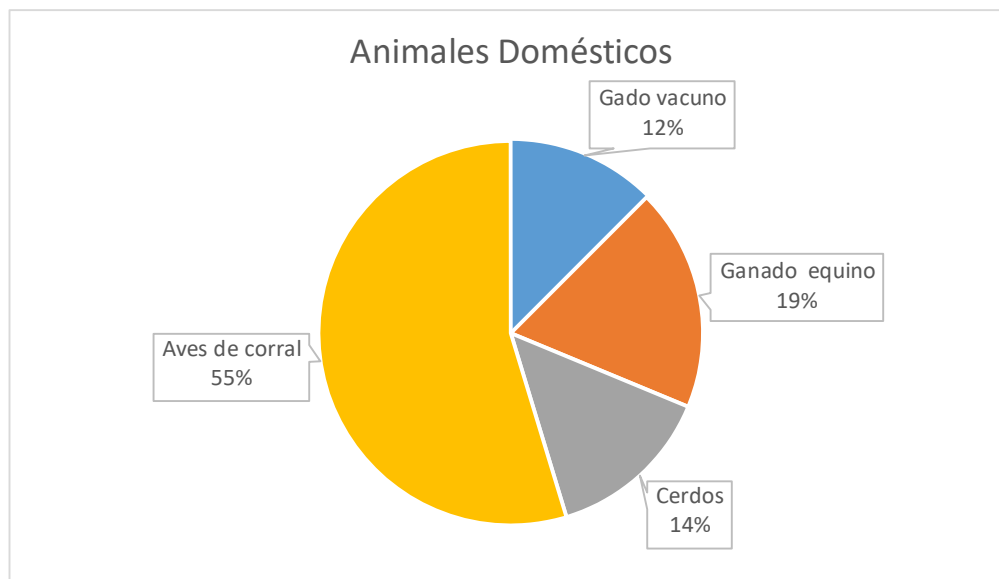
En las microcuencas de Rumiycacu y Mishquiycacu viven aproximadamente 120 familias, de las cuales 35 lo hacen de manera permanente, el resto viven en los centros poblados de San Vicente y San Andrés. Habiendo identificado la población a estudiar, se procedió a realizar un levantamiento de información primaria entre los productores que radican en forma permanente, de donde se puede observar que en su totalidad se dedican al cultivo de café con áreas aproximadas de 2 a 3 has., así como a cultivos de pan llevar, maíz, pusporoto y otros.



**Figura 11.** Tipos de cultivo  
**Fuente.** Elaboración del autor.

#### 3.2.3.2. Crianza de animales

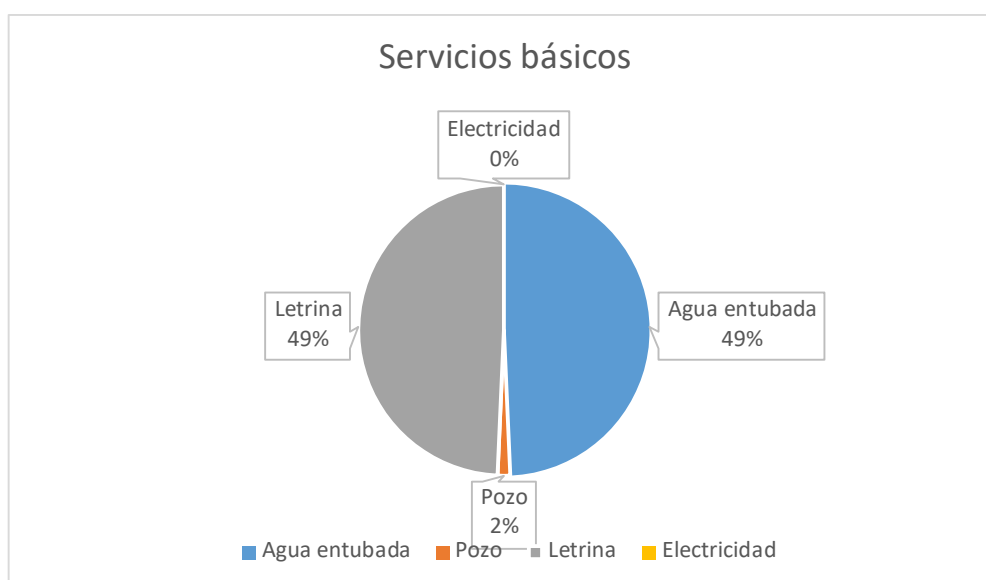
También se pudo conocer que en su totalidad de los que viven en forma permanente, crían animales domésticos como aves de corral, cerdos, ganado vacuno y equino.



**Figura 12.** Crianza de animales domésticos  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.3. Servicios básicos

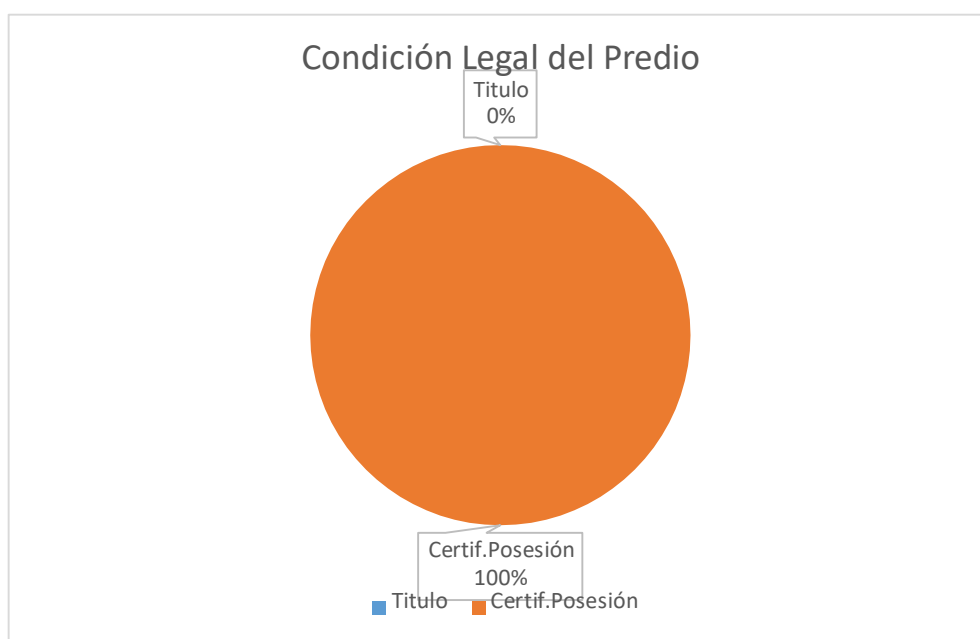
Así mismo se ha determinado que todos los encuestados utilizan agua entubada, que no cuentan con electricidad y todos cuentan con letrinas, que usan lámparas para alumbrarse y en su mayoría tienen un teléfono celular para comunicarse.



**Figura 13.** Servicios básicos  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.4. Tenencia de la tierra

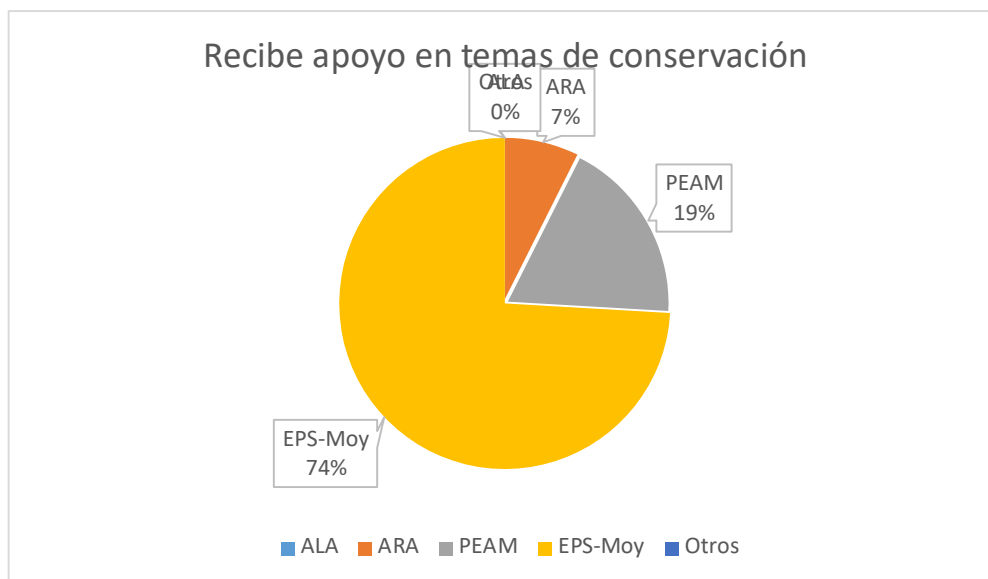
Respecto a la condición de sus predios, el 100 %, de los agricultores asentados en las microcuencas posee certificado de posesión, con una antigüedad de permanencia de más de 20 años en las microcuencas, hoy en día gracias al trabajo que viene realizando el Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos, se está evitando que más agricultores invadan dichas áreas de protección.



**Figura 14.** Tenencia de la tierra  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.5. Asistencia técnica

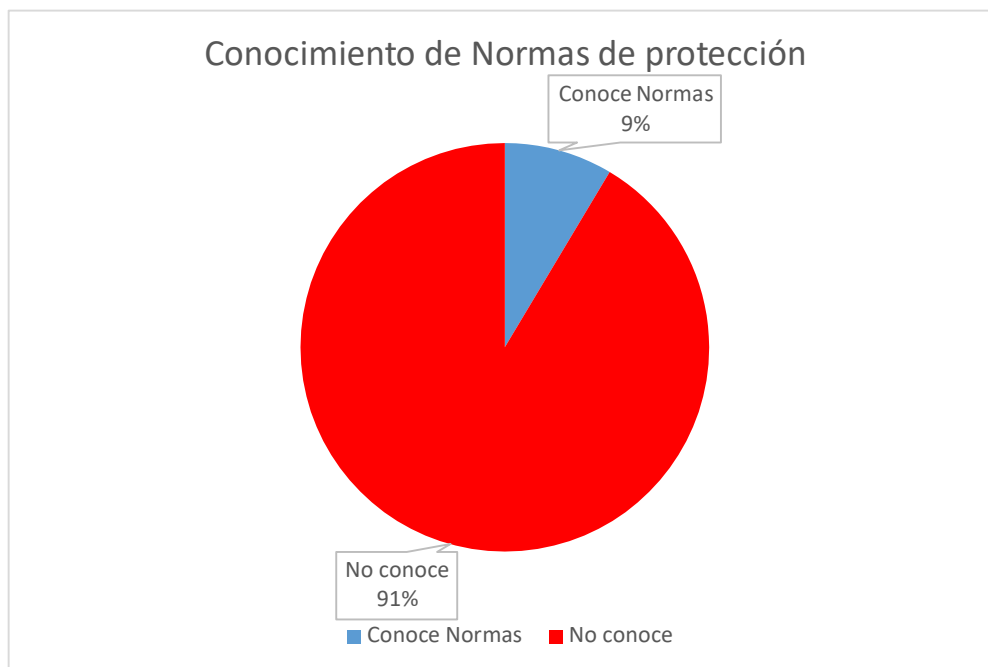
También manifiestan los agricultores que en temas de conservación de las microcuencas, reciben apoyo técnico y orientación en su mayoría por parte de la EPS-Moyobamba a través del Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos, y que de vez en cuando reciben alguna orientación del PEAM, y del ARA.



**Figura 15.** Asistencia técnica en temas de conservación  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.6. Conocimiento de normas legales ambientales

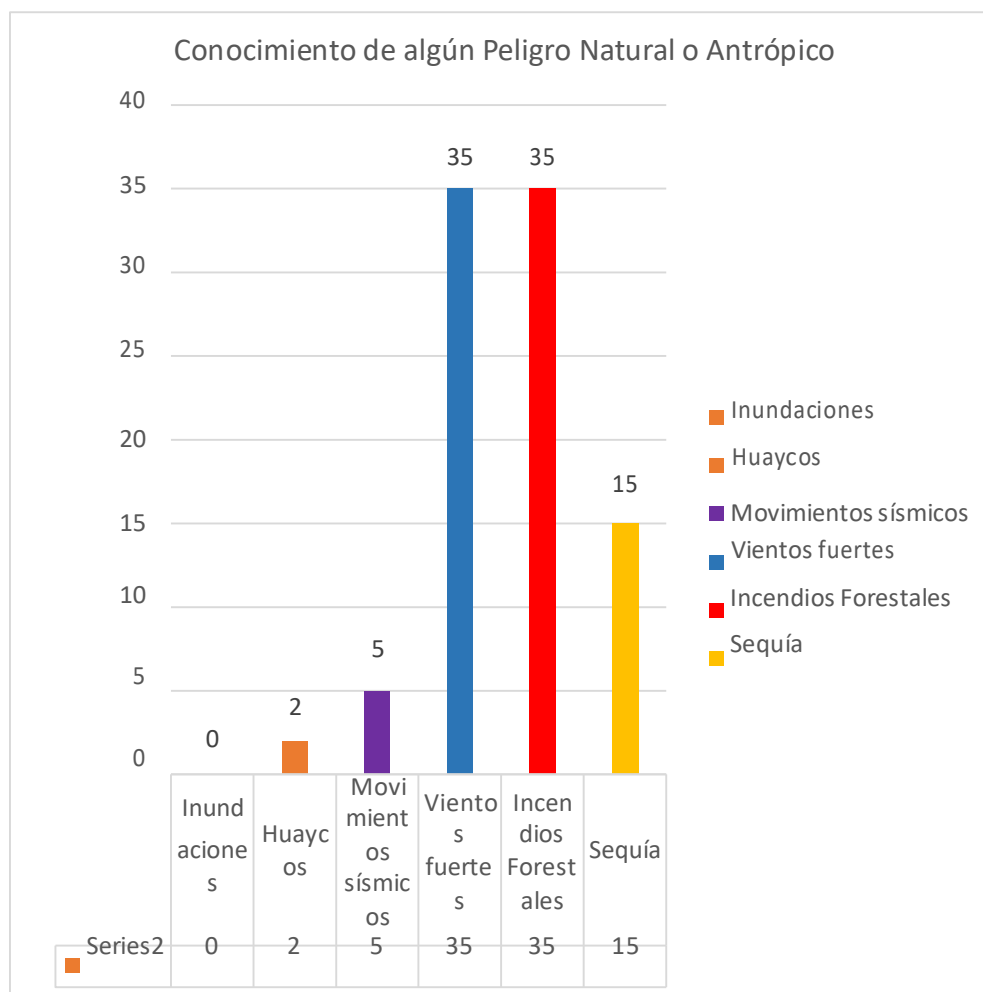
Respecto al conocimiento sobre normas legales sobre medio ambiente, de protección y conservación del bosque, solo un 9 %, conoce de la existencia de normas, el resto desconoce.



**Figura 16.** Conocimiento de normas de protección ambiental  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.7. Conocimiento de peligros naturales y/o antrópicos

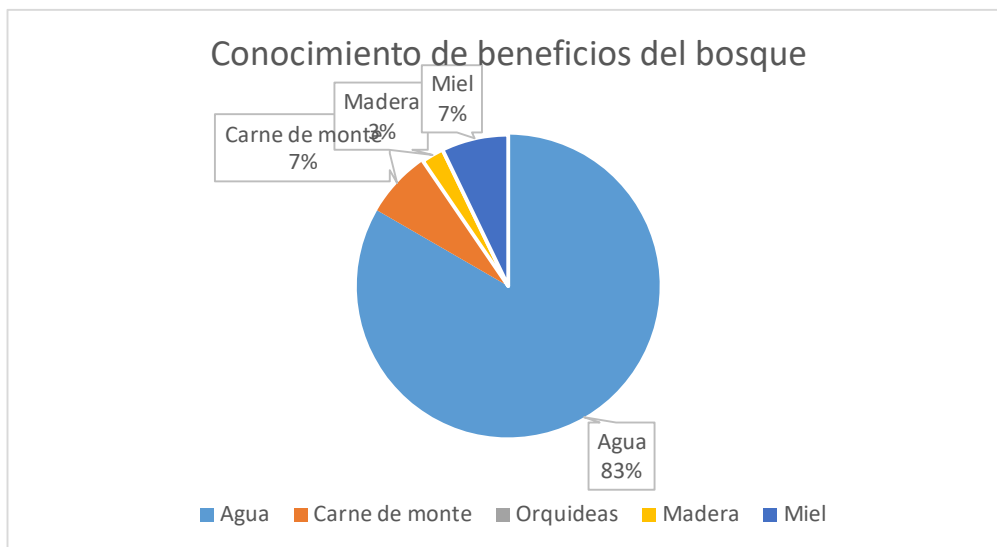
Sobre el conocimiento de algún peligro natural o antrópico ocurrido en la microcuenca, ellos reportan el conocimiento de huaycos en algunas épocas lluviosas, de movimientos sísmicos, vientos fuertes ocurrido en los años 2015 y 2016, así como incendios forestales los años 2015 y 2016 y también un período fue de sequía.



