

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA ASUNCIÓN SALDAÑA  
TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

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

Presentado por:

**MANUEL LINARES GONZALES**

Tingo María – Perú

2013



## DEDICATORIA

A la Memoria de mi madre

Dina, Q.E.P.D

A mi papá, José Adán quien ha sido fuente de energía en mi vida, gracias por ser, el ejemplo que siempre me ha brindado.

A mi esposa e hijos: Dalia

Eneida, Juan Manuel por el apoyo brindado.

A mis hermanos: Javier, Roger, Lucy, Nemesio, Néstor, Wilder, Luis, Cesar, por su cariño y apoyo en los momentos difíciles.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis asesores: Ing. Ricardo Martin Chávez Asencio y al Msc. Edilberto Chuquilín Bustamante les agradezco la confianza, apoyo y dedicación de su tiempo.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Debo agradecer al Dr. Cesar Samuel Lopez Lopez, por las facilidades brindadas para llevar a cabo esta investigación.

Al Ing. Richar SiasRodriguez, técnico del Laboratorio de Microbiología General, por el apoyo y haber respondido a todas mis consultas, durante el proceso de elaboración de esta tesis.

A mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación.

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento

Y concluyo: gracias a mi familia, por su paciencia y comprensión durante las muchas horas que he estado ausente.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	<b>01</b>
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	<b>04</b>
2.1. Calidad del agua .....	<b>04</b>
2.2. Importancia del agua.....	<b>04</b>
2.3. Basura que se arroja a los ríos.....	<b>06</b>
2.4. Aspectos microbiológicos del agua.....	<b>08</b>
2.5. Desinfección.....	<b>09</b>
2.6. Aspectos químicos del agua.....	<b>10</b>
2.7. Sustancias contaminantes del agua.....	<b>12</b>
2.7.1. Microorganismos patógenos.....	<b>12</b>
2.7.1.1. Tiempo de supervivencia de los micro organismos patógenos.....	<b>14</b>
2.7.1.2 Bacterias que indican contaminación.....	<b>14</b>
2.7.2 Bacterias coliformes.....	<b>15</b>
2.7.3. Desechos orgánicos.....	<b>15</b>
2.7.4. Sustancias químicas inorgánicas.....	<b>16</b>
2.7.5. Nutrientes vegetales inorgánicos.....	<b>16</b>
2.7.6. Compuestos orgánicos.....	<b>16</b>
2.7.6.1 Oxígeno disuelto.....	<b>17</b>
2.7.7. Sedimentos y materiales suspendidos.....	<b>17</b>

2.7.8.Sustancias Radiactivas.....	18
2.7.9. Contaminación Térmica.....	18
2.8. Aforo de corrientes naturales.....	19
2.8.1. Método del flotador.....	19
2.9.Acidez del agua superficial.....	21
2.10. Problemática del agua.....	21
2. 11.Características sanitarias del agua potable.....	22
2.11.1. Purificación de agua, protección de las fuentes hídricas.....	22
2.11.2.Filtración.....	23
2.12. Límites permisibles de calidad del agua.....	23
2.12.1. Límites permisibles de características bacteriológicas.....	23
2.1.2.2. Límites permisibles de características químicas - biológicas.....	25
2.13. Antecedentes del sistema de agua potable.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Lugar de ejecución.....	27
3.1.1.Ubicación geográfica.....	27
3.2. Materiales.....	28
3.2.1. De campo.....	28
3.2.2. De colección y muestreo.....	28
3.2.3. De laboratorio.....	28
3.2.3.1. Materiales.....	28
3.2.3.2. Equipos.....	29
3.2.3.3. Insumos.....	29

3.3. Metodología.....	<b>29</b>
3.3.1. Colecta y almacenamiento de muestras.....	<b>29</b>
3.3.2. Parámetro físico.....	<b>30</b>
3.3.2.1. Aforos para determinar caudal.....	<b>30</b>
3.3.2.2. Determinación de los sólidos totales suspendidos (STS).....	<b>31</b>
3.3.2.3. Temperatura.....	<b>31</b>
3.3.3. Parámetro microbiológico.....	<b>32</b>
3.3.3.1. Enumeración de bacterias de coliformes totales.....	<b>32</b>
3.3.3.2. Enumeración de coliformes termotolerantes ( <i>E. Coli</i> ).....	<b>32</b>
3.3.3.3. Enumeración de mohos y levaduras.....	<b>32</b>
3.3.3.4. Determinación y enumeración de microorganismo aerobios viables (recuento... en placa).....	<b>33</b>
3.3.4. Parámetro químico.....	<b>34</b>
3.3.4.1. Determinación del pH.....	<b>34</b>
3.3.4.2. Determinación del oxígeno disuelto.....	<b>34</b>
3.3.4.2.1. Trabajos en el campo.....	<b>34</b>
3.3.4.2.2. Trabajo en laboratorio.....	<b>35</b>
3.3.4.3. Dureza.....	<b>36</b>
3.3.5 Diseño experimental.....	<b>36</b>
3.3.6. Ajuste estadístico.....	<b>37</b>
3.3.7. Datos a registrar.....	<b>37</b>
3.7.1. Parámetros físico químicos.....	<b>37</b>
3.7.2. Parámetros microbiológicos.....	<b>38</b>

3.3.8. Población futura de A. Saldaña.....	<b>38</b>
IV.RESULTADOS.....	<b>39</b>
4.1. Parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
4.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
4.1.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.....	<b>42</b>
4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	<b>42</b>
4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>42</b>
4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>46</b>
V. DISCUSION.....	<b>47</b>
VI. CONCLUSIONES.....	<b>54</b>
VII.RECOMENDACIONES.....	<b>55</b>
VIII.ABSTRACT.....	<b>56</b>
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	<b>57</b>
X. ANEXO.....	<b>61</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
	<b>Pág</b>
1. Elementos y cuanto tardan en descomponerse o que contaminación generan.....	<b>07</b>
2. Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.....	<b>11</b>
3. Límites permisibles de características bacteriológica.....	<b>23</b>
4. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	<b>24</b>
5. Límites permisibles de características químicas.....	<b>25</b>
6. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos.....	<b>25</b>
7. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	<b>27</b>
8. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
9. Promedio de los indicadores biológicos.....	<b>41</b>
10. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.....	<b>42</b>
11. Parámetros fisicoquímicos de la quebrada Asunción Saldaña.....	<b>43</b>
12. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>46</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
	<b>Pág</b>
1. Diseño experimental descriptivo de casilla múltiple.....	<b>37</b>
2. Número de microorganismos aerobios viables y <i>E.coli</i> .....	<b>40</b>
3. Número mas probables y número de mohos y levaduras.....	<b>41</b>
4. Sólidos totales, oxígeno disuelto y dureza.....	<b>44</b>
5. Caudal, pH y temperatura.....	<b>45</b>

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	<b>01</b>
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	<b>04</b>
2.1. Calidad del agua .....	<b>04</b>
2.2. Importancia del agua.....	<b>04</b>
2.3. Basura que se arroja a los ríos.....	<b>06</b>
2.4. Aspectos microbiológicos del agua.....	<b>08</b>
2.5. Desinfección.....	<b>09</b>
2.6. Aspectos químicos del agua.....	<b>10</b>
2.7. Sustancias contaminantes del agua.....	<b>12</b>
2.7.1. Microorganismos patógenos.....	<b>12</b>
2.7.1.1. Tiempo de supervivencia de los micro organismos patógenos.....	<b>14</b>
2.7.1.2 Bacterias que indican contaminación.....	<b>14</b>
2.7.2 Bacterias coliformes.....	<b>15</b>
2.7.3. Desechos orgánicos.....	<b>15</b>
2.7.4. Sustancias químicas inorgánicas.....	<b>16</b>
2.7.5. Nutrientes vegetales inorgánicos.....	<b>16</b>
2.7.6. Compuestos orgánicos.....	<b>16</b>
2.7.6.1 Oxígeno disuelto.....	<b>17</b>
2.7.7. Sedimentos y materiales suspendidos.....	<b>17</b>