**Figura 17.** Conocimiento de peligros naturales o antrópicos  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.8. Sobre beneficios que aporta el bosque

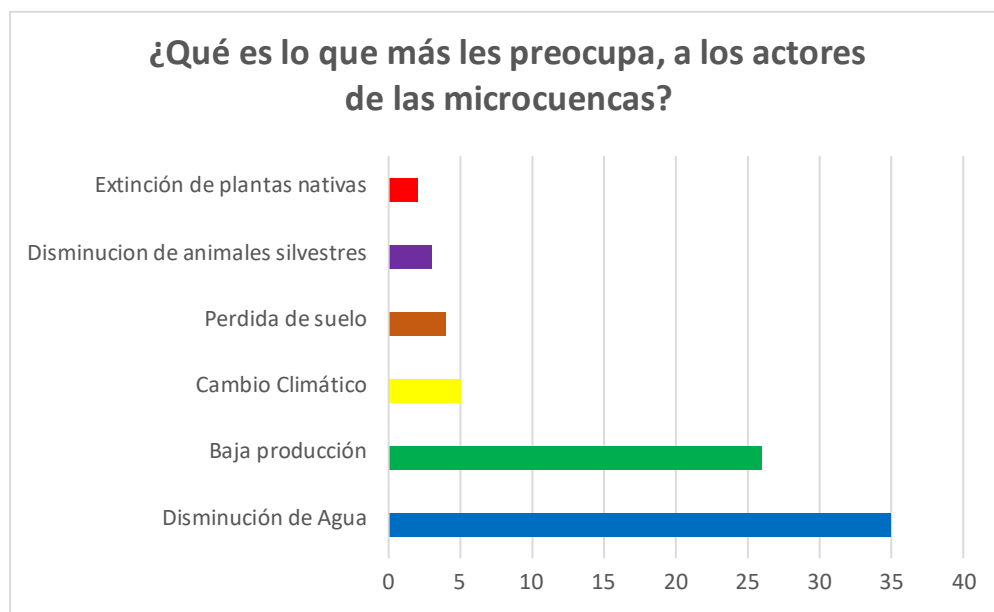
Sobre el conocimiento de los beneficios que aporta el bosque, el 83 % manifiesta que mantenerlo significa producción de agua, un 3% para madera, otro 7% producción de miel y otro 7% para producción de carne de monte.



**Figura 18.** Conocimiento de beneficios del bosque  
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.9. Preocupación a la degradación de las microcuencas

Respecto a lo que más les preocupa a los productores asentados en las microcuencas, un 100% manifiestan que es la disminución de agua, a otros la baja producción de sus cultivos, a muy pocos el cambio climático y la pérdida de suelo, a otros la disminución de las plantas silvestres y animales, a muy pocos la extinción de las plantas nativas.

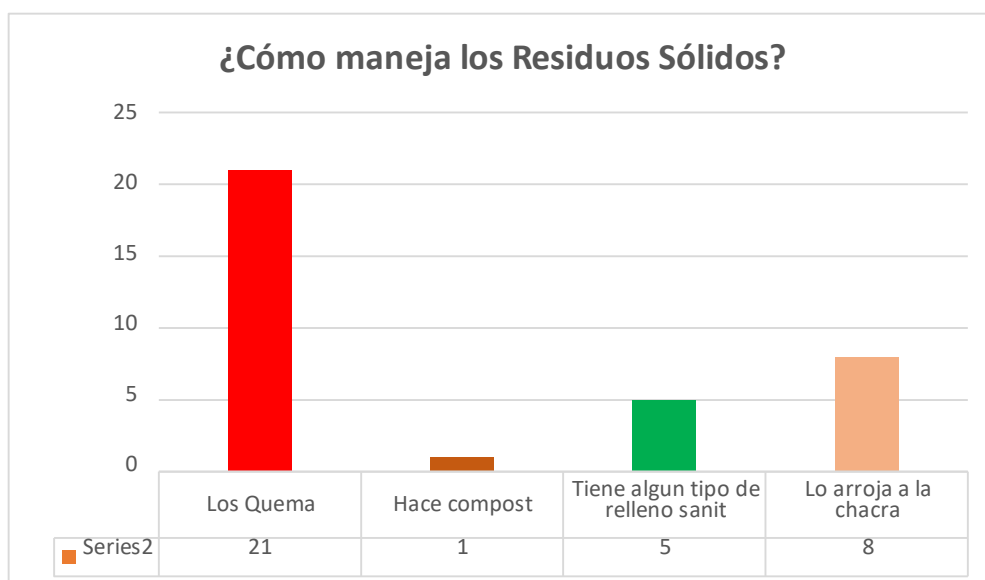


**Figura 19.** Preocupación a la degradación de las microcuencas  
**Fuente.** Elaboración del autor.



### 3.2.3.10. Manejo de residuos sólidos

Respecto al manejo de residuos sólidos orgánicos, un 60% de los agricultores los quema, un 14,28 % los arroja a la chacra, un 22,85% tiene un tipo de relleno sanitario artesanal, y solo un 2,8% hace compost.

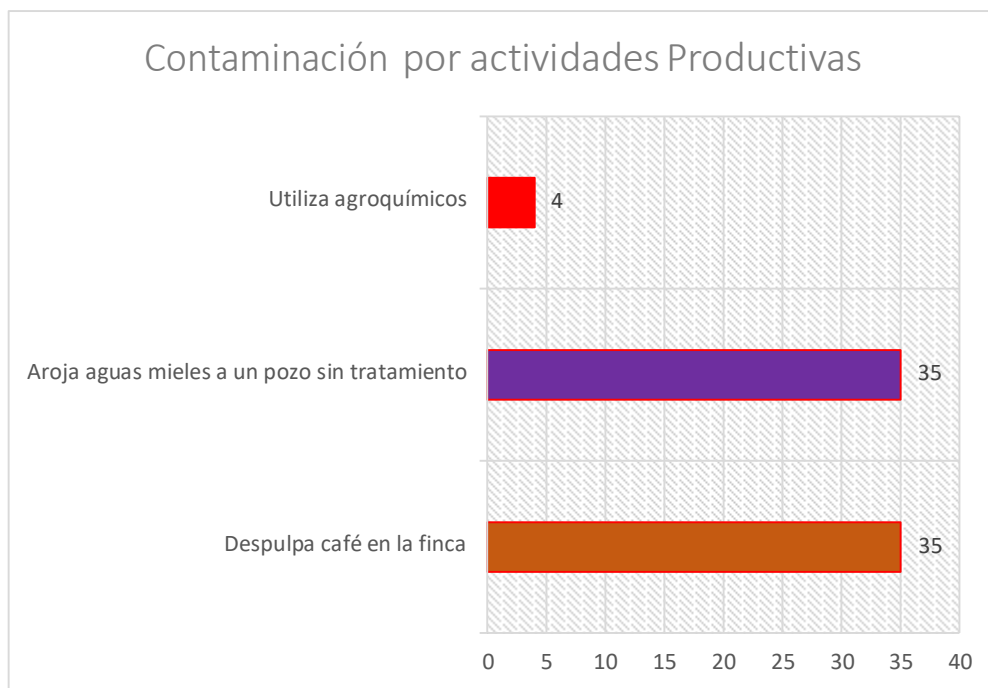


**Figura 20.** Manejo de residuos sólidos

**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.2.3.11. Contaminación por actividades productivas

En lo que concierne a contaminación por actividades productivas, se ha podido constatar que el 100% de los agricultores asentados en las microcuencas en estudio produce y despulpa café en la misma chacra, arrojando sus aguas mieles sin ningún tratamiento a unas pozas artesanales, lo que causa contaminación al suelo y posteriormente por escorrentía y filtración llegan a las fuentes de agua, y solo un 11,42 % utiliza en ciertas ocasiones agroquímicos.

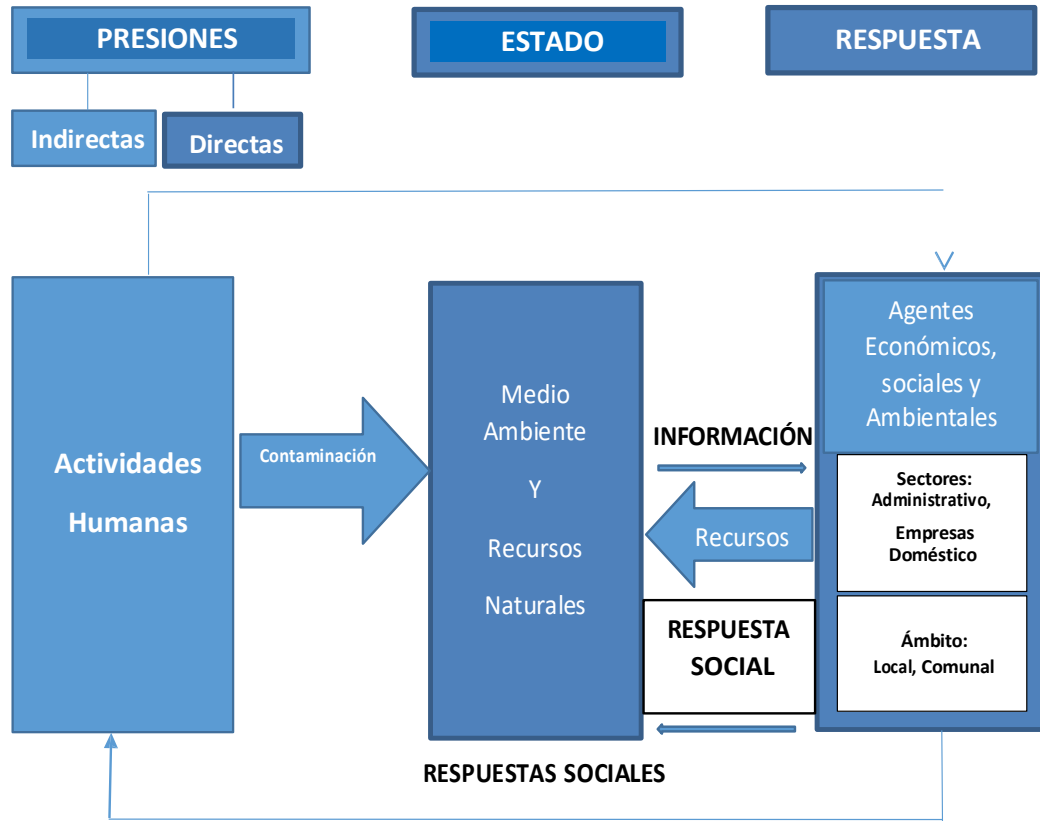


**Figura 21.** Contaminación por actividades productivas  
**Fuente.** Elaboración propia.

#### 3.2.4. Modelo presión estado respuesta (PER)

El modelo de presión–estado–respuesta (PER), establecido por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) obedece a una lógica según la cual las actividades humanas ejercen presiones sobre el entorno y los recursos ambientales y naturales, alterando, en mayor o menor medida, su estado inicial. La sociedad en su conjunto identifica estas variaciones y puede decidir (objetivos de política) la adopción de medidas (respuestas) que tratarían de corregir las tendencias negativas detectadas. Estas medidas se dirigen con carácter cautelar, contra los mismos mecanismos de presión, o bien, con carácter corrector directamente sobre los factores afectados del medio. (Aguirre).

Como consecuencia de estas actuaciones se supone, o espera, una mejoría del estado del medio ambiente.



Fuente: Aguirre Royuela Miguel

Figura 22. Modelo presión estado respuesta (PER)

**Tabla 11***Modelo Presión Estado Respuesta. (PER)*

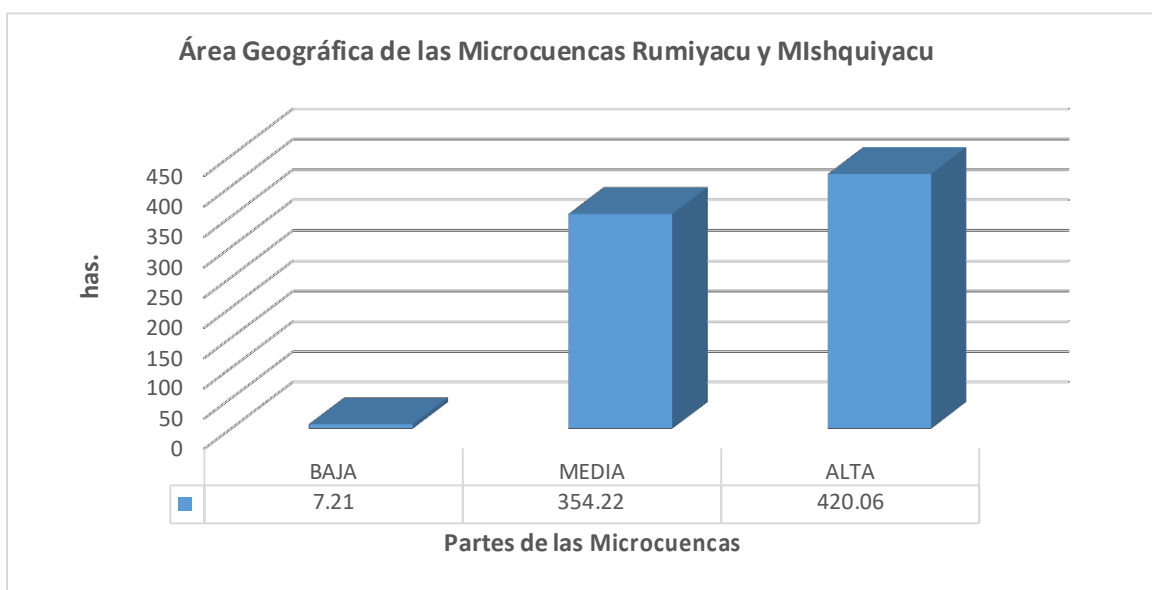
Recursos Ambientales	Actividades Humanas Presión	Impacto Estado	Respuesta
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupación del territorio por 120 familias.</li> <li>- Cambio en los usos del suelo en 469,35 has,</li> <li>- Uso de fertilizantes</li> <li>- Erosión</li> <li>- Degradación</li> <li>- Disminución de la fertilidad</li> <li>- Contaminación</li> <li>- Plaguicidas utilizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siembra de café 210,24 has.</li> <li>- Cultivos diversificados 182,19 has.</li> <li>- Crianza de ganado y animales menores.</li> <li>- Contaminación del suelo.</li> <li>- Producción de residuos sólidos urbanos per cápita</li> <li>- Residuos tóxicos acumulados</li> <li>- Superficie de suelo afectado por erosión</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de recuperación de suelos.</li> <li>- Acuerdos de conservación</li> <li>- Estudios de ZEE. A nivel mezo zonificación de la provincia de Moyobamba.</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación por actividades antrópicas.</li> <li>- Disminución del caudal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acuíferos contaminados.</li> <li>- Caudal hídrico deficitario.</li> <li>- Calidad de agua en estado <b>regular</b> según los índices ICA del estudio realizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversiones públicas en tratamiento de agua.</li> <li>- Tasa de variación del precio del Agua</li> <li>- Mejoras en la distribución de agua</li> <li>-</li> </ul>
Bosque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al bosque</li> <li>- Deforestación en 469,8 has.</li> <li>- Pérdida de la Biodiversidad</li> <li>- Incendios forestales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especies vulnerables y en peligro de extinción</li> <li>- Incremento de la superficie forestal con daños</li> <li>- Superficie total incendiada</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión en conservación</li> <li>- Repoblación con fines de conservación</li> <li>- Normas para proteger Superficie forestal.</li> <li>- Creación de la ACM, según Ordenanza N° 071-MPM</li> <li>- Ley forestal y de fauna silvestre N° 29763</li> </ul>
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especies endémicas sobreexplotadas</li> <li>- Caza</li> <li>- Extracción indiscriminada de orquídeas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución y extinción de la flora y fauna nativa</li> <li>- Población de especies amenazadas</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de los espacios naturales protegidos</li> <li>- Ley forestal y de fauna silvestre N° 29763</li> <li>-</li> </ul>

**Fuente.** Elaboración del autor

### 3.3. Objetivo específico 3.

#### Determinar el índice de contaminación poblacional.

Para calcular el índice de contaminación poblacional se ha considerado la densidad poblacional por unidad de superficie, toda vez que esta variable tiene mucho interés en los impactos sobre la calidad del agua, ya que tiene que ver con la cantidad de residuos que generan impactos negativos sobre este recurso. Para esto se han utilizado las herramientas de los sistemas de información geográfica SIG para calcular las áreas específicas por cada piso altitudinal de la microcuenca, donde se han georeferenciado los puntos de muestreo, y se han determinado la cantidad de poseionarios asentados en cada parte de la cuenca ( ver mapa de altitud **Fig. 30** del anexo), determinándose que en la parte alta hay un promedio de 553 habitantes; en la parte media un promedio de 92 habitantes y en la parte baja un promedio de 12 habitantes. Se estableció que en la cuenca alta hay una área de 420,06 has., en la cuenca media una área de 354,22 has., y en la cuenca baja una área de 7,21 has.



**Figura 23.** Áreas geográficas por niveles de altitud

**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.3.1. Determinación de la densidad poblacional

La densidad de la población se define como la relación entre un espacio determinado y el número de personas que allí lo habitan.

$$DPC = \frac{PTC}{ETC \text{ (has)}}$$

Donde:

DPC = Densidad de la población de la cuenca

PTC = Población total de la cuenca

ETC = Extensión territorial de la cuenca

Para mi investigación, con la ayuda de las herramientas SIG, he determinado espacios altitudinales por curvas de nivel (ver mapa **Fig. 30** anexo), y se ha calculado que área le corresponde a cada altitud de la cuenca alta, media y baja respectivamente. De la información obtenida, se tiene una densidad poblacional de 1,32 en la cuenca alta, 0,26, en la cuenca media y 1,66 en la cuenca baja, luego se asignó un factor por áreas por habitante y se estableció un nivel de contaminación y posteriormente se asignó una calificación (ver Tabla 12)

**Tabla 12**

*Nivel de contaminación por habitante*

Factor	Nivel de Contaminación	Calificación
Áreas despobladas	Sin riesgo	0
0 - 50 habitantes	Bajo	1
50 - 100 habitantes	Medio	2
> 100 habitantes	Alto	3

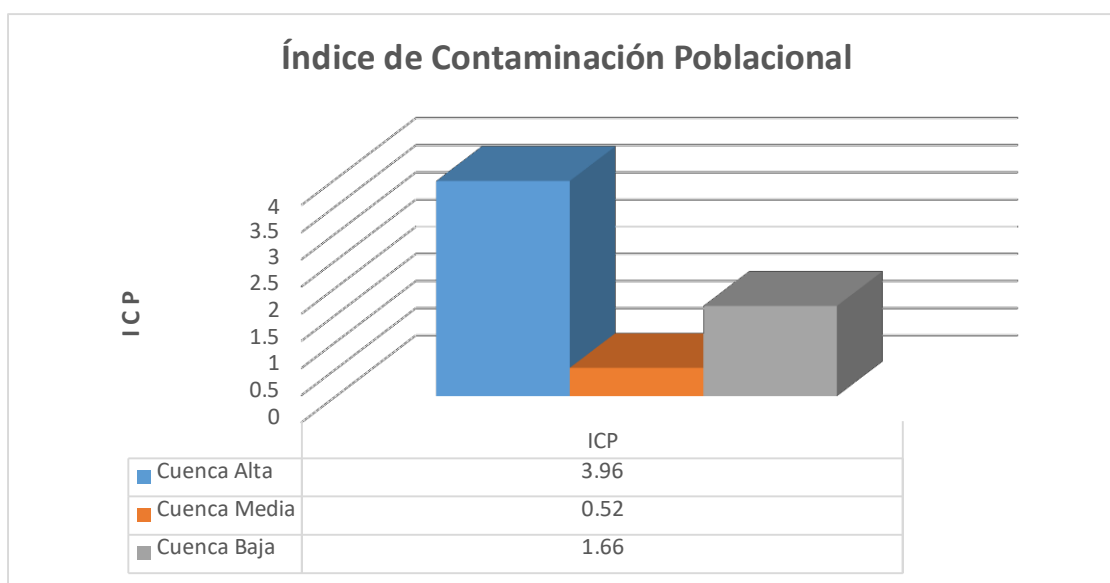
**Fuente.** Elaboración del autor.

### 3.3.2. Determinación del índice de contaminación poblacional

Una vez determinada la densidad poblacional, se procedió a calcular el índice de contaminación poblacional IPC, multiplicando la densidad poblacional por la calificación asignada a cada parte de la microcuenca de acuerdo al número de personas que allí habitan, y nos da el índice de contaminación poblacional para cada una de ellas (ver **Tabla 13**).

**Tabla 13***Cálculo del índice de contaminación poblacional*

Parte de microcuenca	Densidad poblacional	Calificación	ICP
Alta	1,32	3	3,96
Media	0,26	2	0,52
Baja	1,66	1	1,66

**Fuente.** Elaboración del autor**Figura 24.** Índice de contaminación poblacional**Fuente.** Elaboración del autor.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la relación entre el uso del territorio y la calidad del agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu, que es el objetivo principal de la presente investigación, se realizaron análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos en seis puntos de muestreo en el cauce de las quebradas para calcular el ICA; luego he determinado los impactos potenciales que generan el deterioro de la calidad del agua y he determinado el índice de contaminación poblacional (IPC).

De los análisis respectivos de las muestras de agua que se presentan en la (**Tabla 5**), se ha determinado que los valores ICA en los seis puntos de muestreo (**Tabla 6**) están dentro del rango de regular, cuyos valores son de 51 a 70, correspondiéndole un color amarillo en la clasificación propuesta por Brown, siendo el ICA de menor valor las muestras 1 y 2 de la cuenca alta, esto como respuesta que aquí se encontraron los valores más altos de coliformes totales producto de que en esta parte de la cuenca está asentada la mayor población con un aproximado de 553 habitantes, y con 196,69 has de café y 150,40 has., de cultivos diversificados; en la cuenca media, los valores aumentan ligeramente en la muestra 1 y 2, esto como resultado que la muestra 1 recibe los aportes de caudal de la microcuenca Mishquiyacu, donde hay mayor cantidad de bosque primario y la población es menor. Así mismo presenta menor cantidad de cultivos de café 13,55 has., y 31,79 has. de cultivos diversificados y una población de 92 habitantes, y respecto a la cuenca baja, presenta valores ICA más altos respecto a las demás muestras, sobre todo en la muestra 2 por tener aportes de la quebrada Mishquiyacu; además, en esta área se encuentra la menor población asentada. Respecto a la muestra 2 de esta parte de la microcuenca el ICA es menor debido a los aportes elevados del parámetro coliformes termotolerantes 540 NMP/100mL., debido a que esta zona es atravesada por la carretera Moyobamba Japelacio, y hay un badén que es utilizado como lavadero de vehículos y además es paso obligado al camino de herradura al centro poblado San Andrés.

De los nueve parámetros ICA en los seis puntos de muestreo a lo largo de las microcuencas, solo los parámetros coliformes fecales y turbidez están dentro de la categoría **A2**, de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) de aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado, los siete restantes están dentro de



la categoría **A1**, de aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, DS N° 004 – 2017 MINAM.

Respecto a los impactos potenciales que generan el deterioro en la calidad de agua, utilicé el modelo presión estado respuesta, (**Tabla 11**), se determinó que la ocupación del territorio en las microcuencas de Rumiycu y Mishquiycu por 120 familias, 657 habitantes aproximadamente originaron cambios en los usos del suelo causando impactos significativos en un 60,06 % del territorio, lo que influyó en forma negativa en la calidad del agua. Esto concuerda con lo descrito por Plamondon *et al.* (1991), (citado por Cardona, 2003) quienes manifiestan que cuando se realizan cambios del uso del suelo más allá de un 33% en una cuenca, es de esperarse modificaciones significativas en la calidad del agua.

Así mismo Mejía (2005) menciona que las actividades económicas que se realizan generalmente en las cuencas, principalmente el cultivo de café y la ganadería, tienen un alto impacto en las partes altas de las cuencas. La consecuencia de estas actividades son principalmente el vertido de las aguas mieles sobre los ríos, panorama muy común en el área rural, donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad, por parte de la población, de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano.

Del mismo modo, la acción antrópica deforestó el 60,06 % del área boscosa de la microcuenca, provocando pérdida de la biodiversidad que habitaba en ella, causando severos impactos. Esto coincide con lo que menciona FAO (2017), donde da cuenta que: El balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal, la sobre explotación de los acuíferos y el drenaje de cuerpos de aguas naturales. De la presente investigación se determinó que la mayor contracción de bosque primario está en la cuenca media y baja, ocupando mayor área la zona de Mishquiycu con 18,84 % y el 13,17 % en el área de Rumiycu. Al respecto Cardona (2003) manifiesta que el bosque primario contribuye al mantenimiento y mejoramiento de la calidad del agua.

En lo que respecta al índice de contaminación poblacional, se determinó que el índice más alto está en la cuenca alta con 3,96 de ICP, debido a que en esta área se concentra la mayor cantidad de personas 552 y reporta la mayor área deforestada y en

la que se desarrolla más agricultura tiene más áreas de café 196,69 has., y 150,40 has. de cultivos diversificados, así como la crianza de ganado y animales domésticos. Esta es la razón por la que el parámetro coliformes totales tiene el valor más alto 16 000 NMP/100mL. Esto coincide con lo mencionado por Brooks *et al.* (1991), quien manifiesta que la ganadería reviste importancia para la calidad del agua, ya que generalmente las áreas de pastos tienden a ser ubicadas en lugares húmedos junto a cursos de agua o sobre terrenos escarpados, así, contaminantes provenientes de estas áreas pueden ser lavadas con facilidad y rapidez hacia aguas superficiales influyendo en su calidad. Del mismo modo, Ongley (1997) indica que la agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el principal factor de degradación de estos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química.

Respecto a la cuenca media, reportó un ICP de 0,52, esto como resultado de que en esta área está la mayor área de bosque primario 18,84 % del área de la cuenca y tiene muy poca área de cultivo y solo un aproximado de 92 personas que viven en forma permanente; en cambio, en la cuenca baja presenta una ICP de 1,66 mayor que la cuenca media, ya que su densidad poblacional es mayor, y además la contaminación se ve incrementada porque en esta parte de la microcuenca la quebrada atraviesa la carretera que une Moyobamba Jepelacio, donde existe un badén por el cual transitan los vehículos; además, es un punto obligado para ir por un camino de herradura hacia el centro poblado de San Andrés y a diferentes partes de la microcuenca donde están las chacras de los agricultores, los mismos que se movilizan en acémilas en las cuales transportan sus insumos y sus alimentos. Esto se refleja en el parámetro coliformes termotolerantes con 540 NMP/100 mL, lo que lo ubica en el rango de la categoría **A2**, de aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua potable, que señala para este tipo de muestras de agua hasta con 2 000 NMP/100 mL DS N° 004 – 2017 MINAM.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Existe relación entre el uso del territorio y la calidad del agua en la microcuenca de Rumiyacu y Mishquiycu, con lo que se determina que presenta un deterioro significativo de la calidad del agua, que la ocupación del territorio en un 60,06 %, por 657 personas aproximadamente, y el uso actual del suelo influye negativamente y que el bosque primario influye positivamente en la calidad del agua.
- El agua de las quebradas de Rumiyacu y Mishquiycu, en sus seis puntos de muestreo presentan un mismo Índice de Calidad de Agua (ICA) en la categoría **regular**, de los nueve parámetros analizados, los que influyeron negativamente en la determinación de la calidad fueron: Los coliformes termotolerantes, que alcanzó 540 NMP/100mL; la turbidez con 27, 97 NTU y según la calificación de referencia del ICA, esta agua puede ser utilizada para uso agrícola, pero para consumo humano requiere de un tratamiento de potabilización.
- Los impactos potenciales que generan el deterioro de la calidad del agua de las microcuencas son: La ocupación del territorio por 120 familias que cuentan solo con certificado de posesión, de las cuales 35 viven en forma permanente, el resto viven en los centros poblados de San Vicente y San Andrés; la población aproximada es de 657 personas que ocupan 469,35 has., representando el 60,06 % del área total, siendo el cultivo de café la principal actividad económica con una área de 210,24 has, que genera el arrojado de aguas mieles sin ningún tratamiento en época de cosecha causando contaminación del suelo, agua, daños al bosque y disminución del caudal.
- El índice de contaminación poblacional ICP varía en los tres puntos de las microcuencas; la cuenca alta presenta el más alto índice de contaminación con un valor de 3,96 por concentrar la mayor población. Además reporta el más alto grado de área deforestada y donde predomina el cultivo de café con 196,69 has, 150 has de cultivos diversificados y 68,17 has de pastos; asimismo, los desechos de animales domésticos ocasionan elevados índices de erosión, que se manifiestan en los altos índices de turbidez y contaminación bacteriológica del agua.

## **CAPITULO VI: RECOMENDACIONES**

Implementar proyectos de educación ambiental de mediano y largo plazo que generen una mayor conciencia ambiental entre la población asentada en las microcuencas y que redunde en la recuperación y mantenimiento de estas áreas de conservación, por ejemplo a cargo del área de manejo ambiental del PEAM.

Realizar proyectos técnicos de reforestación en áreas degradadas y en las fajas marginales de las microcuencas con especies nativas, con la finalidad de recuperar el bosque y evitar la erosión dirigida por el GORESAM, ARA, PEAM, MPM, EPS. Moyobamba y los sectores involucrados.

Impulsar estudios más profundos de calidad de agua para evaluar concentraciones de pesticidas y otros contaminantes en diferentes épocas del año, dadas la importancia de esta captación que abastece a la ciudad de Moyobamba por parte de la UNSM-T.

Realizar monitoreo de muestras de agua en lugares cercanos a predios agrícolas, donde se puede identificar escorrentía y contaminación puntual del agua que puede ser considerada crítica.

Promover y fortalecer el proceso de integración entre los actores involucrados, fomentando proyectos de conservación en favor de las microcuencas manejados y monitoreados por el Comité Gestor de los Servicios Ecosistémicos de las microcuencas Rumiyacu y Mishquiycu.

## CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA:

Aguirre Royuela, M. (S.F.). *Los sistemas de Indicadores Ambientales y su papel en la Información e integración del medio ambiental.*

Recuperado de:  
[http://www.coria.org/ecal/recursos/..%5Carchivos%5Csistemas%20de%20indicadores % 20 ambientales.pdf](http://www.coria.org/ecal/recursos/..%5Carchivos%5Csistemas%20de%20indicadores%20ambientales.pdf)

Aspajo Hidalgo, F. (2005). Tesis: *Propuesta de Plan Maestro del área de Conservación Municipal Rumiayacu Mishquiyacu.* Universidad Nacional de San Martín-T, Moyobamba.

Awang, H., Daud, Z., Hatta, MZM. (2005). *Hydrology Properties and Water Quality Assessment of the Sembrong Dam, Johor, Malaysia. Procedia - Soc Behav Sci.* 195:2868-73

Barcellos, C. (2001). *Identificação de vulnerabilidades do sistema de abastecimento de água no rio de Janeiro usando SIG. In Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental (27, 2001, Rio de Janeiro, Brasil).* Memorias, Rio de Janeiro, Brasil. ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental)-CEPIS-OPS. s.p.

Biocuenas (2014). *La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en el Alto Mayo.* Ficha informativa PNUD. Recuperado de:  
[http://www.conservation.org/global/peru/biocuenas/Documents/Ficha\\_gestion\\_RH\\_espanol.pdf](http://www.conservation.org/global/peru/biocuenas/Documents/Ficha_gestion_RH_espanol.pdf).

Blacutt Mendoza Mario, (2013). *El Desarrollo Local Complementario.* Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013/1252/uso-suelo-territorio.html>

Braden, J.B. Lovejoy, S.B. (1990). *Agriculture and water quality; international perspectives.* Colorado, USA, Lynne Rienners. 224 p.

- Brooks, KN; Ffolliott, PF; Gregersen, HM; Thames, J, L. (1991). *Hidrology and the management of watersheds*. Primera edición. Iowa, USA. Iowa State University Press/Ames. 392 p.
- Câmara, G. (2000). "*Como mentir.com mapas (sem o saber...)*". Infogeo, São Paulo 15(3): 16, jul/ago.
- Cardona, Alex (2003) *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad Honduras, Turrialba, Costa Rica*.
- Carrillo C. Alan & Villalobos A. Rogelio (2010). Tesis: *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua (ICA) de los ríos Tecolutla y Cazonas, en el período marzo. Dic-2010* Universidad Veracruzana.
- CATIE (1996). (Centro Tropical de Investigación y Enseñanza) Curso Corto: *Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales*. Ed. J Faustino. Managua, NI. Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales. Unidad Técnica de Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- CEPAL (2001). *Red de cooperación en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos para el desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe*.
- CIDH (Centro Independiente para el Desarrollo de Honduras). (1999). Memoria del seminario taller: *perspectivas para la implementación de organismos de cuencas*. Recuperado de: [http://rsd.org.hn/forestal/calidad\\_de\\_vida/cuencas/cortes.shtml](http://rsd.org.hn/forestal/calidad_de_vida/cuencas/cortes.shtml)
- Clausen, JC; Guillard, K; Sigmund, CM; Martin, K. (2000). *Water quality changes from riparian buffer restoration in Connecticut*. *Journal Environment Quality*, 29:1751-1761.