2.7.8.Sustancias Radiactivas.....	18
2.7.9. Contaminación Térmica.....	18
2.8. Aforo de corrientes naturales.....	19
2.8.1. Método del flotador.....	19
2.9.Acidez del agua superficial.....	21
2.10. Problemática del agua.....	21
2. 11.Características sanitarias del agua potable.....	22
2.11.1. Purificación de agua, protección de las fuentes hídricas.....	22
2.11.2.Filtración.....	23
2.12. Límites permisibles de calidad del agua.....	23
2.12.1. Límites permisibles de características bacteriológicas.....	23
2.1.2.2. Límites permisibles de características químicas - biológicas.....	25
2.13. Antecedentes del sistema de agua potable.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Lugar de ejecución.....	27
3.1.1.Ubicación geográfica.....	27
3.2. Materiales.....	28
3.2.1. De campo.....	28
3.2.2. De colección y muestreo.....	28
3.2.3. De laboratorio.....	28
3.2.3.1. Materiales.....	28
3.2.3.2. Equipos.....	29
3.2.3.3. Insumos.....	29

3.3. Metodología.....	<b>29</b>
3.3.1. Colecta y almacenamiento de muestras.....	<b>29</b>
3.3.2. Parámetro físico.....	<b>30</b>
3.3.2.1. Aforos para determinar caudal.....	<b>30</b>
3.3.2.2. Determinación de los sólidos totales suspendidos (STS).....	<b>31</b>
3.3.2.3. Temperatura.....	<b>31</b>
3.3.3. Parámetro microbiológico.....	<b>32</b>
3.3.3.1. Enumeración de bacterias de coliformes totales.....	<b>32</b>
3.3.3.2. Enumeración de coliformes termotolerantes ( <i>E. Coli</i> ).....	<b>32</b>
3.3.3.3. Enumeración de mohos y levaduras.....	<b>32</b>
3.3.3.4. Determinación y enumeración de microorganismo aerobios viables (recuento... en placa).....	<b>33</b>
3.3.4. Parámetro químico.....	<b>34</b>
3.3.4.1. Determinación del pH.....	<b>34</b>
3.3.4.2. Determinación del oxígeno disuelto.....	<b>34</b>
3.3.4.2.1. Trabajos en el campo.....	<b>34</b>
3.3.4.2.2. Trabajo en laboratorio.....	<b>35</b>
3.3.4.3. Dureza.....	<b>36</b>
3.3.5 Diseño experimental.....	<b>36</b>
3.3.6. Ajuste estadístico.....	<b>37</b>
3.3.7. Datos a registrar.....	<b>37</b>
3.7.1. Parámetros físico químicos.....	<b>37</b>
3.7.2. Parámetros microbiológicos.....	<b>38</b>

3.3.8. Población futura de A. Saldaña.....	<b>38</b>
IV.RESULTADOS.....	<b>39</b>
4.1. Parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
4.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
4.1.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.....	<b>42</b>
4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	<b>42</b>
4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>42</b>
4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>46</b>
V. DISCUSION.....	<b>47</b>
VI. CONCLUSIONES.....	<b>54</b>
VII.RECOMENDACIONES.....	<b>55</b>
VIII.ABSTRACT.....	<b>56</b>
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	<b>57</b>
X. ANEXO.....	<b>61</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
	<b>Pág</b>
1. Elementos y cuanto tardan en descomponerse o que contaminación generan.....	<b>07</b>
2. Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.....	<b>11</b>
3. Límites permisibles de características bacteriológica.....	<b>23</b>
4. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	<b>24</b>
5. Límites permisibles de características químicas.....	<b>25</b>
6. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos.....	<b>25</b>
7. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	<b>27</b>
8. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos.....	<b>39</b>
9. Promedio de los indicadores biológicos.....	<b>41</b>
10. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.....	<b>42</b>
11. Parámetros fisicoquímicos de la quebrada Asunción Saldaña.....	<b>43</b>
12. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	<b>46</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
	<b>Pág</b>
1. Diseño experimental descriptivo de casilla múltiple.....	<b>37</b>
2. Número de microorganismos aerobios viables y <i>E.coli</i> .....	<b>40</b>
3. Número mas probables y número de mohos y levaduras.....	<b>41</b>
4. Sólidos totales, oxígeno disuelto y dureza.....	<b>44</b>
5. Caudal, pH y temperatura.....	<b>45</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos determinar la calidad de agua de la quebrada de la microcuenca Asunción Saldaña. La metodología empleada consistió en colecta y almacenamiento de muestra, la que posteriormente se determinaron los parámetros físicos: aforos para determinar caudal, sólidos totales suspendidos (STS), temperatura; parámetros microbiológicos: coliformes totales, *Escherichia coli*, enumeración de mohos y levaduras, y número de microorganismos aerobios viables y parámetros químicos: pH, oxígeno disuelto y dureza. En las zonas de la quebrada Asunción Saldaña en lo que respecta a NMAV están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Bajo:  $1.7 \times 10^3$  colonia/mL, Medio:  $5.3 \times 10^3$  colonia/mL, y Alto:  $2.5 \times 10^3$  colonia/mL; NMP de coliformes, las aguas se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Bajo: 322.5 mo/ml, Medio: 150.8 mo/ml, y Alto: 17.0 mo/ml; en lo que respecta a NML están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Bajo:  $9.00 \times 10^3$  colonia/mL, Medio:  $7.5 \times 10^3$  colonia/mL, y Alto:  $2.25 \times 10^3$  colonia/mL; respecto a *Escherichia coli* están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, Bajo: 263.3 colonia/mL, Medio: 108.3 colonia/mL, y Alto: 4.8 colonia/mL; no presentan *Parásitos*, *Neagleria* y *Criptosporidium*; y en lo referente a parámetros físicos-químicos, las zonas de las aguas de la quebrada muestreada están dentro de los límites máximos permisibles.

## I. INTRODUCCIÓN

En los comienzos de la vida, el agua ha sido definida imperfectamente, como un caldo que ayudó a mejorar la convivencia (ANDREWS, 2001). Hoy, salvo en raros casos, el agua como se encuentra en la naturaleza, no puede ser utilizada directamente para el consumo humano ni para usos industriales, dado que no es lo suficientemente pura biológicamente ni químicamente (BUJAN, 1997).

El hecho de que su curso escurre por el suelo, por la superficie de la tierra e inclusive a través del aire, el agua se contamina y se carga de materias en suspensión o en solución como: partículas de arcillas, residuos de vegetación, organismos vivos (plancton, bacterias, virus), sales diversas, cloruros, sulfatos, carbonatos, materia orgánica, ácidos húmicos, residuos de fabricación, gases, etc (FAO, 2014). Por efectos de la contaminación, nos enfrentamos con una catástrofe irreversible.

La población de la microcuenca de Asunción Saldaña, en estos últimos años ha aumentado debido al crecimiento poblacional, ocupando las partes altas del lado Norte de la microcuenca, por lo que el consumo de agua ha aumentado; además el poco cuidado sobre este recurso hídrico ha hecho que en tiempos de estiaje reduzca la cantidad y calidad de agua causando malestar a la calidad de vida de la población en las partes bajas; y en épocas de avenida aumente demasiado el caudal, debido a que las coberturas

vegetales en la parte alta ya no existen; ocasionados por los factores antrópicos quienes han inducido un proceso de modificación del bosque de ser áreas densas a bosques ralos, de esta manera arrastrando grandes cantidades de sólidos totales y suspendidos. Es por ello que el presente trabajo de investigación tiene la necesidad de realizar una evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Asunción Saldaña que se ve afectado por, los pobladores de la parte alta de Asunción Saldaña, los pobladores de la quebrada del Águila y el BRUNAS, por lo tanto la finalidad principal es de mostrar a la población el estado actual de la calidad del agua, llevando a cabo estudios relacionado a este tema que contribuirá a satisfacer la necesidad sentida por la población para asegurar un acceso y suministro de agua para consumo humano, con los estándares mínimos de calidad requeridos para que garanticen el bienestar y la sostenibilidad en la demanda actual y futura de una buena calidad de vida a la población de la microcuenca. El presente trabajo plantea la siguiente interrogante ¿en que medida el agua de la quebrada Asunción Saldaña, de la Microcuenca Asunción Saldaña, son aguas aptas para el consumo humano?

### **1.1. Hipótesis**

Las aguas de la quebrada Asunción Saldaña, de la Microcuenca Asunción Saldaña, no son aptas para el consumo humano debido a su baja calidad.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la calidad de agua de la quebrada de la microcuenca Asunción Saldaña.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros microbiológicos: número de microorganismos aerobios viables, número mas probable, número de mohos y levaduras y E. coli de la quebrada Asunción Saldaña.
  
- Determinar los parámetros fisicoquímicos: caudal, pH, sólidos totales, oxígeno disuelto, temperatura y dureza de la quebrada Asunción Saldaña.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Calidad del agua**

La calidad de un ambiente acuático, es la aptitud para satisfacer distintos usos en función de sus características, determinadas generalmente por parámetros fisicoquímicos con unos límites de concentración asociados y el estado y la composición de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad. Éste es el enfoque de las directivas europeas aprobadas en los años 70 con el objetivo de garantizar una calidad del agua óptima para satisfacer cada uno de los usos (aguas para el consumo humano, zonas de baño, aguas destinadas a la protección de la vida piscícola, etc. (SIERRA, 2001).

### **2.2. Importancia del agua**

El agua es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país; por eso debemos aprender a no desperdiciarla. Como sabemos, el agua es un líquido incoloro, insípido e inodoro; es decir, no tiene color, sabor ni olor cuando se encuentra en su mayor grado de pureza (FAO, 2014). Es un elemento vital ya que sin ella no sería posible la vida de los seres vivos (animales o plantas). Por que los problemas del agua son: falta de agua potable, contaminación del agua, enfermedades, lluvias àcidas, entre otros.

**Escasez de agua potable:** Una de cada seis personas se enfrentan a la escasez de agua potable y esto puede afectar a un tercio de la población mundial de aquí hasta el año 2025. La falta de agua causa graves problemas. La sequía puede destruir los cultivos y matar a los seres vivos (FAO, 2014).

**Contaminación del agua:** Los agricultores usan el agua para el ganado y para irrigar la tierra. Los desechos de los animales contaminan los ríos. El uso indebido de fertilizantes contamina las aguas subterráneas. Las grandes ciudades y las fábricas son los principales contaminadores del agua (FAO, 2014).

**Enfermedades:** Lamentablemente, no todas las aguas son aptas para beber. El agua contaminada es vía de transmisión de muchas enfermedades. El aumento de la contaminación del agua hace que sea más difícil el tratamiento y requiere que las empresas abastecedoras de agua tengan que innovar constantemente.

En los países en vías de desarrollo, el 80 % de las enfermedades son causadas por los excrementos y por la contaminación, llegando a provocar la muerte de miles de personas por día en el mundo entero (FAO, 2014).

**Lluvias ácidas:** El humo que sale de la cocina contiene sustancias químicas. Cuando el humo, los gases de las fábricas y de los automóviles se mezclan con el agua de la atmósfera, se forma la acidez. Esta acidez queda en

las nubes y eso provoca que caiga lluvia ácida sobre la tierra. De este modo, se está dañando el medio ambiente. Los lagos y arroyos se tornan ácidos y los animales acuáticos y las plantas ya no pueden vivir allí (FAO, 2014).

### **2.3. Basura que se arroja a los ríos**

**ALUMINIO:** El aluminio al reaccionar con el agua, forma una pequeña capa de óxido que la protege de la descomposición. Los envases de aluminio tardan muchos años en desintegrarse. Después de un (1) año, gran parte de la pintura ha desaparecido, pero el envase se mantiene intacto, después de 5 (cinco) años, el envase puede encontrarse ya parcialmente enterrado en el lecho del río. Después de 10 (diez) años el envase se ha descompuesto por contacto con el suelo muy parcialmente. Tiempo estimado para su descomposición total: 200 a 500 años (FAO, 2014).

**VIDRIO:** El vidrio es una sustancia prácticamente inerte en contacto con el agua. Al año un envase de vidrio vacío se mantiene intacto en la superficie, a los cinco (5) años si se rompe sus fragmentos quedarán depositados en el lecho del río sin sufrir modificación alguna. Después de diez años, los restos de vidrio pueden estar ya casi enterrados en el lecho del río, pero sin que hayan sufrido algún tipo de degradación. Tiempo estimado para su descomposición total: indeterminado (FAO, 2014).

**PLÁSTICO:** Muchos plásticos pueden resquebrajarse por efecto de los rayos del sol, pero si llegan al lecho del río se degradarán muy lentamente. Después de un (1) año, los envases se encuentran prácticamente igual que

cuando se arrojó. Después de los cinco (5) años, si se encuentran en la superficie, los rayos del sol han degradado parcialmente al plástico, pero el envase está intacto. Después de diez (10) años si el envase fue enterrado en el fondo del río, producto de las corrientes del río, puede permanecer intacto indefinidamente (FAO, 2014).

**PILAS:** Las pilas contienen metales pesados como el cadmio, mercurio, litio, etc. que al desprenderse se fijan en el suelo, contaminando la tierra, el agua, animales y plantas e ingresando a través de ellos a la cadena alimentaria, con gran peligro para la población. Debemos considerarlas residuos peligrosos, por lo que sería conveniente que sus depósitos se encontraran lejos de los mares, ríos y napas subterráneas (FAO, 2014).

Cuadro 1. Elementos y cuanto tardan en descomponerse o que contaminación generan.

<b>ELEMENTO</b>	<b>TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN / CONTAMINACIÓN QUE GENERA</b>
Lata de conserva	100 años
Lata de aluminio	200 a 500 años
Plásticos	450 años
Vidrios	Indeterminado
Pila botón	contamina 600 m <sup>3</sup> de agua
Pila alcalina	contamina 175 m <sup>3</sup> de agua
Fibra sintética	500 años
Tejido de algodón	1 a 5 meses
Papel	2 a 4 semanas
Medias de lana	1 año
Madera pintada	Hasta 13 años

Neumáticos	Indeterminado
Aceites y combustibles	Contaminan e impermeabilizan los suelos

FUENTE: PRIETO, 2002.

#### **2.4. Aspectos microbiológicos del agua**

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo), para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos (CALDERON, 2004).

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua (DIGESA, 1994).

Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana (GONZALES y GUTIERREZ, 2005). Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia (CEPIS, 2013).

## **2.5. Desinfección**

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución (ESPINOZA, 2002).

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de consumo tiene una eficacia

limitada frente a los protozoos patógenos en particular *Cryptosporidium* y frente a algunos virus (RODRÍGUEZ, 2004). La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución (GARCIA, 2005).

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección (GRAY, 1994). El intento de controlar los subproductos de la desinfección (SPD) no debe poner en peligro la desinfección. Puede medirse y controlarse fácilmente la concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo, como el cloro, y se recomienda realizar análisis frecuentes si se practica la cloración del agua (CEPIS, 2013).

## **2.6. Aspectos químicos del agua**

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación

microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras períodos de exposición prolongados. Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas (KEMMER, 1989). Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos (PRIETO, 20012).

Cuadro 2. Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.

<b>SUSTANCIAS</b>	<b>Concent. Máxima (mg/L)</b>
Sales totales	2000
Cloruros	600
Sulfatos	300
Nitratos	45

Nitritos	No debe haber
Amoníaco	0,5
Materia Orgánica	3
Calcio	80
Magnesio	50
Arsénico	0,05
Cadmio	0,01
Cianuros	0,05
Plomo	0,1
Mercurio	0,001
Selenio	0,01
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	0,0002
Biocidas	No hay datos

---

FUENTE: OMS, s/d.

## 2.7. Sustancias contaminantes del agua

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos (LENNTECH, 2005):

### 2.7.1. Microorganismos patógenos

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades

producidas por estos patógenos es uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños (IPET, 1998).

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 mL de agua.

Las aguas residuales domésticas, sobre todo son portadoras de bacterias y hongos patógenos para la especie humana, aunque estos microorganismos no pueden crecer ahí definitivamente, sino que terminan sucumbiendo tanto en las aguas continentales como la del mar. No obstante algunos agentes patógenos son capaces de sobrevivir durante más tiempo, según la clase de agua y las condiciones intemperantes en el medio (REINHEHEIMER, 1987).

Así KEMMER (1989) refiere que los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de Salud (OMS), para la presencia de coliformes totales y coliformes fecales son de "AUSENCIA" total para estas especies bacterianas y para patógenos intestinales. Asimismo señala que aunque los coliformes no son patógenos, se encuentran en el tracto intestinal de todos los animales de sangre caliente, de forma que su presencia es una indicación de que pueden estar presentes los organismos patógenos. Una indicación más

positiva de un peligro para la salud pública es la identificación posterior de algunas de estas como bacterias coliformes fecales.

#### **2.7.1.1. Tiempo de supervivencia de los microorganismos patógenos**

Los análisis bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la aptitud del agua para un determinado uso. El número de bacterias patógenas para el hombre y los animales presentes en el agua es muy reducido y difícil de determinar, por ello y dado que la mayoría de dichos gérmenes patógenos viven en el intestino del hombre y animales de sangre caliente, la detección de una contaminación fecal constituye una excelente señal de alarma (SEOANEZ, 1999).