Córdoba Núñez, A. (2002). *Calidad de agua y su relación con los usos actuales de suelo en la subcuenca del río Jucuapa Matagalpa, Nicaragua*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE 120 p.

Cheng, JD; Lin, LL; Lu, HS. (2002). *Influence of forests on water from headwater watersheds in Taiwan*. *Forest Ecology and Management*, 165:11-28.

Dourojeanni A, Jouraviev A, (2002). *Evolución de Políticas Hídricas en América Latina y el Caribe*, Publicación de la Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Echarri, L. (1998). *Libro electrónico: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. TEMA11 Contaminación del agua*. Ed. Teide. Recuperado de <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.ht>

EPS-Moyobamba, (2015) *Informe Técnico Ejecutivo - SUNAS – Agosto 2015*.

FAO, (1992), *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas*. Guía FAO- Conservación.

FAO, (1993) *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Colección FAO agricultura N° 26. Roma 1993.

FAO, (1999). *¿Qué es la agricultura orgánica?* (Internet). Recuperado de: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>

FAO, (2000). *Contaminación: a través de la agricultura*. (Internet). Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s01.htm>

FAO, (2008). *La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales*. Recuperado de: <http://www.fao.org/climatechange/3032907fbeat2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>

FAO, (2017). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe* Recuperado de <http://www.fao.org/americas/perspectivas/suelo-agua/es/>

- Fattorelli, S; Civardi, E; Nardin, D (1996). *Curso desarrollo y gestión de cuencas hidrográficas Roma, IT, Instituto Italo-Latinoamericano Cuadernos IILA. Serie Cooperación N° 6.557p.*
- Faustino, J. (1997). *Agua: Recurso estratégico en el futuro de América Central – Revista Forestal Centroamericana. N° 18: 6-12*
- Faustino, J. (1986). *Criterios para la clasificación de los problemas y soluciones en la conservación de suelos y aguas. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1986. 60 p.*
- Fernández, N., Ramírez, A., Solano, F. (2003). *“Índices fisicoquímicos de calidad del agua, un estudio comparativo, conferencia internacional, usos múltiples del agua: para la vida y el desarrollo sostenible” Universidad del Valle – Ciénaga. Colombia.*
- Fernández, N. & Solano, F. (2005). *Índices de Calidad de Agua e Índices de Contaminación. Universidad de Pamplona, Colombia, 310 p.*
- Fonocuenca, (2011). *Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el manejo de la Cuenca y Prevención de Desastres Naturales) Microcuenca del Río La Soledad: Diagnóstico y Línea base Valle de Ángeles, F.M. Honduras. 54 p.*
- García, L. A. (1998). *Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe (Washington, D. C. USA). Banco Interamericano de Desarrollo.*
- García, Q. Tamara (2012). Tesis: *Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile. Universidad de Chile p.14.*
- GWP (1996). Global Water Partnership *Asociación Mundial para el Agua*  
Recuperado de: <http://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/quien/GWP/>



- Global Water Partnership (GWP). (2000). *Manejo integrado de recursos hídricos*. Stockholm, Suecia, SE, GWP. 76 p.
- GWP, (2003). *GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)*. Asociación peruana del agua. Perú.
- Hernández Sampieri Roberto (2010). *Metodología de la Investigación*, Editorial McGraw – Hill, Interamericana de México, S.A.
- Ibañez E. Gabriela (2012). Tesis. “*Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la subcuenca del Río San Pablo, en el Cantón La María, Prov. De Cotopaxi*”. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- INEI (2007). *Censos Nacionales XI de población y VI de vivienda*. Recuperado de: [www.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/](http://www.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/)
- Jiménez, M. & Vélez, M. V. (2007). “*Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial*”. Revista avances en los recursos hidráulicos, Vol 14, pp. 53, 69.
- Jiménez F. (2008). Curso de maestría: *Manejo de Cuencas Hidrográficas. I* Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 66 pp.
- Lacey, ST. (2000). *Runoff and sediment attenuation by undisturbed and lightly disturbed forest buffers*. *Water, Air, and Soil Pollution*, pp.122:121-138.
- Malina, J.F. (1996). *Water quality*. in. Mays, L. eds. *Water resources Handbook*. USA. McGraw-Hill. p. 8.38.49.
- Mann, H.T.; Willianson, D. (1986). *Water treatment and sanitation; Simple methods for rural areas*. 2 ed. London England, Publication intermediate technology. 90 p.
- Margalef, R. (1991). *Teoría De Los Sistemas Ecológicos*. Ed. Barcelona. 184 pp.

- Martínez Rodríguez, L.A. (2002). *Estudio de contaminación del río La Laja, Jalisco 1996-1998*. Tesis de grado. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Cs. Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara, Jalisco.
- Mejía Clara, Mario René (2005). Tesis: *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. CATIE.
- Mendoza, M. (1996). *Impactos de la tierra la calidad del agua de la microcuenca río Sábalo, cuenca del río San Juan. Turrialba, CR*, CATIE. 81.p.
- Ministerio del Ambiente (2010). *Compensación por servicios ecosistémicos: Guía de monitoreo de impactos*. Las microcuencas Mishiquiyacu, Rumiyacu y Almendra de San Martín, Perú.
- MINAM, (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Decreto Supremo N° 004 – MINAM.
- Ministerio de Salud, (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, DS N° 031-2010-SA.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (S/F), *Servicio nacional de Estudio Territoriales*, Pág., 1-2.
- Ministerio de Medioambiente (2004). *Guía Para La Elaboración De Estudios Del Medio Físico, Contenido Y Metodología*. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, Centro de Publicaciones. p.343
- Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. (1991). *Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo*. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200p.
- Moncada, J. (1999). *Monitoreo, colección y manejo de muestras*. Zamorano,

Honduras. 7 p.

Moreno, D y Renner, I. (2007). *Gestión Integral de Cuencas, Experiencia del Proyecto Regional, GTZ.*

National Sanitation Foundation (NSF) (2006) *water quality index*. Recuperado de:  
[http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi\\_nsf.html](http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html)

ONERN – *Mapa de Suelos ArcGis* (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos)  
Recuperado de:  
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=8eb6a604e5b042bfb41e6373699d205>

Ongley, E.D. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Roma, Italia. EstudioFAO Riego y Drenaje 55, 1997. 116 p.

Organización Mundial para la salud (OPS) (1993). *Consideraciones sobre el programa ambiental y salud en el Instituto Centroamericano* San José, CR.50p.

OMS (Organización Mundial de la Salud) (1998). *Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad*. Segunda edición. Volumen 3. OMS, Ginebra, 1998., 255 p.

Organización Mundial de la Salud, OMS (2017). Agua, saneamiento e higiene.  
Recuperado de:  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/water-quality/es](http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/es)

Orozco, C., Pérez, A. Gonzales, M.N., Rodríguez, F., Alfayate, J, (2005).  
“*Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*”. Tercera edición,  
Thompson editoriales Spain Paraninfo, S.A.

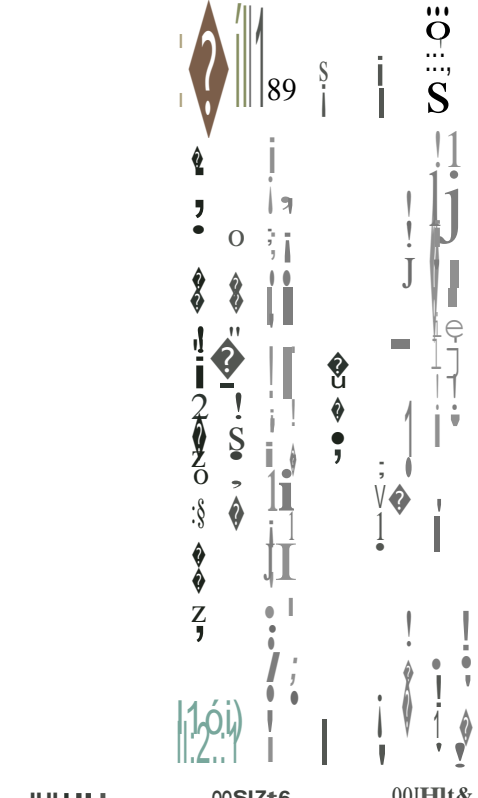
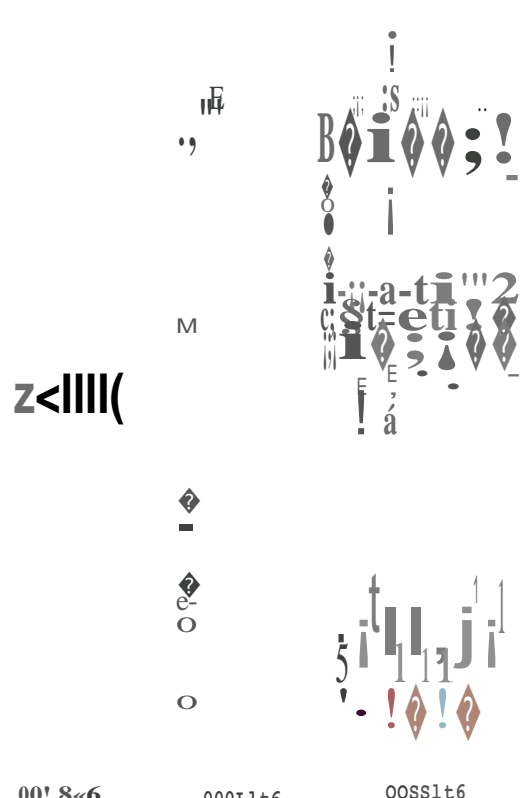
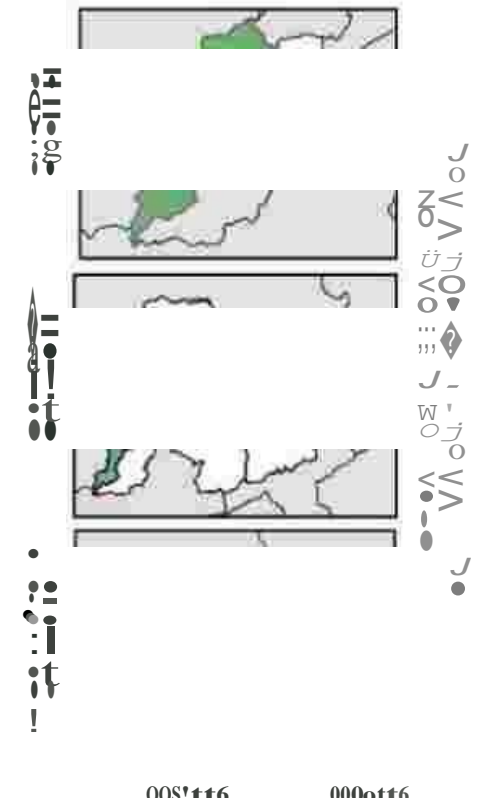
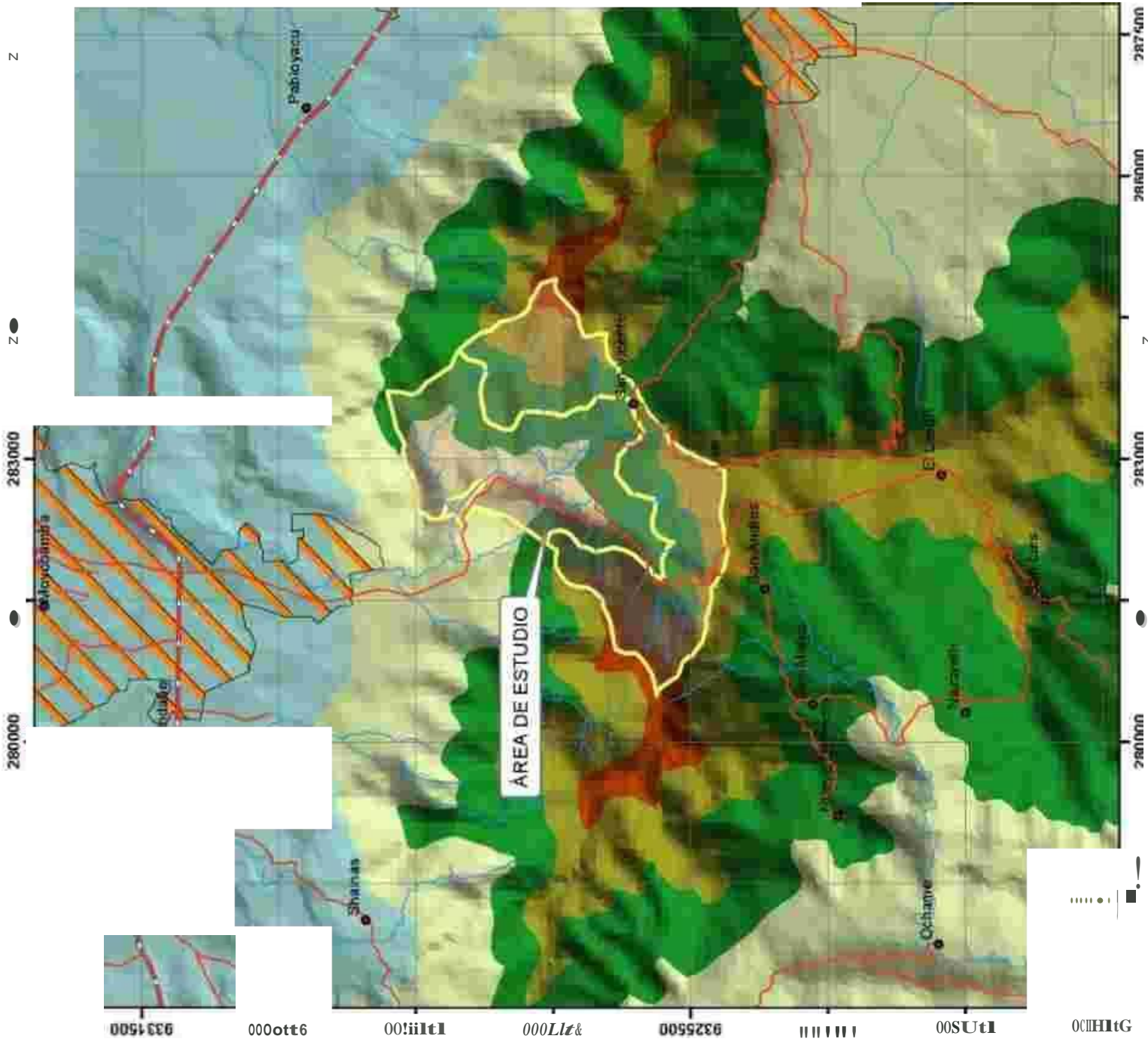
Ott., WR. (1981). *Environmental indices: theory and practice*. Ann Arbor Science Publishers Inc, Michigan, USA. 1989. 300 p.

- PEAM (2008). *Recuperación de los servicios ecosistémicos en las microcuencas Mishquiyacu, Rumiycu, Almendra- Moyobamba*. GORESAM.
- Plamondon, AP; Ruiz, RA; Morales, CM; González, MC. (1991). *Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Perú)*. *Forest Ecology and Management*, 38:227-238.
- Radulovich, R. (1997). *Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina*. Revista Forestal Centroamericana.
- Reolon L. (2010). *Programa de formación Iberoamericano en materia de aguas, área temática 3.3. Calidad de las aguas*. Buenos Aires Argentina.
- Romero Rojas Jaro. (2002). *“Calidad del Agua”*. Primera edición. Editorial; Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.
- Sandia, L.A; Cabeza, M; Arandia, J; Bianchi, G. (1999). *Riesgos sobre la salud asociados a las actividades agrícolas: un caso de estudio de la geografía rural*. *Revista Geográfica Venezolana*, 40(2):281-295
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007). *Índice de calidad de agua ICA*. Recuperado: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2016) Recuperado de: [www.senamhi.com.pe](http://www.senamhi.com.pe)
- Sierra Ramírez, Carlos (2011). *Calidad del agua – Evaluación y Diagnóstico*. 1° Edic. Universidad de Medellín. Pp.47, 69.
- Singh, RP. (1989). *Hydrological response of coniferous forest in temperate region of Himachal Pradesh*. *Indian Forester*, 115(5):310-319.
- Soares, D, Nuño, M.R. (2008). *La gestión de los recursos hídricos*. Universidad de Guadalajara, 380 p.