#### **2.7.1.2. Bacterias que indican contaminación**

El método ideal de analizar el agua respecto a la seguridad o sanidad bacteriológica incluye la búsqueda de patógenos transmitidos por el agua. El agua que contenga pocos patógenos por litro puede estar lo suficientemente contaminada para causar algunos casos de enfermedad. Si la excreta de una persona enferma de fiebre tifoidea se eliminan y llegan a un depósito empleado para contener agua potable, pueden aparecer casos de fiebre tifoidea. Los patógenos son bastante pocos y están dispersos, y es necesario examinar grandes muestras para observar un microorganismo patógeno (FAO, 2014). Se han empleado varios grupos de bacterias que aparecen normalmente en el intestino del hombre o los animales para indicar la contaminación del agua potable por aguas negras: los denominados

estreptococos fecales, algunos anaerobios esporógenos y las bacterias coliformes. Las bacterias coliformes son los indicadores de contaminación más empleados, especialmente en los Estados Unidos de Norteamérica.

### **2.7.2. Bacterias coliformes**

Las bacterias coliformes incluyen la *Escherichia coli* y otras bacterias que se asemejan morfológica y fisiológicamente. Estos microorganismos con frecuencia difieren entre sí en características pequeñas; se diferenciaron docenas de especies, pero en la actualidad solamente se reconocen seis. Se sabe que dos aparecen con frecuencia suficiente como para mencionarse: *Escherichia coli* y *Aerobacteraerogenes*.

Las bacterias coliformes son bacilos cortos, gramnegativos, que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos y se multiplican a mayor rapidez a temperaturas entre 30 y 37 °C. Las colonias de *E. coli* en agar E.M.B. (eosina y azul de metileno) tienen 2 a 4 mm de diámetro, un centro grande de color oscuro e incluso negro, y tienen brillo verde metálico cuando se observan con luz refleja. Las colonias de *Aerobacteraerogenes* en el mismo medio son mayores, muy mucoides, y de color rosado; con frecuencia tienen un centro parduzco pequeño (RODRÍGUEZ y ROYO, 2004).

### **2.7.3. Desechos orgánicos**

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de

oxígeno (IPET, 1998). Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de oxígeno).

#### **2.7.4. Sustancias químicas inorgánicas**

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua (LeyGeneral de Aguas, 2007).

#### **2.7.5. Nutrientes vegetales inorgánicos**

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable (OMS, 2013).

#### **2.7.6. Compuestos orgánicos**

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados

por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos (ROMERO, 1998).

#### **2.7.6.1. Oxígeno disuelto**

Todos los organismos vivos dependen del oxígeno,  $O_2$  para sobrevivir y poder producir la energía necesaria para su desarrollo y producción. El  $O_2$  que se encuentra en el agua de abastecimiento, especialmente superficial penetra en el agua por absorción. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad de agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida, es indicador de fuerte contaminación, condiciones sépticas de materia orgánica y de desarrollo de una actividad bacteriana intensa (SIERRA, 2001). El oxígeno disuelto indica si los cambios biológicos se efectúan por organismos aeróbicos o anaeróbicos, si estos son aeróbicos, usan el  $O_2$  disuelto para oxidar la materia orgánica e inorgánica y el resultado son productos finales inofensivos. Los organismos anaeróbicos, en cambio utilizan el  $O_2$  disuelto de sales inorgánicas como los sulfatos y producen generalmente sustancias peligrosas, por esta razón es muy importante mantener siempre las condiciones aeróbicas, y así evitar la presencia de los elementos anaeróbicos. La materia orgánica en descomposición aumenta la demanda del oxígeno, (BUJAN, 1997).

#### **2.7.7. Sedimentos y materiales suspendidos**

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua (ROMERO

y WHO, 1998). La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.

#### **2.7.8. Sustancias radiactivas**

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua (ROMERO, 1998).

#### **2.7.9. Contaminación térmica**

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones de temperatura para realizar sus funciones fisiológicas.

Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad recurso hídrico, como el pH, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (SIERRA. 2001).

## 2.8. Aforo de corrientes naturales

MARBELLO (2001) menciona que el conocimiento de la variación del caudal que fluye por una determinada sección de un cauce natural es de suma importancia en los estudios hidrológicos. De acuerdo con la calidad y la cantidad de los registros de caudales necesarios en un estudio hidrológico, las mediciones se pueden hacer de una manera continua o permanente o de una manera puntual o instantánea, las mediciones continuas de caudales requieren de la instalación de una estación medidora (limnimétrica) o de una estación registradora (limnigráfica). Las mediciones aisladas, puntuales o instantáneas, se realizan en determinados momentos en que se desee conocer la magnitud de una corriente en particular la mayoría de los métodos de aforo se basan en la ecuación de continuidad ( $Q = V \times A$ ).

### 2.8.1. Método del flotador

Son los más sencillos de realizar, pero también son los más imprecisos; por lo tanto, su uso queda limitado a situaciones donde no se requiera mayor precisión. Con este método se pretende conocer la velocidad media de la sección para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal, según la ecuación de continuidad (MARBELLO, 2001).

$$Q = \text{velocidad} \times \text{área}$$

Dónde:

Q= Caudal del agua

A= Área de la sección transversal del flujo de agua.

V= Velocidad media del agua.

En la ecuación si Q el caudal se expresa en  $m^3/s$ , A se expresa en  $m^2$  y v en  $m / s$ , V se expresa en  $m^3$  y T que es el tiempo en segundos. Es fácil convertir  $m^3/s$  a  $L / s$ , sabiendo que un  $m^3$  equivale a 1,000 litros  $L / s$ , se puede expresar también como LPS (litros por segundo). El problema principal es medir la velocidad media en los canales o causes ya que la velocidad varía en los diferentes puntos al interior de una masa de agua.

Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente forma. Se toma un tramo de la corriente de longitud L; se mide el área A, de la sección, y se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. Como se muestra en la siguiente figura. La velocidad superficial de la corriente,  $V_s$ , se toma igual a la velocidad del cuerpo flotante y se calcula mediante la relación entre el espacio recorrido L, y el tiempo de viaje t.

$$V_s = \frac{L}{t}$$

Se considera que la velocidad media de la corriente,  $V_m$ , es del orden de  $0.75V_s$  a  $0.90 V_s$ , donde el valor mayor se aplica a las corrientes de aguas más profundas y rápidas (con velocidades mayores de 2 m/s. Habitualmente, se usa la siguiente ecuación para estimar la velocidad media de la corriente.  $V_m = 0.85V_s$ . Si se divide el área de la sección transversal del flujo en varias secciones, de área  $A_i$ , para las cuales se miden velocidades superficiales,  $V_{si}$ , y se calculan velocidades medias,  $V_{mi}$ , el caudal total se podrá

determinar como la sumatoria de los caudales parciales  $q_i$ , de la siguiente manera:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = V_{m1} * A_1 + V_{m2} * A_2 + \dots + V_{mn} * A_n$$

## 2.9. Acidez del agua superficial

SIERRA (2001), manifiesta que el pH tiene un valor que define si una sustancia es ácida o básica, su escala varía entre 0 a 14 y el pH tiene un valor de 7 cuando es neutro. El agua con un pH por debajo de 7 es considerada ácida y un pH por encima de 7 es considerada básica. Los ácidos se caracterizan principalmente por su sabor a agrio, y en disoluciones concentradas son causticas y destruyen los tejidos vivos (naranja, vinagre, bebidas carbónicas). APHA (1999) menciona que el valor ideal del pH debe estar comprendido entre 7.2 y 7.6. Por encima de un pH 7.8 y por debajo de un pH 7.0 el agua puede producir diversos problemas. Las aguas naturales usualmente tienen un pH entre 6.5 y 8.5. Su valor define en parte la capacidad de autodepuración de una corriente y por ende, su contenido de materia orgánica (DQO, DBO), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados.

## 2.10. Problemática del agua

Poca agua es utilizada para el consumo del hombre, ya que: el 97 % es agua de mar y tiene sal, el 2.37 % son casquetes polares y glaciares, 0.6 % son aguas subterráneas y sólo el 0.03 % son agua dulce superficial de fácil acceso, encontrándose en ríos, lagos, humedad de los suelos, vapor de agua atmosférico, humedad de los suelos y agua en los seres vivos. Además el agua

tal como se encuentra en la naturaleza, para ser utilizada sin riesgo para el consumo humano requiere ser tratada, para eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud. Y finalmente debe ser distribuida a través de tuberías hasta el hogar, para que pueda ser consumida sin ningún problema ni riesgo alguno (PACHECO, 2002).