- Teves Aguirre, B. (2016). *Tesis, Estudio físico químico de la calidad de agua del rio Caca Región Lima* - Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado.
- Truman, C; Wauchope, RD; Sumner, HR, Davies, JG; Gascho. GJ, Hook, JE; Johnson, AW. (2001). *Journal of Soil and Water Conservation*, 56 (3):249-256.
- UNA. Universidad Nacional de Costa Rica (2008). *Seminario Enfoques y Aprendizaje en el manejo y la gestión de cuencas hidrográficas*.
- UNESCO, (2003). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Primera Edición, Paris Francia WWAP. Recuperado de:  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001494/149406s.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (2015). *La calidad del agua y su control* [Internet]. [cited 2015 Oct 5]. Available from: Recuperado de  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/C/Capitulo\\_7/Pages/calidad\\_agua.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/C/Capitulo_7/Pages/calidad_agua.htm)
- Van der Zaag, P. (2006). *Introducción a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos UNESCO-IIIE*. Institute For Water Education. Wageningen, Holanda. 6-11pp.
- Vásquez V. Absalón, (2000). *Manejo de cuencas altoandinas*. Tomo I, Edit. FIMART S.A.C. Lima – Perú.
- Wagner, 1996, Shillings y Libra, (2000). *Contaminación causas y efectos México*, D.F. Edición Garnika 424 p.
- Wienhold, BJ; Hendrickson, JR, Karn, JF. (2001). *Pasture management influences on soil properties in the northern Great Plains*. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(1):27-31

Zhao, SL; Gupta, SC; Huggins, DR; Moncrief, JF. (2001). *Tillage and nutrient source effects on surface and subsurface water quality at corn planting*. Journal Environment of Quality, 30:998-1008.

## **A N E X O S**



00S!tt6

000ott6

00!8<6

000Llt6

00SSlt6

|||||

00SIZt6

00IHlt&

Z

Z

283000

280000

0331500

000ott6

00!ii!t1

000Llt&

0325500

|||||

000Utl

00IHltG

287500

285000

282500

280000

277500

275000

272500

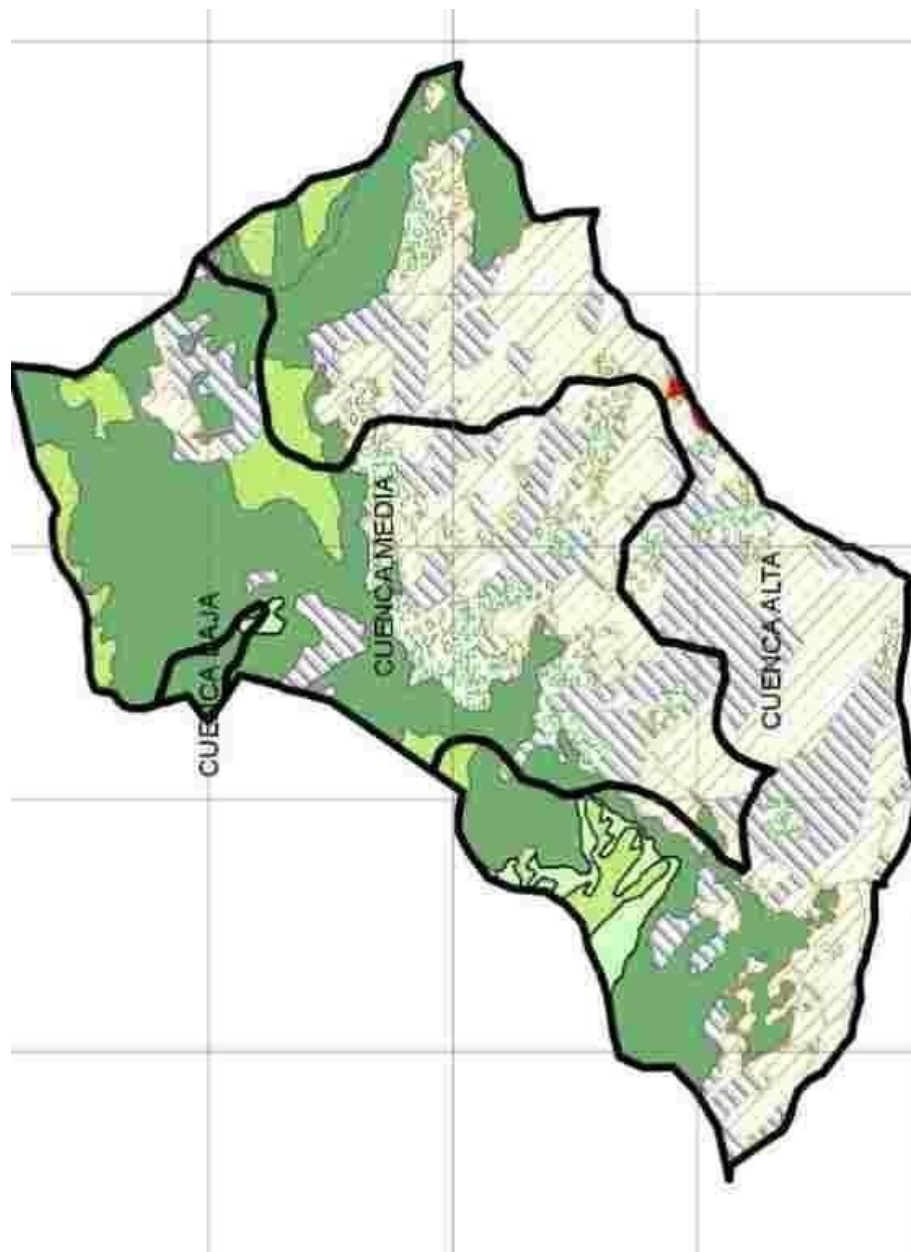
270000



285000

z 000

00



**LEYENDA**

- Cuenca Alta-Media-Baja
- Bosque Primario
- Bosque Secundario
- Zona de Cafetales
- Zona de Cultivo Diversificado
- Zona de Pastos
- Zona de Varillales del Altomayo
- Zona Urbana

SISTEMA DE PROYECCION

Datum Horizontal	WGS-84
Datum Vertical	Nivel medio del mar
Esferoide	WGS-84
Proyección	UTM
UTM Zone	18-Sur
Intervalo	1 Km.

DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

PROVINCIA DE MOYOBAMBA

DISTRITO DE MOYOBAMBA



**MAPA USO ACTUAL RUMIYACU-MISHQUIYACU**



0 0.8 1.6 2.4 Km

0001176

ZONA	AREA m2	AREA Hts
BOSQUE PRIMARIO	2432120.874	247.2120874
BOSQUE SECUNDARIO	182429.2821	21.48292821
ZONA DE CAFETALES	2092422.718	209.2422718
ZONA DE CULTIVO DIVERSIFICADO	1780177.584	178.0177584
ZONA DE PASTOS	760143.4702	76.01434702
ZONA DE VARILLALES DEL ALTOMAYO	486181.4305	48.61814305
ZONA URBANA	9528.852602	0.95288526
<b>TOTAL</b>	<b>7742504.211</b>	<b>781.4904211</b>

9326000

000Szt6

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - ESCUELA DE POST-GRADO**

Uno del territorio y la calidad del agua, en las microcuencas Rumiycacu y Mishquiayacu, para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2017

FECHA: AÑO 2017

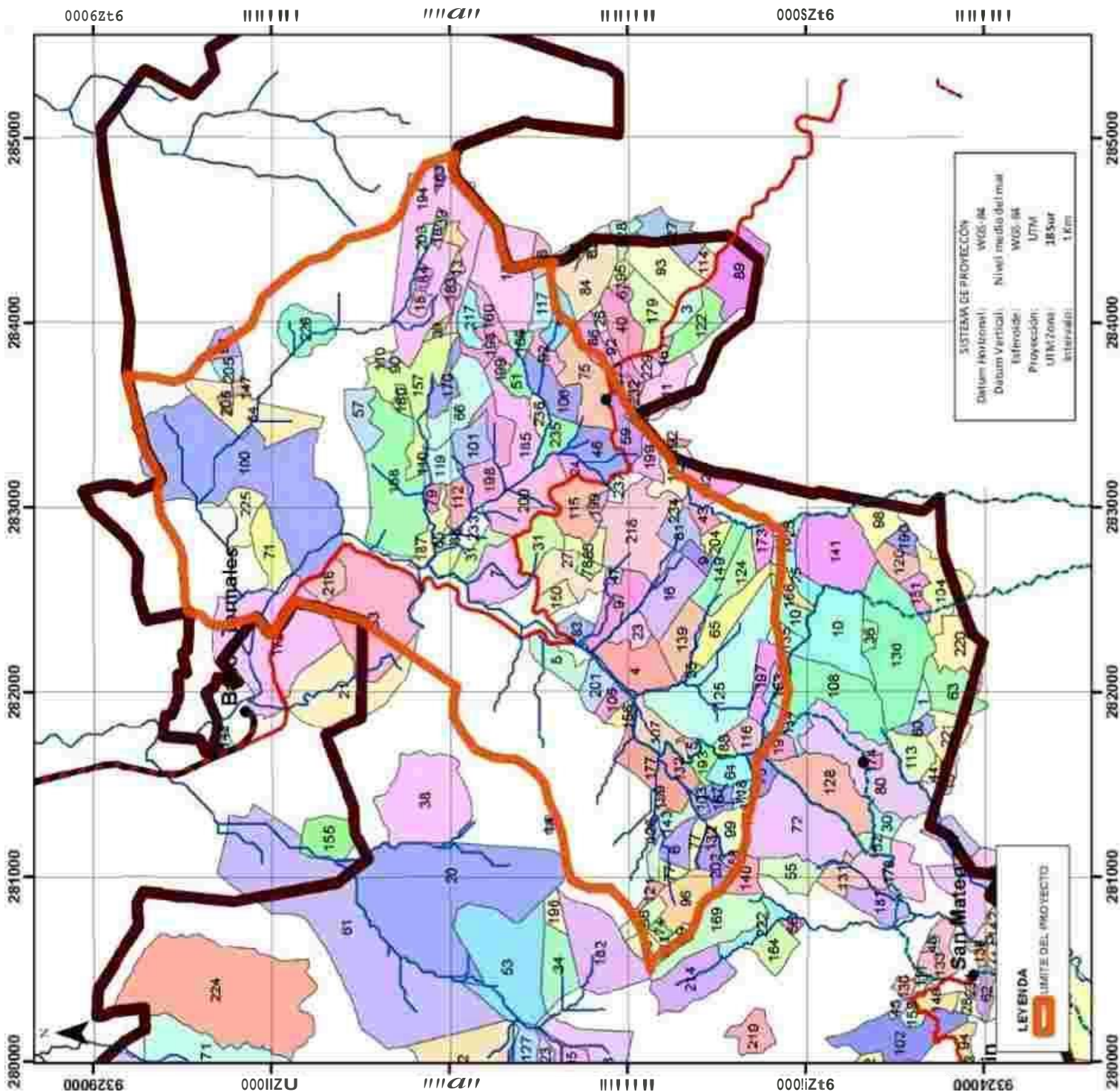
ESCALA: 1:30.000

LAMINA: MUA-01

MAPA: USO ACTUAL

DISTRITO: MOYOBAMBA	PROVINCIA: MOYOBAMBA	DEPARTAMENTO: SAN MARTIN
RESPONSABLE: MARGOS A. AYALA DIAZ		
Fuente: ZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN - 2005		





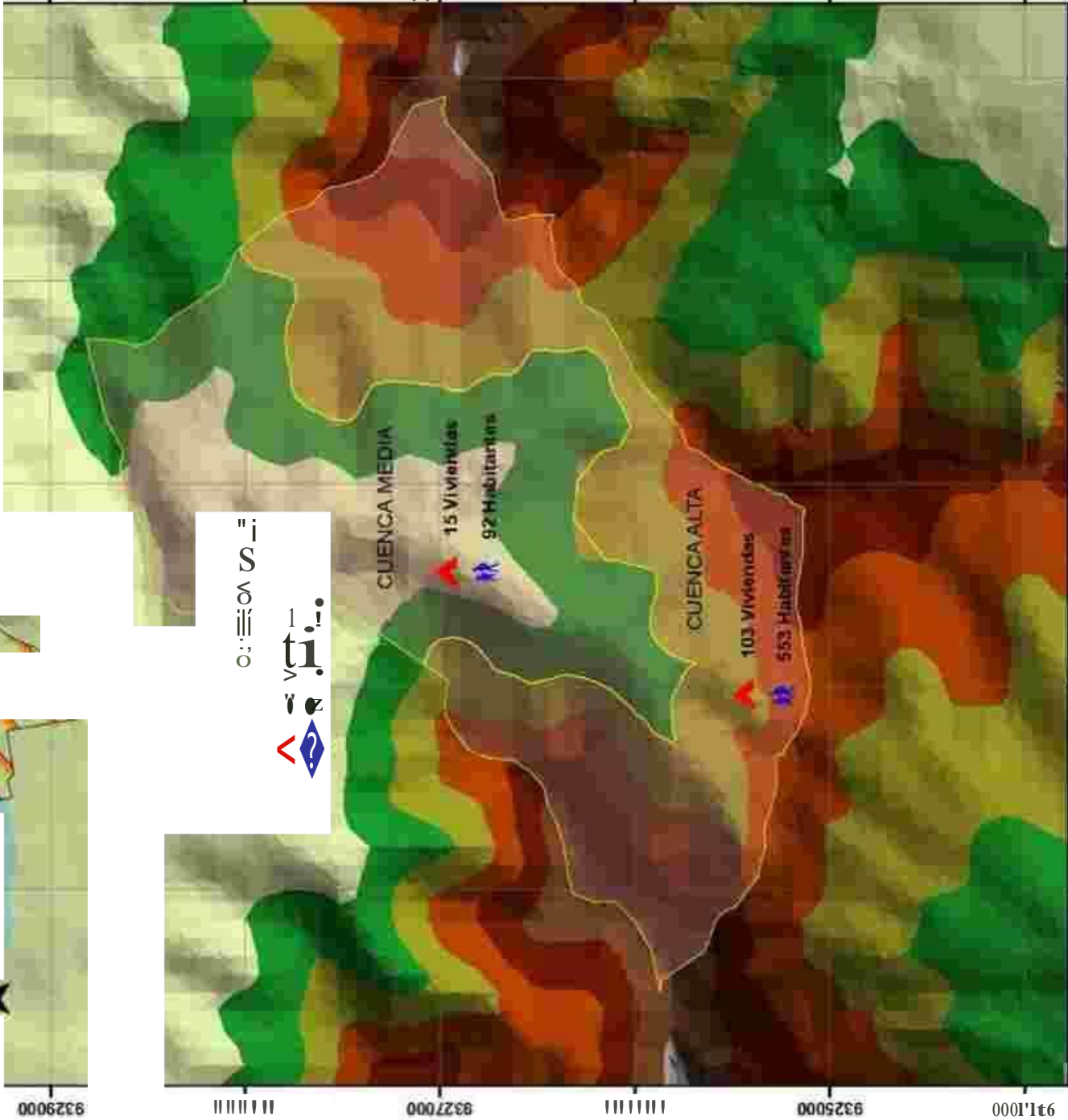
NO	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER
1	AMBI TIERRA AMBA	1	AMBI TIERRA AMBA	1
2	AMBI TIERRA AMBA	2	AMBI TIERRA AMBA	2
3	AMBI TIERRA AMBA	3	AMBI TIERRA AMBA	3
4	AMBI TIERRA AMBA	4	AMBI TIERRA AMBA	4
5	AMBI TIERRA AMBA	5	AMBI TIERRA AMBA	5
6	AMBI TIERRA AMBA	6	AMBI TIERRA AMBA	6
7	AMBI TIERRA AMBA	7	AMBI TIERRA AMBA	7
8	AMBI TIERRA AMBA	8	AMBI TIERRA AMBA	8
9	AMBI TIERRA AMBA	9	AMBI TIERRA AMBA	9
10	AMBI TIERRA AMBA	10	AMBI TIERRA AMBA	10
11	AMBI TIERRA AMBA	11	AMBI TIERRA AMBA	11
12	AMBI TIERRA AMBA	12	AMBI TIERRA AMBA	12
13	AMBI TIERRA AMBA	13	AMBI TIERRA AMBA	13
14	AMBI TIERRA AMBA	14	AMBI TIERRA AMBA	14
15	AMBI TIERRA AMBA	15	AMBI TIERRA AMBA	15
16	AMBI TIERRA AMBA	16	AMBI TIERRA AMBA	16
17	AMBI TIERRA AMBA	17	AMBI TIERRA AMBA	17
18	AMBI TIERRA AMBA	18	AMBI TIERRA AMBA	18
19	AMBI TIERRA AMBA	19	AMBI TIERRA AMBA	19
20	AMBI TIERRA AMBA	20	AMBI TIERRA AMBA	20
21	AMBI TIERRA AMBA	21	AMBI TIERRA AMBA	21
22	AMBI TIERRA AMBA	22	AMBI TIERRA AMBA	22
23	AMBI TIERRA AMBA	23	AMBI TIERRA AMBA	23
24	AMBI TIERRA AMBA	24	AMBI TIERRA AMBA	24
25	AMBI TIERRA AMBA	25	AMBI TIERRA AMBA	25
26	AMBI TIERRA AMBA	26	AMBI TIERRA AMBA	26
27	AMBI TIERRA AMBA	27	AMBI TIERRA AMBA	27
28	AMBI TIERRA AMBA	28	AMBI TIERRA AMBA	28
29	AMBI TIERRA AMBA	29	AMBI TIERRA AMBA	29
30	AMBI TIERRA AMBA	30	AMBI TIERRA AMBA	30