### **2.11. Características sanitarias del agua potable**

Para ser potable, es necesario que el agua sea limpia, fresca, sin sabores u olores desagradables o que causen rechazo de quienes lo consumen, y sin sustancias químicas y microorganismos nocivos. De estas características deseadas la más difícil de lograr es la falta de microorganismos nocivos. No es imposible, pero entraña vigilancia constante y valoración o análisis repetidos (RHENHEIMER, 1987). El problema se intensifica dado que la eliminación de aguas negras suele ser completada al eliminar el líquido sobrenadante en grandes cantidades de agua, y la necesidad suele hacer que las mismas aguas en que se eliminaron las otras, se empleen como fuentes de agua potable por otras comunidades (BUSTAMANTE, 2004).

#### **2.11.1. Purificación de agua, protección de las fuentes hídricas**

El primer paso para lograr la obtención de agua pura, sea para una casa aislada o para toda una ciudad, es proteger las fuentes de agua contra la contaminación por aguas negras o desechos (GRAY, 1994). Es necesario que las fuentes o pozos estén situados a distancias importantes de los estanques sépticos, establos y otras fuentes de contaminación; es necesario que estas construcciones de abasto hídrico estén hechas con cuidado para

impedir filtraciones del agua superficial y conviene cubrirlas con una capa de concreto (LENNTECH, 2005).

### 2.11.2. Filtración

La filtración es un medio eficaz para eliminar microorganismos y otras sustancias de suspensión del agua. Se emplean en la filtración de agua a gran escala dos tipos de filtro de arena (ASTO, 2004). Los filtros lentos de arena, están hechos de capas de arena fina, arena gruesa, grava y roca. El agua pasa lentamente por el filtro. Las bacterias, algas y protozoos son captados en las capas superficiales de la arena fina. Estos microorganismos se multiplican y producen una masa gelatinosa en la que se absorben otros microorganismos y partículas de suspensión (IPET, 1998).

## 2.12. Límites permisibles de calidad del agua

### 2.12.1. Límites permisibles de características bacteriológicas

Según los Estándares de Calidad Ambiental y Límites máximos permisibles (Ley N° 28817) establece lo siguiente

Cuadro 3. Límites permisibles de características bacteriológicas.

CARACTERISTICAS	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	1000/100mL
	2UFC/100mL
Organismos coliformes fecales	200NMP/100mL
	Cero UFC/100mL

Fuente: Ley N° 28817.

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se debe reportar en unidades de NMP/100 mL (número más probable por 100 mL), si se utiliza la técnica del número más probables UFC/100 mL (unidades formadoras de colonias por 100mL), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

Cuadro 4. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

CARACTERÍSTICAS	LIMITES PERMISIBLES
COLOR	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se puede establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.</p>
OLOR Y SABOR	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar malos olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.</p>
TEMPERATURA	<p>El aumento de T<sup>º</sup> disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción.</p>

## MATERIALES EN SUSPENSION

Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no llegan a estar disueltas, son arrastradas por el agua de los ríos.

Fuente: Ley N° 28817

### 2.12.2. Límites permisibles de características químicas - biológicas

Según los Estándares de Calidad Ambiental y los límites máximos permisibles (ley N° 28817) establece lo siguiente, como se puede observar en los siguientes cuadros.

Cuadro 5. Límites permisibles de características químicas.

CARACTERÍSTICAS	LIMITES PERMISIBLES
DUREZA	**
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	**
pH	6 - 9
OXIGENO DISUELTO	>= 5
NITRITOS	Ausencia

(\*\*) Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que Autoridad competente lo determinará

Cuadro 6. Límites máximos permisibles de Parámetros microbiológicos

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
E. Coli	NMP/100 mL	Ausencia
Bacterias coliformes termo tolerantes.	NMP/100 mL	200
Salmonellas	Ausencia /	Ausencia

	presencia	
Estafilococos	NMP/100 mL	2
Estreptococos	NMP/100 mL	2

Fuente: Ley N° 28817

### 2.13. Antecedentes del sistema de agua potable

La quebrada Asunción Saldaña abastece a 350 familias, donde cada familia realiza un aporte de S/. 5.00 nuevos soles; también cuentan con un personal que realiza labores de rutina como limpieza de bocatoma, la frecuencia de la limpieza es en época de lluvia, donde el material particulado ocasiona obstrucción en la entrada de agua para su distribución; además el sistema no cuenta con clarificador. El tiempo que tiene el sistema es de 10 años.

Los sistemas que actualmente cuenta la quebrada Asunción Saldaña, es que tiene un diseño no adecuado ya que lo hicieron de acuerdo al crecimiento poblacional del mismo modo los reservorios de distribución de agua no cuentan con plano definido.

Las causas que ocasiona la contaminación son: Residuos orgánicos (hojas en estado de descomposición, de microorganismos, animales muertos), residuos de heces de animales, y de personas, además de arrastre de lodo en época de estiaje.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la quebrada Asunción Saldaña; de la micro cuenca Asunción Saldaña; perteneciente al distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; ubicado a una altitud de 660.0 msnm; posee un clima con una temperatura promedio de 25.3 °C, y una precipitación para el mes de enero de 441.1 mm., febrero de 469 mm., y marzo de 405.7 mm., para el año 2013 (Gabinete de Meteorología y Climatología, 2014).

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica del presente trabajo de investigación, presenta las coordenadas en U.T.M. (Ver Anexo C):

Cuadro 3. Ubicación geográfica de la zona de estudio

ZONA	ESTE	NORTE
Alta	391241	8970803
Media	390703	8970981
Baja	390411	8971174

Zona alta: Cobertura forestal alta; zona media y baja: urbanización en las márgenes del cauce

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. De campo**

Los materiales de campo usados fueron: libreta de campo, lápiz y un cronómetro.

### **3.2.2. De colección y muestreo**

Los materiales de colección y muestreo usados fueron: Envases de PV de polietileno de 1 Lt., termómetro, matraces, pH – metro y etiquetas. El muestreo se realizó entre el período de enero 2013– marzo 2013, con tres muestreos cada mes.

### **3.2.3. De laboratorio**

#### **3.2.3.1. Materiales**

Los materiales de laboratorio usados fueron: Cintas másking tape, etiquetas, máscarillas, mandil, placas Petri, probetas de 250 mL, tubos de ensayo de 18 a 180 mm, cápsulas petri de 90 a 100 mm, fiolas de 100 mL, matraz de 250 mL, tubos durkam de 10 a 75 mm, filtros de vidrio de 0.45  $\mu$ m, pipetas de 1 a 10 mL, embudos, gradillas, soporte universal, asa de colle, láminas y laminillas, mecheros, varillas agitadoras, pinzas, tijeras, guantes, papel kraff, papel filtro, cintas y pitas, entre otros.

### **3.2.3.2. Equipos**

Los equipos de laboratorio usados fueron: Estufas, pH – metro, microscopio, cuenta colonias, autoclave, balanza analítica, incubadora, cámara fotográfica y cocina eléctrica.

### **3.2.3.3. Insumos**

Los insumos de laboratorio usados fueron: Agar plateCount, agary, caldo E. coli, caldo peptonado, caldo púrpura de bromo crisol, agar salmonella, caldo lactozado, caldo brilla, caldo bogesproskauer, agar saboraud, agar nutritivo, agar EMB, cristal violeta, yodo, yoduro de potasio, acetona, alcohol 30°, alcohol absoluto, safranina, aceite de cedro, agar citrato de Simón, rojo de metileno

## **3.3. Metodología**

La metodología que se siguió para la ejecución del trabajo de investigación se denominó campo – laboratorio. En el campo se realizó los aforos para determinar los caudales de la quebrada la misma que fueron realizadas con una asiduidad de dos veces por semana.

### **3.3.1. Colecta y almacenamiento de muestras**

La toma de muestra se realizò en frascos de vidrios de boca ancha estériles con capacidad de un litro y debidamente rotulados. En los puntos de muestreo se destapó el frasco con precauciones necesarias, en seguida se introdujo en el agua de la fuente, sumergiéndole rápidamente a 20 cm de

profundidad aproximadamente dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural en forma horizontal (APHA, 1999).

Con un movimiento circular de frasco, derecha a izquierda, una vez llena se levantò el frasco y se colocó de inmediato la tapa y etiquetando y anotando los datos principales (número de muestra, lugar, hora, fecha, etc.), y luego se colocó la muestra en un transporte apropiado y se trasladó al laboratorio para los respectivos análisis (APHA, 1999).

### **3.3.2. Parámetro físico**

#### **3.3.2.1. Aforos para determinar caudal**

Método de la velocidad (utilizado debido a que en esta época de enero, febrero y marzo el caudal aumenta); y consistió en medir el agua superficial, tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme habiéndose definido previamente la distancia entre ambos puntos. El objetivo del aforo en este caso es para determinar el caudal mínimo, y de esta manera se realizó el cálculo de abastecimiento a las familias.

Fórmula (APHA, 1999):

$$Q= 0.8 \times V \times A$$

Dónde:

Q : Caudal en m<sup>3</sup>/ seg.

V : Velocidad superficial m/sg.

A : Área de la sección transversal m<sup>2</sup>.

0.8 : constante.

### **3.3.2.2. Determinación de los sólidos totales suspendidos (STS)**

Para llevar a cabo este proceso, la toma de muestra se realizó en recipientes de vidrio de un litro de boca ancha de capacidad, debidamente rotulada. El muestreo se realizó durante las precipitaciones más elevadas del periodo enero 2013 – marzo 2013, para ello se utilizaron filtros estándar de 0,45  $\mu\text{m}$ , recomendado por APHA (APHA, 1999).

### **3.3.2.3. Temperatura**

En las aguas superficiales la temperatura depende de la temperatura en el aire. La temperatura es un método de detección de una fuente de contaminación. El material que se necesitó es un termómetro calibrado (APHA, 1999). Y para ello se siguió los siguientes procedimientos:

- La lectura se realizó después de dejar sumergido el termómetro durante diez minutos en el agua y cumplido el tiempo, se leyó los resultados.
- Cuando no se pudo hacer una medida directa, se sacó una muestra de 5.0 litros y posteriormente se leyó con el termómetro los resultados.
- La lectura de la temperatura se realizó en distintos puntos de la línea transversal de la quebrada Asunción Saldaña (cada 0.25 metros).
- La temperatura se midió a 2 cm de profundidad.

### **3.3.3. Parámetro microbiológico**

#### **3.3.3.1. Enumeración de bacterias de coliformes totales**

Se realizó la enumeración de coliformes totales utilizando el método del número más probable recomendado por APHA (1999). La temperatura de incubación fue de 37 °C por un periodo de 24 a 48 horas, en tubos de caldo brilla.

#### **3.3.3.2. Enumeración de coliformes termotolerantes (*E. coli*)**

Se utilizó el medio Caldo *E. coli* contenidos en tubos de 150 x16 mm., la cual llevan en su interior tubitos de Durkam; los inóculos se obtuvieron de los tubos de Caldo lactosa de gas positivo (tubos de coliformes totales), y se incubaron a 44.5 °C por 24 a 48 horas.

Cuando se observó gas en los tubos de Durkam, se consideró al caldo *E. coli* positivo, indicando la presencia de coliformes termo tolerante, y posteriormente se determinó el número más probable y al resultado se le consideró como coliformes termo tolerante.

#### **3.3.3.3. Enumeración de mohos y levaduras**

Para llevar a cabo este método, se utilizaron placas petri de 100 x 20 mm, pipetas, incubadoras, contador de colonias; también se utilizó solución reguladora de peptona o agua peptona al 0.1 %, y como medio selectivo al medio de sabouraud glucosado al 4 % contenido en las placas, se adicionó dos antibióticos: cloranfenicol y cefotaxima; lo cual sirvió para inhibir el crecimiento bacteriano (APHA, 1999). Se preparon diluciones decimales y de cada una de ellas se tomó un inòculo no mayor de 1 mL., y se sembraron sobre los medios

de sabouraud glucosado 4 % contenido en las placas petri por diseminación en superficie. La incubación de las placas se realizó a temperatura ambiental por un período de 3 a 5 días. Al cabo de este período de incubación se aplicó la fórmula de número de microorganismos aeróbios viables (NMMAV) considerando microorganismos fungi por mililitro (CEPIS/ OPS 2013).

#### **3.3.3.4. Determinación y enumeración de microorganismo aerobios viables (recuento en placa)**

Para realizar esta prueba se utilizó el método de recuento aerobio en placas establecido por APHA (1999). Esta prueba se basó en la hipótesis de que las células microbianas que contienen una mezcla con un medio de agar, forme cada una las colonias viables y separadas. Se utilizaron placas petri de 100 x 20 mm. Pipetas graduadas de 1.5 a 10 mL, baños de agua a 45 °C, incubadora a 30 °C y contador de colonias. Como medio de cultivo se utilizó peptona al 0.1 %, para las diluciones y el medio PlateCount para el medio microbiano.

El inóculo inicial fué de 25 mL de muestra de agua y 225 mL de agua peptona 0.1 % que constituye la primera dilución, posteriormente se efectuó dos diluciones adicionales hasta  $10^{-3}$ . Luego se procedió a la siembra por el método de la profundidad o de la placa vertida, para esta prueba de cada dilución se tomó un inóculo de 1 mL; y se adicionó a placas estériles vacíos sobre los cuales se agregó el medio platecount licuado a 45 °C en un volumen

de 10 mL, posteriormente se incubó a 37 °C por 24 horas. Luego se procedió a realizar el recuento de las colonias desarrolladas mediante la siguiente fórmula.

$$\text{NMMAV/ mL} = \text{Número de colonias} \times \text{inòculo} \times \text{factor de dilución.}$$

### **3.3.4. Parámetro químico**

#### **3.3.4.1. Determinación del pH**

Para determinar el pH de las diferentes y diversas fuentes de agua se utilizó el pH- metro, obteniéndose el pH rápidamente (APHA, 1999).

Método oficial usando el peachímetro, electrodo de membrana de vidrio selectiva de iones hidrógeno. Se calibró el aparato y se introdujo en la muestra; se agitó durante un tiempo y se midió cuando se estabilizó la lectura.

#### **3.3.4.2. Determinación del oxígeno disuelto**

##### **3.3.4.2.1. Trabajos en el campo**

Se necesitaron botellas de 250 mL con tapones de cristal. Las botellas completamente limpias. Al tomar la muestra, se tuvo el cuidado de no contaminarla con oxígeno atmosférico. Se tomó la muestra sin atrapar burbujas o sacudir el agua (APHA, 1999); para ello se siguió el siguiente procedimiento:

- Una canica (bolita de cristal) o agitador magnético se le añadió a la botella para facilitar la mezcla de los reactivos. Llenado la botella completamente con la muestra se colocó el tapón permitiendo que el exceso se derrame; sin dejar burbujas atrapadas.
- A la botella con la muestra se añadió con cuidado 0.7 mL de una solución concentrada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- Se añadió 1 mL de la solución de  $\text{KMnO}_4$
- Se tapó y sacudió bien.
- Se vió un tinte suave violeta o rosado. Cuando no se vió el tinte coloreado se añadió 1 mL de la solución de  $\text{KMnO}_4$  hasta que aparezca el tinte.
- Se dejó la muestra en reposo por 40 minutos
- Se añadió 1 mL de la solución de oxalato de potasio. Dejando reposar hasta que desaparezca el color.
- Se añadió 1 mL de la solución de sulfato de manganeso
- Se añadió 3 mL de la solución de yoduro de óxido de sodio
- Se sacudió, un precipitado amarillo aparecerá. Permitirndo que se asiente y sacudiendo nuevamente.
- Se añadió 0.5 mL de la solución concentrada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , el precipitado desapareció. Si no hubiese desaparecido el precipitado, se le añade 0.5 mL adicionales del ácido.

#### **3.3.4.2.2. Trabajo en laboratorio**

- Se tomó 100 mL de la muestra y se tituló con una solución de tiosulfato de sodio. Usando una bureta, se tituló hasta que apareciere un tinte amarillo.
- Se añadió 2 mL de una solución de almidón. La muestra se tornó azul.
- Se continuó con la titulación, hasta que la muestra se tornó clara. Agitándose para comprobar que la muestra se mantuviera clara.

- Se calculó la cantidad de mililitros de tiosulfato de sodio usado en la titulación, esa cantidad de mL multiplicada por 4/5 las partes por millón (PPM) de oxígeno disuelto (OD) en la muestra.

#### **3.3.4.3. Dureza**

Es la suma de las concentraciones de Ca y Mg expresados en mg/Litro de Carbonato Cálcico (APHA, 1999).