N  
 0 1  
 - - -  
 - · - · -  
 - - -

281000

832900

0



C.I.  
 Z.O. UN

CUENCA MEDIA

15 Viviendas  
 92 Habitantes

CUENCA ALTA

103 Viviendas  
 553 Habitantes

000000

000000

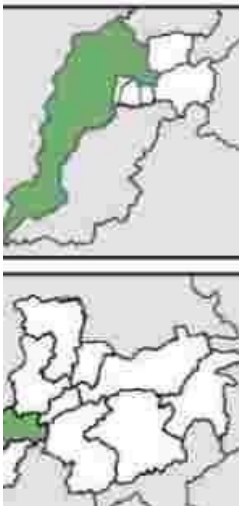
000000

000000

000000

000000

PROVINCIA DE MOYOAMBAMBA



C.I.  
 Z.O. UN



000000

C.I.  
 Z.O. UN

SISTEMA DE PROYECCION

Datum Horizontal: WGS-84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar  
 Esferoidal: WGS-84  
 Proyección: UTM  
 UTM Zona: 18 Sur  
 Intercalado: 1 Km

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

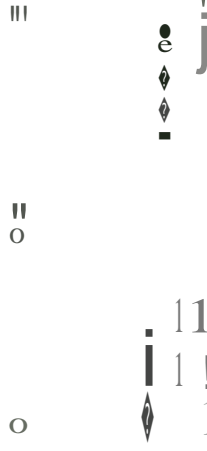
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-T**  
**ESCUELA DE POST-GRADO**

Fecha: 9 de mayo 2017  
 para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Muyoambamba 2017

MAPA:	DENSIDAD POBLACIONAL	ESCALA:	1:30.000
DISTRITO:	MOYOAMBAMBA	DEPARTAMENTO:	SAN MARTIN
RESPONSABLE:	ZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DES	DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN:	2005
MARCELOS A. AYALA DIAZ		LAMINA:	MD-01

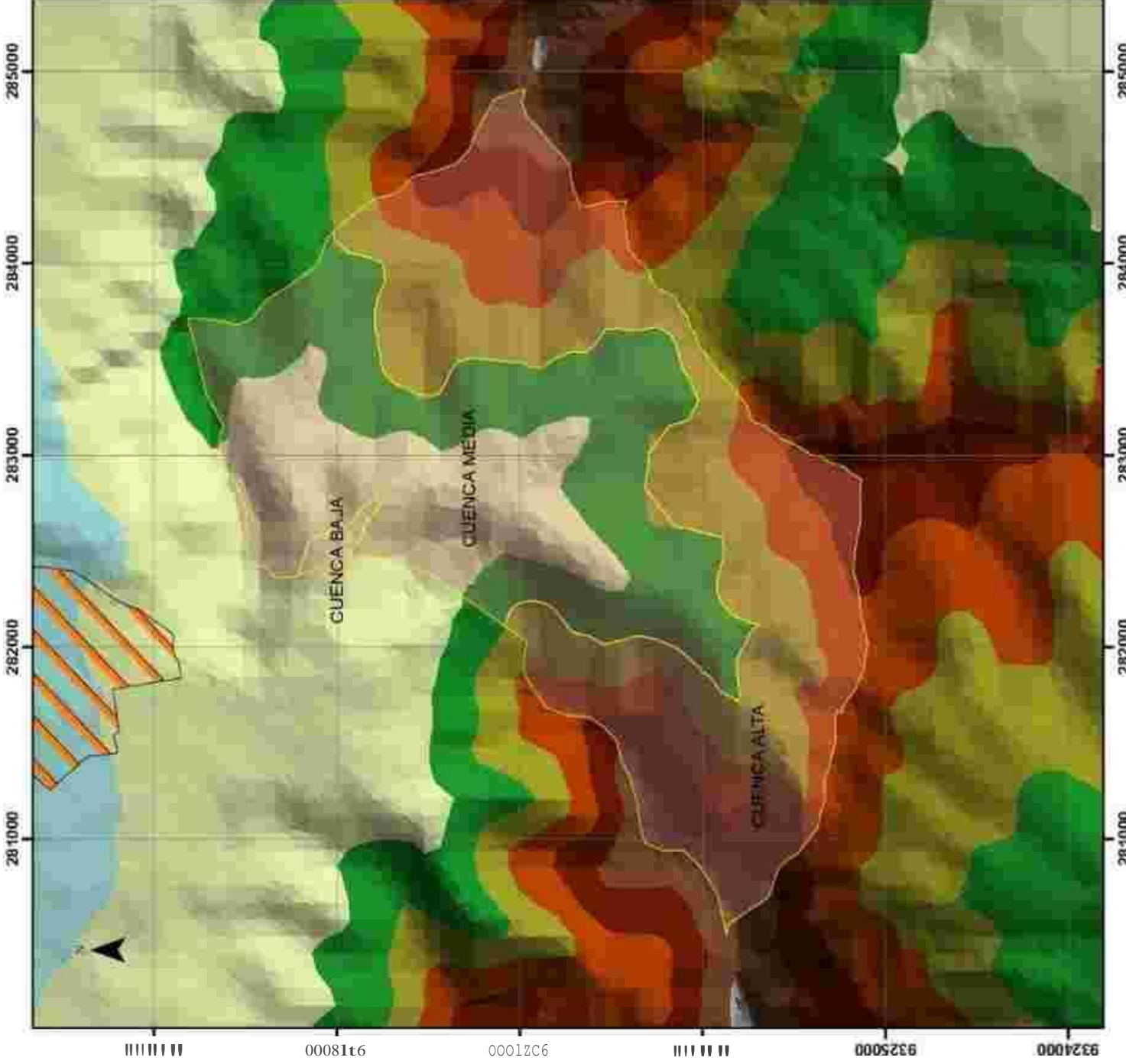
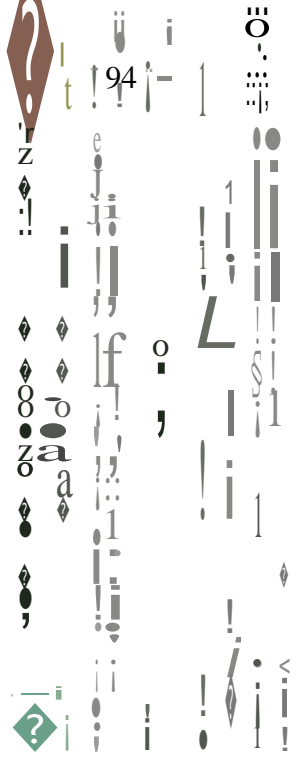


MAPA DE ALTITUD  
RUMIYACU-MISHQUIYACU



SISTEMA DE PROYECCIÓN

Datum Horizontal:	WGS-84
Datum Vertical:	Nivel medio del mar
Esferoide:	WGS-84
Proyección:	UTM
UTM Zona:	18 Sur
Intervalo:	1 km



**Tabla 14***Métodos analíticos y equipos utilizados en laboratorio.*

PARÁMETROS	MÉTODO	EQUIPO	
		UTILIZADO	NORMA
<b>PARÁMETROS IN SITU</b>			
pH	Potenciométrico	pH-metro	
Temperatura	Medida de la Temperatura	Termómetro portátil	
<b>PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS y BIOLÓGICOS</b>			
Sólidos totales	Gravimétrico	Balanza-bureta	APHA 2540 B
Turbidez	Espectrofotométrico	Espectrofotómetro	APHA 2130 B
Oxígeno Disuelto	Potenciométrico	Oxímetro	APHA 4500-O
Nitratos Fosfatos	Espectrofotométrico	Espectrofotómetro	HACH DR 2802
Demanda	Espectrofotométrico	Espectrofotómetro	
Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Respirométrico	Sistema Oxitop	APHA 2510 B
Coliformes Totales	Standard Total		APHA 9221 B

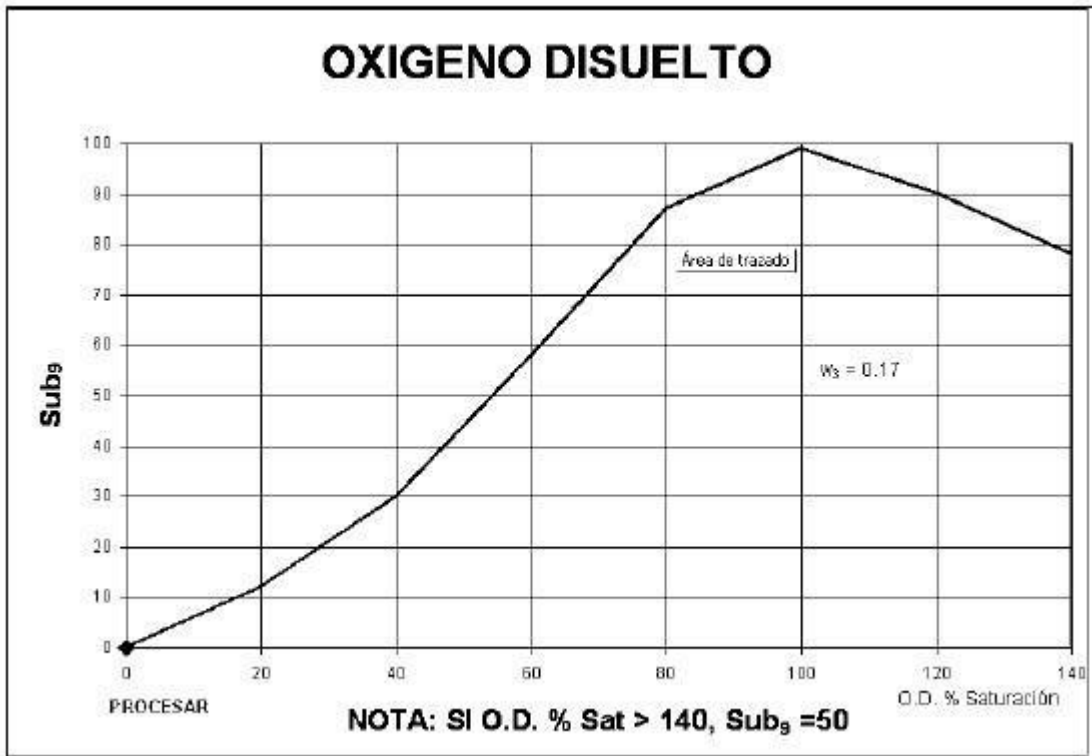
**Fuente.** Ficha de resultados de laboratorio Regional del agua INACAL-DA

Tabla 15

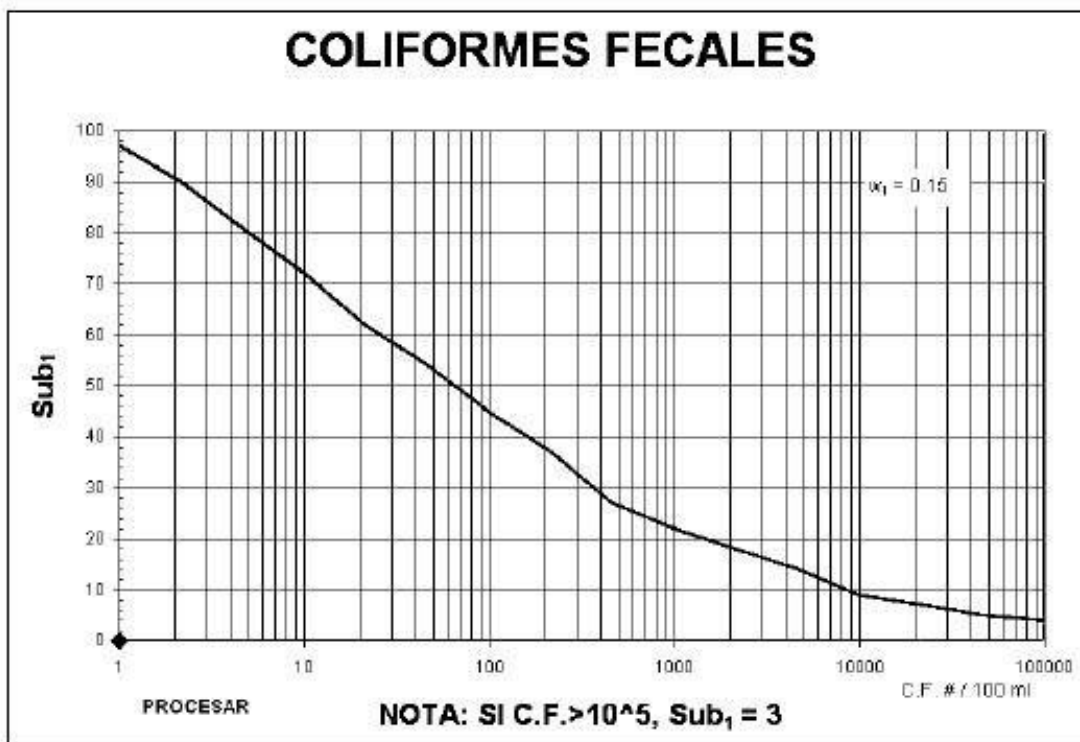
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) DS N° 004 – 2017 -  
MINAM

Sub categoría A :		Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			
Item	PARAMETRO	UNIDAD De Medida	A1	A2	A3
			Aguas que Pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Avanzado	
01	Turbiedad	UNT	5	100	**
02	pH	Potencial de Hidrógeno	6,5 – 8,5	5,5 - 9	5,5 - 9
03	Conductividad	µS/cm	1 500	1 600	**
04	Temperatura	° C	Δ3	Δ3	**
05	Solidos Totales Disueltos	mg/L	1 000	1 000	1 500
06	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
07	Sulfatos	mg/L	250	500	**
08	Nitratos	mg/L	50	50	50
09	Cloruros	mg/L	250	250	250
10	Aluminio	mg/L	0,9	5	5
11	Hierro	mg/L	0,3	1	5
12	Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
13	Dureza Total	mg/L	500	**	**
14	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
15	Sodio	mg/L			
16	Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
17	Cobre	mg/L mg/L	2	2	2
18	Zinc	NMP/100mL	3	5	5
19	Coliformes Totales	NMP/100mL	50	**	**
20	Coliformes Termotolerantes		20	2 000	20 000
21	Fósforo Total	mg/L	0.1	0.15	0.15

Fuente. LMP - MINAM

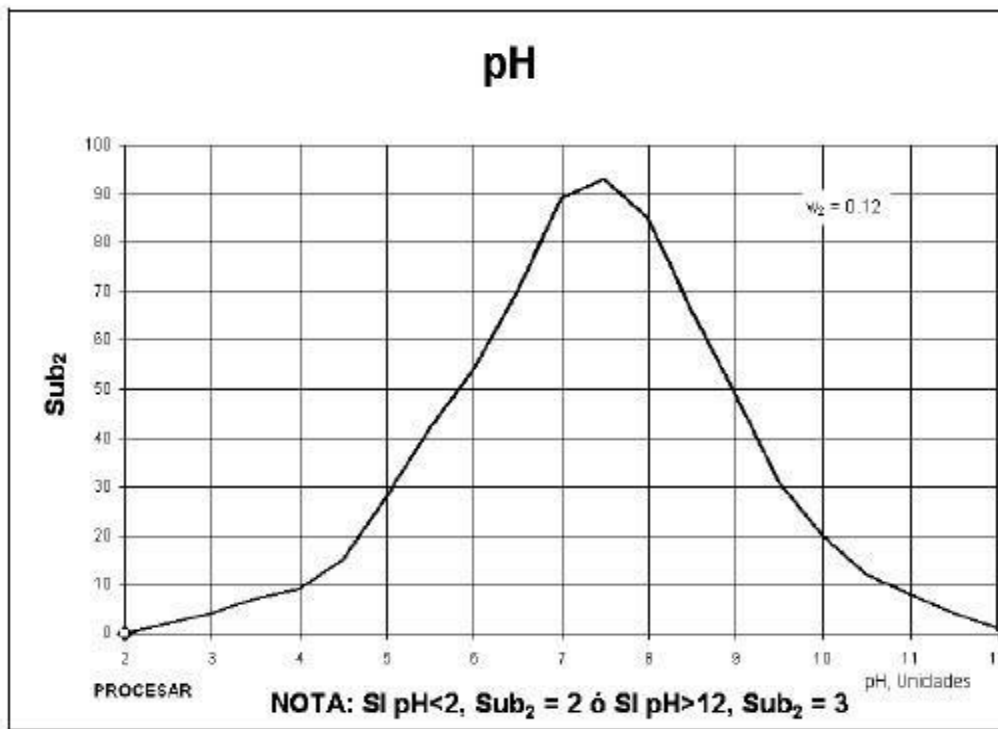


**Figura 31.** Valoración de la calidad del agua, en función del % de saturación oxígeno disuelto  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007).