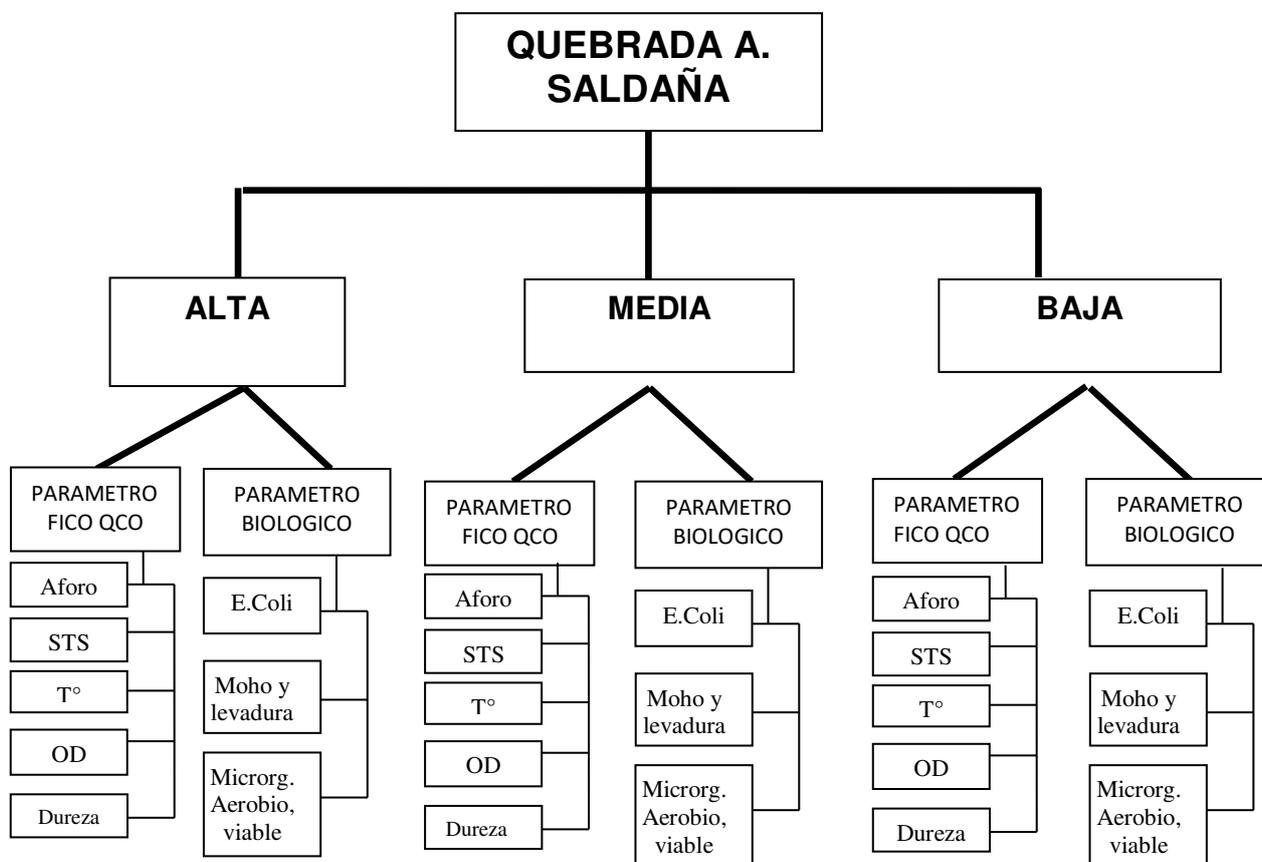
Método de determinación.

Método calculado a partir del Ca y Mg.



#### **3.3.5. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de tipo descriptiva de casilla múltiple, con tres observaciones por mes en cada parte (baja, media y alta), entre enero 2013, febrero 2013, y marzo 2013.



### 3.3.6. Ajuste estadístico

Los resultados del diseño experimental se sometieron al ajuste estadístico. Para verificar su significación en el presente trabajo se utilizò la comparación de media según DUNCAN y T – ESTADÍSTICO, con análisis matemático tipo DCA con arreglo factorial apoyada con el paquete informativo SPSS.

### 3.3.7. Datos a registrar

Se registraron los siguientes datos:

#### 3.3.7.1. Parámetros físico químicos

- Caudal

- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- pH
- STS

### 3.3.7.2. Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales
- E. coli
- Mohos y levaduras
- Microorganismos aerobios viables

### 3.3.8. Población futura de la quebrada Asunción Saldaña

$$P_f = P_0 (1 + i)^n$$

$P_f$  = Población futura

$P_0$  = población inicial = 350 familias = 1400 habitantes

$i$  = tasa de crecimiento poblacional urbano Tingo María = 1,25 % (INEI)

$n$  = años proyectados

$$P_{2033} = P_{2013} (1 + i)^{20}$$

$$P_{2033} = 1400 \times (1 + (1,25/100))^{20}$$

$$P_{2033} = 1795 \text{ Hab.}$$

$$P_{2033} = 1795 \text{ Hab.} \times (1 \text{ familia}/4 \text{ Hab.}) = 449 \text{ familias}$$

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros microbiológicos

#### 4.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos

En el Cuadro 5 y Figura 1 se muestra que en la quebrada Asunción Saldaña parte baja es la que tiene mayor número de microorganismos aerobios viables (NMAV) con 17750.0 ufc/mL, seguido por la parte media con 5250.0 ufc/mL, y con menor proporción la parte alta con 2500.0 ufc/mL, pero con mayor variabilidad estadística (127.6%).

Cuadro 5. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos

PARÁMETROS	VARIACIÓN ESTADÍSTICA	BAJA	MEDIA	ALTA
NMAV (Ufc/mL)	$\bar{X}$	17.75x10 <sup>3</sup>	5.25x10 <sup>3</sup>	2.50x10 <sup>3</sup>
	S	2.72x10 <sup>3</sup>	1.89x10 <sup>3</sup>	1.29x10 <sup>3</sup>
	CV	15.3	36.1	51.6
NMP (Ufc/mL)	$\bar{X}$	322.5	150.8	17.0
	S	105.3	81.5	7.1
	CV	32.7	54.1	41.9
NML (Ufc/mL)	$\bar{X}$	9.0x10 <sup>3</sup>	7.5x10 <sup>3</sup>	2.25x10 <sup>3</sup>
	S	816.5	577.4	645.5
	CV	9.1	7.7	28.7
E. Coli (Ufc/mL)	$\bar{X}$	263.3	108.3	4.8
	S	154.1	96.5	4.3
	CV	58.5	89.1	89.9