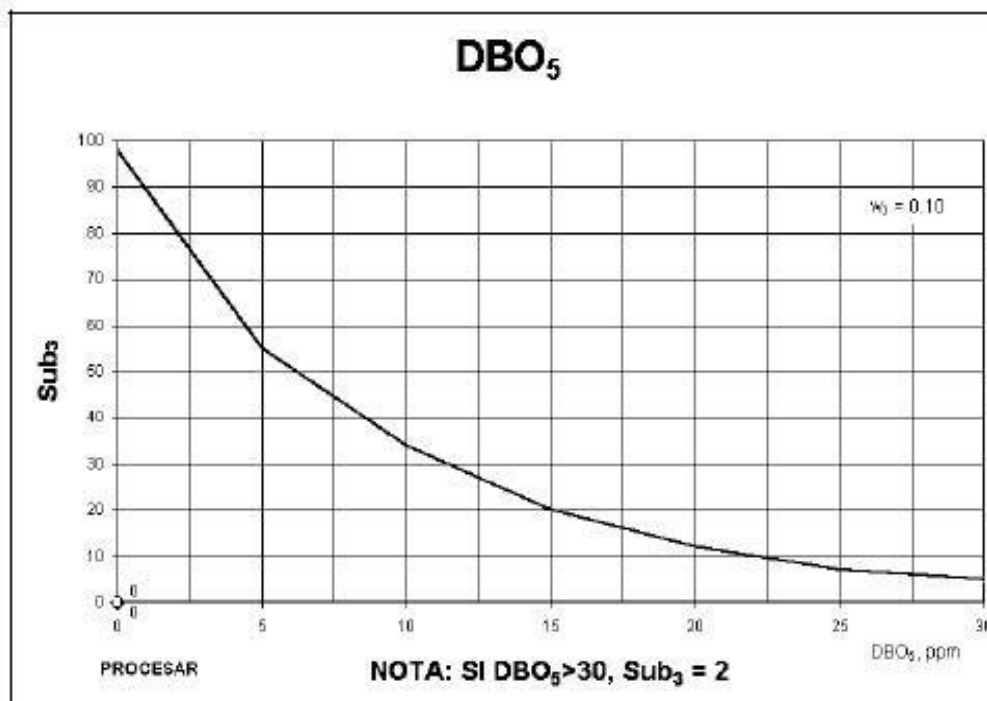


**Figura 32.** Valoración de la calidad del agua, en función de coliformes Fecales  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)

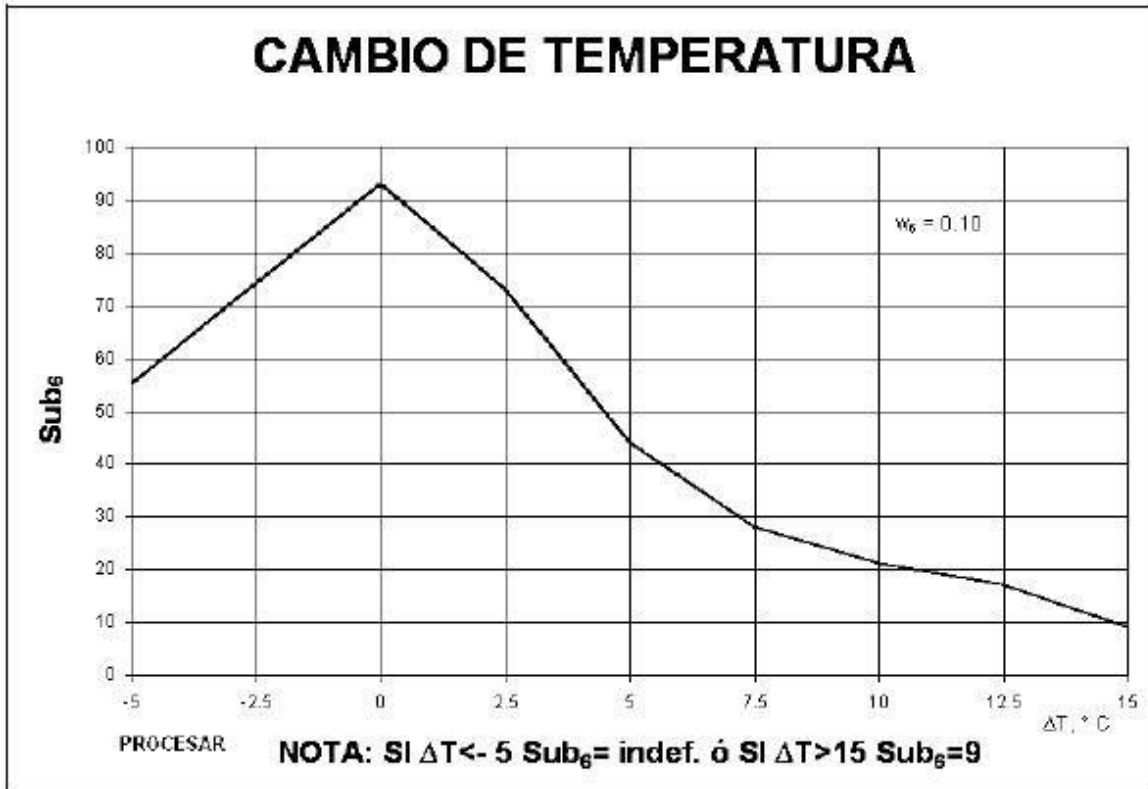




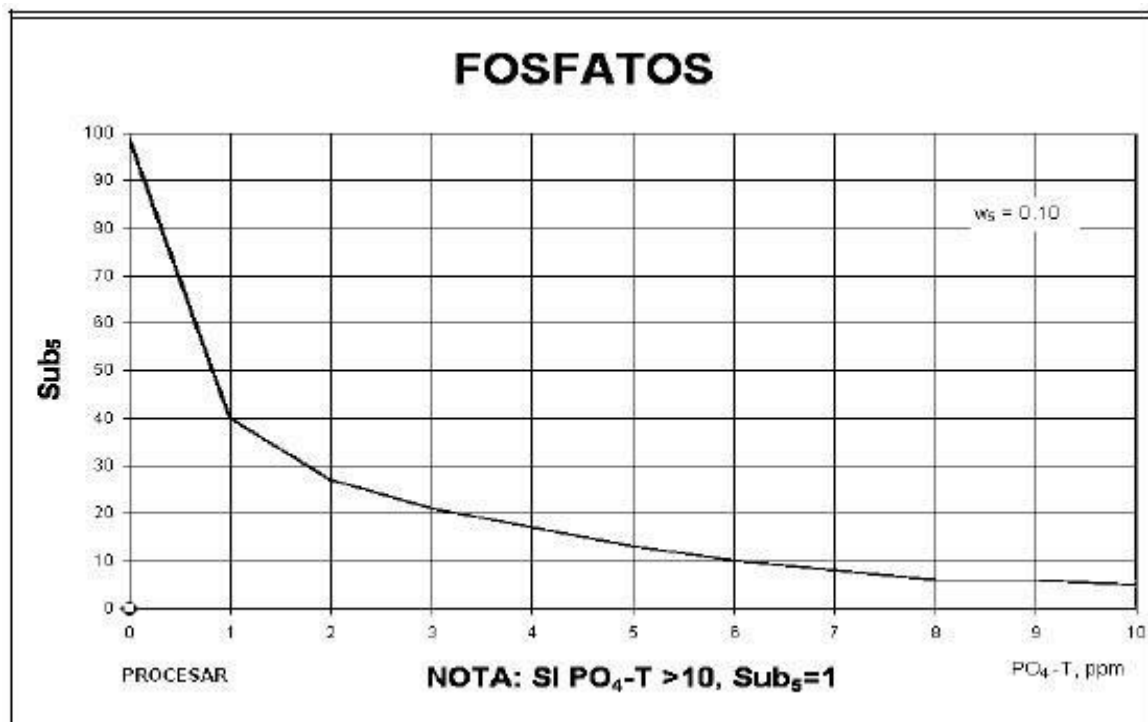
**Figura 33.** Valoración de la calidad del agua en función del pH  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)



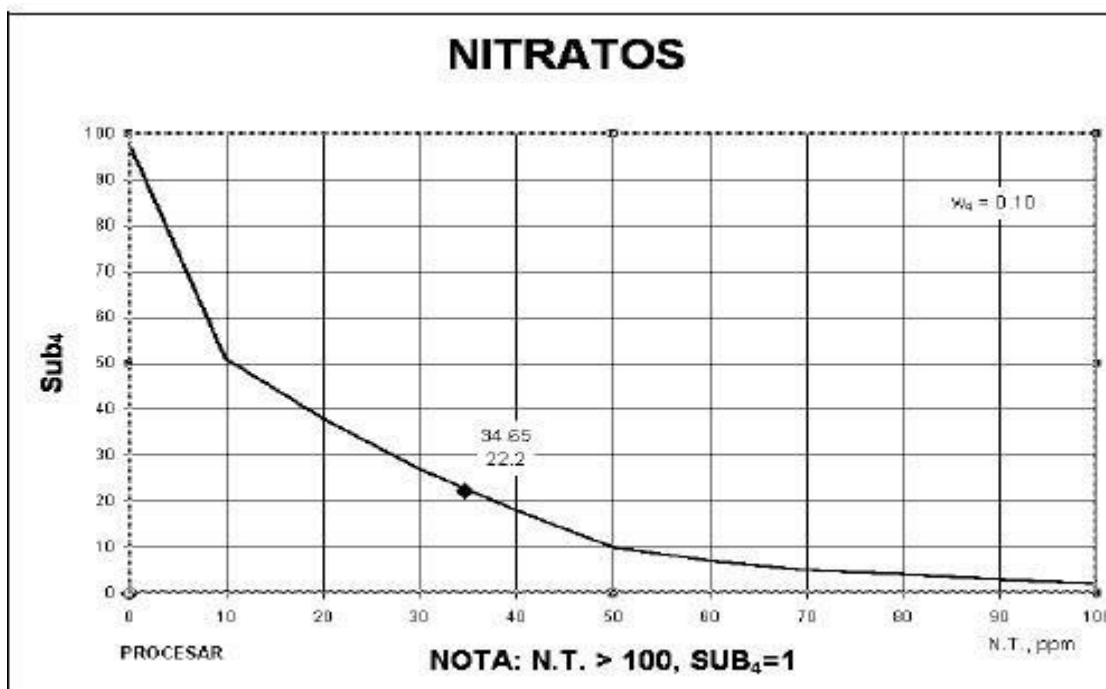
**Figura 34.** Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007).



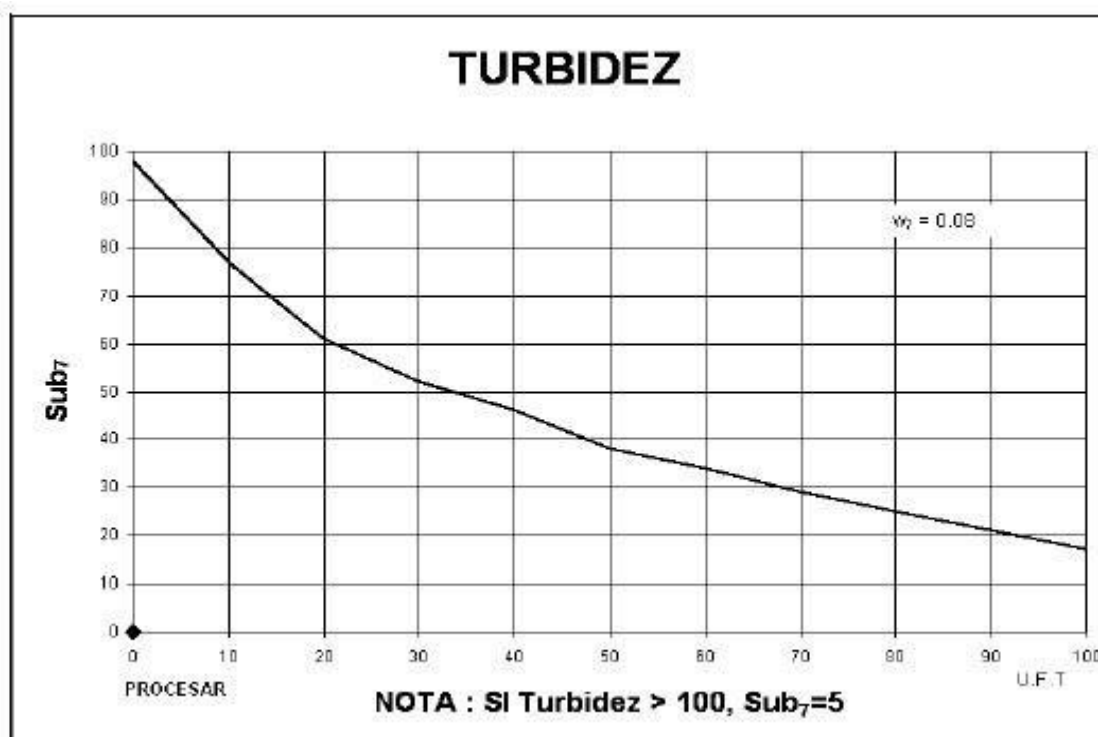
**Figura 35.** Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)



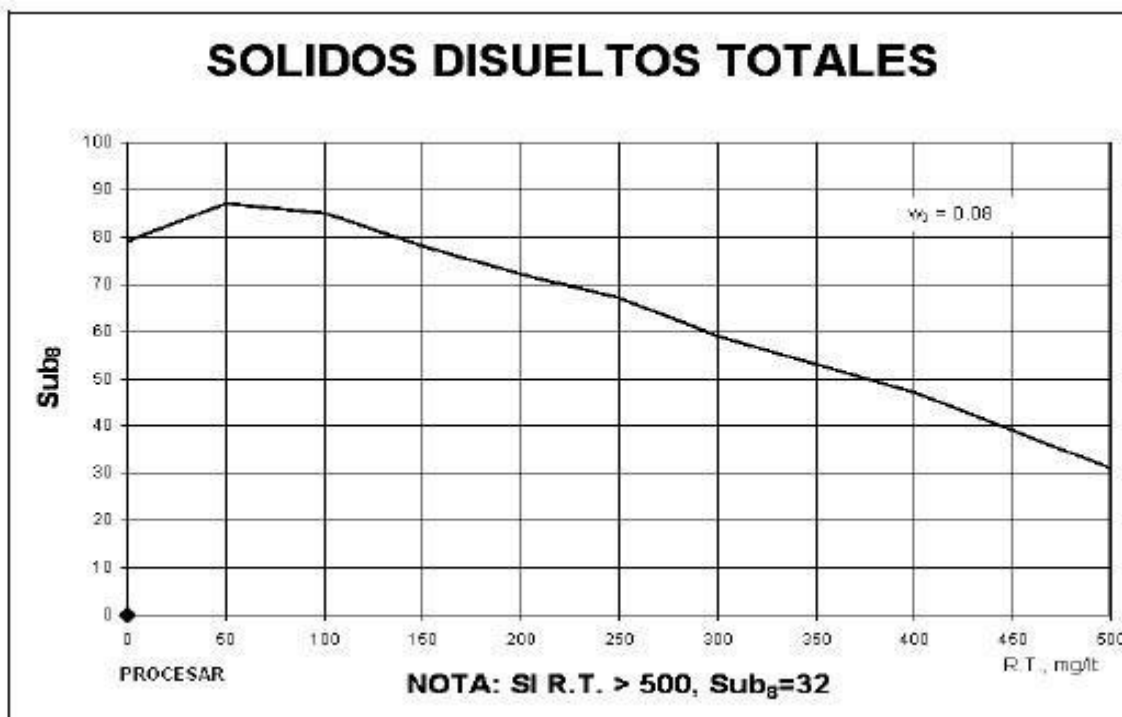
**Figura 36.** Valoración de la calidad del agua en función del fósforo  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)



**Figura 37.** Valoración de la calidad del agua, en función del nitrógeno  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)



**Figura 38.** Valoración de la calidad del agua, en función de la turbidez  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)



**Figura 39.** Valoración de la calidad del agua, en función de los sólidos totales disueltos  
**Fuente.** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2007)

**Tabla 16**

*Cálculo ICA muestra 1 cuenca alta*

CALCULO ICA Cuenca Alta Muestra N° 1						
		Temperatura ambiente		22,2 °C		
		Temperatura del Agua		20,9 °C		
			Cuenca alta Muestra 1	Valor de Q	Factor de Ponderación	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	0
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	350	31	0,15	4,65
2	pH	Unidades	7,9	86	0,12	10,32
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	8,474	54	0,1	5,4
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	1,3	83	0,1	8,3
7	Turbidez	NTU	22,37	58	0,08	4,64
8	Solidos totales disueltos	mg/L	201,3	72	0,08	5,76
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,15	5	0,17	0,85
<b>CALCULO ICA</b>						<b>59,52</b>

**Fuente.** Elaboración del autor.

**Tabla 17**

*Cálculo ICA muestra 2 cuenca alta*

CALCULO ICA Cuenca Alta Muestra N° 2						
Temperatura ambiente 21,9 °C						
Temperatura del Agua 20,7 °C						
			Cuenca alta Muestra 2	Valor de Q	Factor de revisión	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	460	28	0,15	4,2
2	pH	Unidades	7,8	88	0,12	10,56
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	9,806	52	0,1	5,2
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	1,2	88	0,1	8,8
7	Turbidez	NTU	20,62	61	0,08	4,88
8	Solidos totales disueltos	mg/L	205,3	71	0,08	5,68
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,32	6	0,17	1,02
<b>CALCULO ICA</b>						<b>59,94</b>

Fuente. Elaboración del autor.

**Tabla 18**

*Cálculo ICA muestra 1 cuenca media*

CALCULO ICA Cuenca Media Muestra N° 1						
Temperatura ambiente 21,1 °C						
Temperatura del Agua 20,9 °C						
			Cuenca media muestra 1	Valor de Q	Factor de revisión	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	0
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	70	51	0,15	7,65
2	pH	Unidades	8,02	84	0,12	10,08
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	9,126	53	0,1	5,3
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	0,2	92	0,1	9,2
7	Turbidez	NTU	25,27	57	0,08	4,56
8	Solidos totales disueltos	mg/L	221	69	0,08	5,52
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,45	6	0,17	1,02
<b>CALCULO ICA</b>						<b>62,93</b>

Fuente. Elaboración del autor.

**Tabla 19**

*Cálculo ICA muestra 2 cuenca media*

CALCULO ICA Cuenca Media Muestra N° 2						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Temperatura ambiente 22,6 °C						
Temperatura del Agua 21,5 °C						
			Cuenca media muestra 2	Valor de Q	Factor de revisión	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	0
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	460	31	0,15	4,65
2	pH	Unidades	8	84	0,12	10,08
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	9,031	54	0,1	5,4
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	1,1	86	0,1	8,6
7	Turbidez	NTU	25,97	56	0,08	4,48
8	Sólidos totales disueltos	mg/L	161	78	0,08	6,24
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,46	5,5	0,17	0,935
	<b>CALCULO ICA</b>					<b>59,985</b>

Fuente. Elaboración del autor.

**Tabla 20**

*Cálculo ICA muestra 1 cuenca baja*

CALCULO ICA Cuenca Baja Muestra N° 1						
Temperatura ambiente 23,5 °C						
Temperatura del Agua 21,7 °C						
			Cuenca baja muestra 1	Valor de Q	Factor de revisión	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	0
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	540	26	0,15	3,9
2	pH	Unidades	7,96	86	0,12	10,32
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	9,332	58	0,1	5,8
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	1,8	87	0,1	8,7
7	Turbidez	NTU	22,52	60	0,08	4,8
8	Sólidos totales disueltos	mg/L	178,7	75	0,08	6
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,41	5	0,17	0,85
	<b>CALCULO ICA</b>					<b>59,97</b>

Fuente. Elaboración del autor.

**Tabla 21**

*Cálculo ICA muestra 2 cuenca baja*

CALCULO ICA Cuenca Baja Muestra N° 2						
Temperatura ambiente 23,1 °C						

Temperatura del Agua 21,9 °C						
			Cuenca baja muestra 2	Valor de Q	Factor de revisión	ICA
i	Parámetro Sub <sub>i</sub>	Unidades			W <sub>i</sub>	0
1	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	220	62	0,15	9,3
2	pH	Unidades	7,93	85,5	0,12	10,26
3	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0	98	0,1	9,8
4	Nitratos	mg/L	7,61	66	0,1	6,6
5	Fosfatos	mg/L	0	98	0,1	9,8
6	Temperatura	Cambio °C	1,2	87,5	0,1	8,75
7	Turbidez	NTU	23,02	59	0,08	4,72
8	Sólidos totales disueltos	mg/L	174,7	75,5	0,08	6,04
9	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,44	5,3	0,17	0,901
	<b>CALCULO ICA</b>					<b>66,171</b>

Fuente. Elaboración del autor.

**Tabla 22**  
*Formato de encuestas realizada*

ENCUESTA APLICADA A LOS POBLADORES ASENTADOS EN LA MICROCUENCAS RUMIYACU y MISHQUIYACU									
Formato de Recolección de Datos de Campo									
<b>A. ENFOQUE SOCIAL - ECONÓMICO</b>									
<b>I. DATOS DEL LUGAR</b>					FECHA DE VISITA: ...../...../.....				
Nombre del CC.PP.					Tipo de vivienda: Continua: (.....)				
Distrito					Dispersa: (.....)				
Provincia									
Fundación									
Por que se llama así?									
<b>DATOS DEL ENCUESTADO</b>									
Nombre: _____					Nivel de educación				
D.N.I. _____ Edad _____					inicial ( )				
Vive permanentemente en el lugar Si ( ) No ( )					primaria completa ( )				
Donde vive: .....					primaria incomplet. ( )				
Procedencia: .....					secundaria compl. ( )				
Vive permanentemente en el lugar o solamente					secundaria incom. ( )				
viene en épocas de campaña Si ( ) No ( )					superior ( )				
Número de personas que viven en su hogar:					no posee ( )				
Mujeres (.....) Varones (.....) Niños (.....)									
<b>II. AUTORIDAD LOCAL</b>					<b>V. INFRAESTRUCTURA</b>				
1.- Agente Municipal ( )					<b>1.- EDUCACIÓN</b>				
2.- Teniente Gobernador ( )					<b>GRADOS</b>				
3.- Presidente de Desarrollo Comunal ( )					<b>MATER. CONSTRUCCION</b>				
4.- Presidente de Ronda. ( )					I.E. Inicial				
4.- Juez de paz ( )					I.E. Primaria				
					I.E. Secundaria				
<b>III. ORGANIZACIÓN CENSAL</b>					Otro: Cegecon				
1. Comunidad Campesina ( )					Ninguno				
2. Comunidad Nativa ( )					<b>2.- SALUD</b>				
3. Anexo CC. PP ( )					<b>MATERIAL CONSTRUCCION</b>				
4. Municipalidad de centro poblado Menor ( )					Puesto de salud				
5. Otro: .....					Posta médica				
Resolución: Si ( ) No ( )					Centro de salud				
<b>IV. INSTITUCIONES QUE TRABAJAN EN EL CC.PP.</b>					Botiquín				
Publicas					Ninguno				
Privadas					<b>ACCESIB. AL LUGAR</b>				
					<b>CCPP más cercano:</b>				
					<b>Tipo de vía:</b>				
					1. C. Asfaltada ( )				
					2. C. Afirmada ( )				
					3. Trocha ( )				
					4. Camino de herradura ( )				
					5. Río ( )				
					Otro .....				
<b>VI. EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN SU HOGAR PROCEDE DE:</b>					<b>VII. EL TIPO DE ALUMBRADO QUE USA SU HOGAR ES:</b>				
1. Agua entubada ( )					1. Electricidad ( )				
2. Río ( )					3. Panel Solar ( )				
3. Pozo ( )					2. Generador ( )				
4. Otro .....					4. Otro ( )				
*Fuente de agua:					<b>VIII. SERVICIOS DE COMUNICACIÓN</b>				
*Distancia de la fuente de agua:					Telefonía fija ( )				
*Nº de usuarios:					Radio ( )				
*Caudal de la fuente de agua:					Teléfono celular ( )				
*Pago mensual:					Televisión ( )				
					Gilat ( )				
<b>X. ASPECTOS ECONÓMICOS.</b>					<b>IX. SERVICIOS HIGIÉNICOS QUE TIENE LA VIVIENDA ES:</b>				
					1. Letrina ( )				
					2. Pozo ciego ( )				
					3. Río ( )				
					4. No tiene ( )				
<b>¿ En que condiciones legales se encuentra su parcela o chacra?</b>					<b>SI</b>				
- Titulada					<b>NO</b>				
- No titulada									
- Posesión									
- Otro mencione									
<b>¿Qué Cultivos produce?</b>					<b>ÁREA</b>				
- Siembra Café					<b>Nº</b>				
- Siembra Cacao									
- Siembra Maiz									
- Cultiva productos de pan llevar, otros									
- Cría Ganado / Tipo									
- Tiene algún tipo de mascotas ( perro, gato, otros)									

**Fuente.** Elaboración del autor.

Continuación tabla 22



<b>B).- ENFOQUE AMBIENTAL</b>		
<b>¿ Que fuentes hidrologicas existen en su comunidad ?</b>		
<b>a) Quebrada</b>		
<b>b) Acequia</b>		
<b>c) Riachuelo</b> <span style="float: right;"><b>d) Otro.</b></span>		
<b>¿ Reciben algún apoyo en temas de conservación de las microcuencas ?</b>	SI	NO
- De que organizaciones .		
- De que organizaciones .		
- De que organizaciones .	SI	NO
- De que organizaciones .	SI	NO
- De que organizaciones .	SI	NO
- De que organizaciones .		
- De que organizaciones .		
<b>Conoce de algún Peligro, de origen natural o antrópico que ocurrió</b>		
<b>AÑO</b>		
- Inundaciones		
- Deslizamientos o huaycos		
- Temblores o terremotos		
- Vientos Fuertes		
- Incendios forestales		
- Sequía		
- De que organizaciones		
<b>Que beneficios aporta el bosque a su comunidad?</b>		
- Agua		
- Carne de monte		
- Orquideas		
- Madera		
-Otros		
<b>¿ Que es lo que mas preocupa en la comunidad?</b>		
- Disminución del agua	( )	
- Baja producción	( )	
- Cambio climático	( )	
- Perdida de suelo	( )	
- Disminución de animales silvestres	( )	
- Extinción de plantas nativas, orquídeas .		
- Otros .	( )	
<b>¿ Qué medidas urgente Ud. tomaría para solucionar este/os problemas?</b>		
- Organizarse.		
- Reforestar		
- Mencione otra alternativa		
- Existe bosque primario en su finca	SI	NO
<b>¿ Existen algunas fuentes puntuales de Contaminación?.</b>		
<b>SI</b> <span style="float: right;"><b>NO</b></span>		
<b>¿ Cómo maneja sus residuos sólidos?</b>		
- Los quema		
- Tiene algún tipo de relleno sanitario manual.		
- Hace compost		
- Otros. <span style="margin-left: 20px;">.Los bota a la chacra</span> <span style="margin-left: 20px;">.Los bota a la quebrada</span>		
<b>Residuos Peligrosos.</b>		
<b>SI</b> <span style="float: right;"><b>NO</b></span>		
- Usa pilas secas para su radio o algún otro artefacto.		
- Donde los deposita cuando se acaba la carga		
- Otros		
<b>Contaminación por Actividades Productivas.</b>		
<b>SI</b> <span style="float: right;"><b>NO</b></span>		
- Despulpa su café en su finca		
- Donde arroja las aguas mieles		
- Tiene algún tratamiento previo las aguas mieles.		
- Cría animales (Ganado- Equinos- Cerdos- Aves, otros)		
- Los corrales, están cerca de las fuentes de agua		
- Utiliza agroquímicos (Fertilizantes, Pesticidas u otros )		
- Algunos en especial (Especificar)		
- Si usa agroquímicos, que hace con los envases en que lugar los elimina o los bota		

**Tabla 23***Validación de encuesta.*

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0117025

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			P1 • 1	P1 • 2	P2 • 1	P2 • 2	P3 -1	P3 • 3
Código Laboratorio			0117025-01	0117025-02	0117025-03	0117025-04	0117025-05	0117025-06
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Cuenca Alta Rumi Yacu	Cuenca Alta Rumi Yacu	Cuenca media Rumi Yacu	Cuenca media Rumi Yacu	Cuenca Baja Rumi Yacu	Cuenca Baja Rumi Yacu
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.038	0.070	0.090	0.096	0.096	0.084	0.103
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.065	1.022	0.768	0.894	1.003	3.192	2.886
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.064	8.474	9.806	9.126	9.031	9.332	7.610
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.070	3.712	4.276	4.896	3.650	7.979	7.938
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Turbidez	NTU	0.09	22.37	20.62	25.27	25.97	22.52	23.02
(*) Sólidos Totales	mg/L	2.5	201.3	205.3	221.0	161.0	178.7	174.7
(*) Oxígeno Disuelto	mg/L	0.5	8.15	8.32	8.45	8.46	8.41	8.44
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	<LCM	<LCM	9.4	<LCM	<LCM	10.0

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
(*) Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	16 x 10 <sup>3</sup>	54 x 10 <sup>2</sup>	220	14 x 10 <sup>2</sup>	11 x 10 <sup>2</sup>	35 x 10 <sup>2</sup>
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	350	460	70	460	540	220



Cajamarca, 24 de Enero de 2017.

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nombres y apellidos del experto: ...

Cargo que desempeña: ...

Institución en la que trabaja el experto: ...

Nombre del instrumento: ENCUESTA SOCIOECONÓMICA- AMBIENTAL

Autor del instrumento: Bach. Marcos Aquiles Ayala Díaz

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

I. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los Items, están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades. acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los items del instrumento, permitirán recoger la información objetiva sobre la variable uso del territorio.					X
ACTUALIDAD	El instrumento recogerá información en campo, a la fecha de realizada la inversión.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento están diseados estructuralmente, de tal modo que la información recabada, sea la requerida para conocer lo concerniente a uso del territorio. en el lugar de la inversión.				X	
SUFICIENCIA	Los Items del instrumento, son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable a estudiar.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento, son coherentes con el tipo de Investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de investigación.					X
COHERENCIA	Los items del instrumento se relacionan con los indicadores de cada dimensión de la variable uso del territorio.				X	
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto, responden al propósito de la inversión.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los items concuerda con la escala valorativa y nombre del instrumento.					X
TOTAL						2 4 20

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

.....

PROMEDIO DE VALORACIÓN: ...

Moyobamba ...../.../...f.../...t...f.2016

FIRMA  
DNI: 0013Jf13.



**Figura 40.** Tomando datos de temperatura del agua.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 41.** Codificando las muestras.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



42. Muestras de agua para su análisis.  
Fuente. Fotografía tomada por el autor.



**Figura 43.** Acondicionando las muestras para su transporte  
Fuente. Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 44.** Agricultor, secando café, cultivo principal de las microcuencas.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 45.** Despulpado del café.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 46.** Cultivos diversificados en la microcuena.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 47.** Adicionando aditivos a las muestras, para los análisis bacteriológicos.  
**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 48.** Agricultores, transportando sus insumos y alimentos.

**Fuente.** Fotografía tomada por Raúl Saucedo Quispe.



**Figura 49.** Residuos sólidos domésticos generados en los domicilios.

**Fuente.** Fotografía tomada por el autor.





**Figura 50.** Crianza de animales domésticos, una de las principales actividades.  
**Fuente.** Fotografía tomada por el autor.



**Figura 51.** Letrinas instaladas en la mayoría de los hogares.  
**Fuente.** Fotografía tomada por el autor.



Figura 52. Badén, paso obligado al distrito de Jepelacio.  
**Fuente.** Fotografía tomada por el autor.



Figura 53. Comité Gestor de los servicios ecosistémicos  
**Fuente.** Fotografía tomada por el autor.