$\bar{X}$ : Promedio, S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

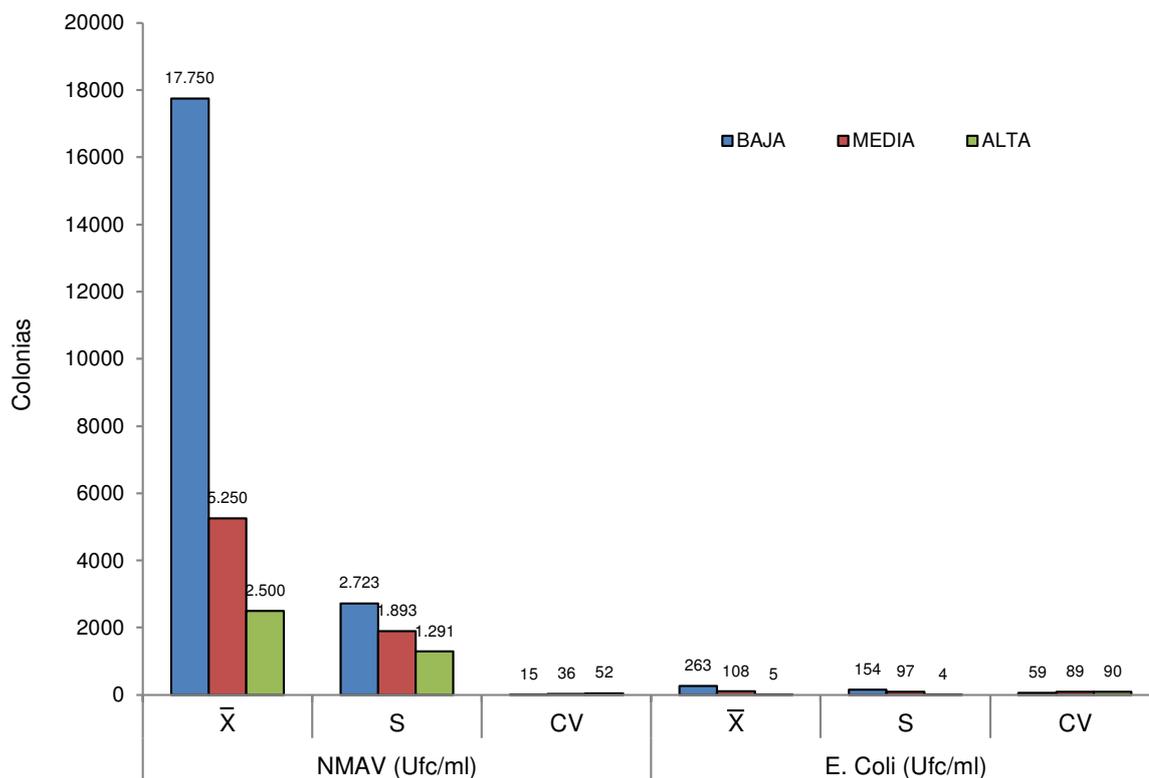


Figura 1. Número de microorganismos aerobios viables y *E.coli*

En cuanto a los números más probables (NMP) o coliformes totales se observa en el Cuadro 5 y Figura 2 que en la quebrada Asunción Saldaña es la que cuenta con mayor cantidad en la parte baja 322.5 ufc/mL, seguido por la parte media 150.8 ufc/mL, y finalmente la parte alta con 17.0 ufc/mL, la mayor variabilidad estadística lo cuenta la parte media con 54.1 %; en cuanto al número de mohos y levaduras (NML), se observa en el Cuadro 5 y Figura 2 que la quebrada Asunción Saldaña tiene mayor cantidad en la parte baja con 9000.0 ufc/mL, seguido por la parte media con 7500.0 ufc/mL, y finalmente la parte alta con 2250.0 ufc/mL, teniendo la mayor variabilidad estadística con 28.7 %; y en cuanto al microorganismo *E. coli*, se observa en el Cuadro 5 y Figura 1 que la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja cuenta con mayor número

de microorganismos con 263.3 ufc/mL, seguido por la parte media con 108.3 ufc/mL, y finalmente en la parte alta con 4.8 ufc/mL, teniendo la mayor variabilidad estadística de 89.9 %.

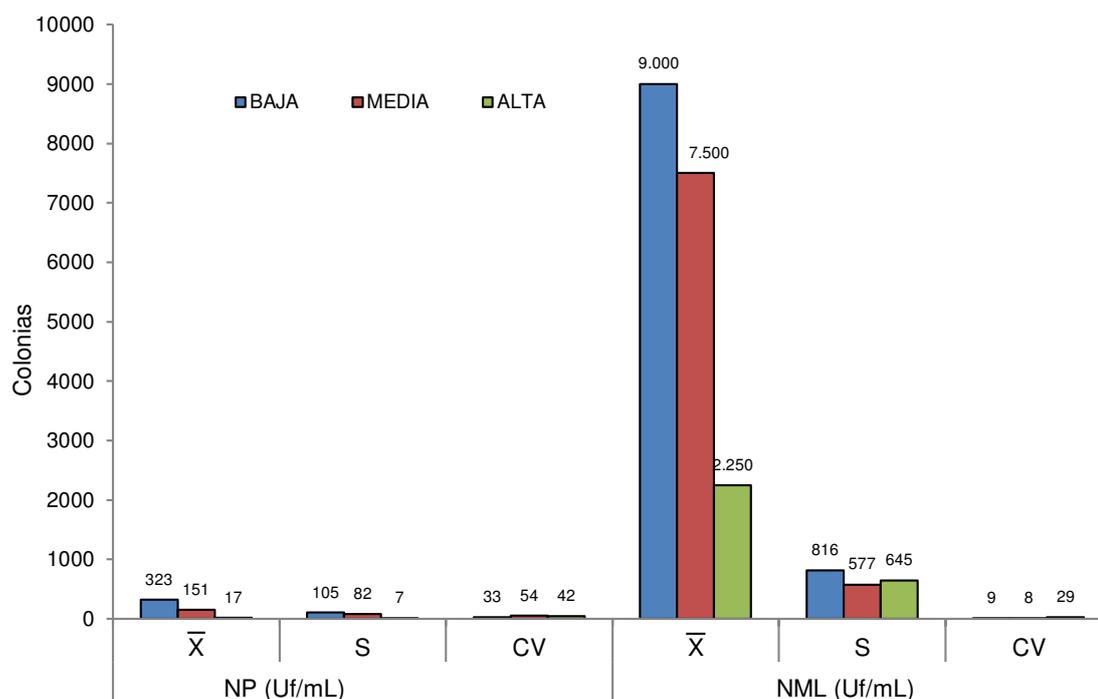


Figura 2. Número más probables y número de mohos y levaduras

Cuadro 6. Promedio de los indicadores biológicos

<b>Quebrada A. Saldaña</b>	<b>Neagleria</b>	<b>Criptosp.</b>	<b>Parásitos</b>
BAJA	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MEDIA	Ausencia	Ausencia	Ausencia
ALTA	Ausencia	Ausencia	Ausencia

El Cuadro 6 muestra el promedio de los indicadores biológicos del agua indican ausencia de parásitos, Neagleria y Criptospen las diferentes partes de la quebrada (baja, media y alta).

#### 4.1.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos

De acuerdo al Cuadro 7 se observa que el modelo muestra una alta significancia estadísticamente, lo mismo sucede para los factores A: parte de la trayectoria de la quebrada (alta, media y baja), factor B: parámetros microbiológicos del agua, y la interacción A x B: parte de la quebrada y parámetros microbiológicos; indicando una alta variabilidad estadísticamente de los parámetros microbiológicos en el transcurso de la trayectoria del cauce; por lo que corrobora la variación estadística de los resultados (28.9 %).

Cuadro 7. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos

FV	Gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1287082723.9160	117007520.356	99.34	0.0001
A	2	260747383.041	130373691.520	110.69	0.0001
B	3	657759688.083	219253229.361	186.15	0.0001
AxB	6	368575652.791	61429275.465	52.15	0.0001
Error	36	42402612.000	1177850.333		
Total	47	1329485335.916			

$R^2 = 0.968106$ ;  $CV = 28.86629$

A: Quebrada A.Saldaña (Parte baja, media y alta); B: Análisis microbiológico (NMAV, NMP, NML, *E. coli*)

## 4.2. Parámetros fisicoquímicos

### 4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos

En el Cuadro 8 y Figura 4 se muestra la quebrada Asunción Saldaña en la parte alta que tiene un menor caudal con 33.6 litros/segundo con un coeficiente de variación estadística de 5.1 %, seguido por la parte media con 41.3 litros/segundo con un coeficiente de variación estadística de 5.1 %, y con mayor caudal la parte baja con 46.4 litros/segundo con un coeficiente de variación estadística de 5.1 %.

En el Cuadro 8 y Figura 4 también se muestra que la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja es la que tiene un menor pH (concentración de hidrógenos) teniendo un valor de 6.9 con un coeficiente de variación estadística de 0.5 %, seguido por la parte media con un valor de 7.2 con un coeficiente de variación estadística de 0.5 %, y con igual pH la parte alta con un valor de 7.2, pero con un coeficiente de variación estadística de 0.7 %.

Cuadro 8. Parámetros fisicoquímicos de la quebrada Asunción Saldaña.

PARÁMETROS	VARIACIÓN ESTADÍSTICA	BAJA	MEDIA	ALTA
Q (l/s)	$\bar{X}$	46.4	41.3	33.6
	S	2.4	2.1	1.7
	CV	5.1	5.1	5.1
pH	$\bar{X}$	6.9	7.2	7.2
	S	0.0	0.0	0.0
	CV	0.5	0.5	0.7
ST (mg/L)	$\bar{X}$	24.4	17.8	15.2
	S	9.1	7.1	6.1
	CV	37.4	39.8	39.8
OD (mg/L)	$\bar{X}$	5.9	6.5	7.0
	S	0.8	1.1	1.2
	CV	12.9	17.6	17.5
Temperatura (°C)	$\bar{X}$	22.8	22.6	21.4
	S	0.3	0.3	0.3
	CV	1.2	1.3	1.5
Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	$\bar{X}$	27.3	22.5	16.1
	S	3.9	3.2	2.3
	CV	14.3	14.3	14.3

$\bar{X}$ : Promedio, S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

También con el parámetro fisicoquímico en sólidos totales (ST) se muestra que en la quebrada Asunción Saldaña en la parte alta es la que tiene

una menor concentración de sólidos totales (ST) con 15.2 mg/L y tiene un coeficiente de variación estadística de 39.8 %, seguido por la parte media con 17.8 mg/L con un coeficiente de variación estadística de 39.8 %, y con mayor sólidos totales la parte baja con 24.4 mg/L con un coeficiente de variación estadística de 37.4 %.

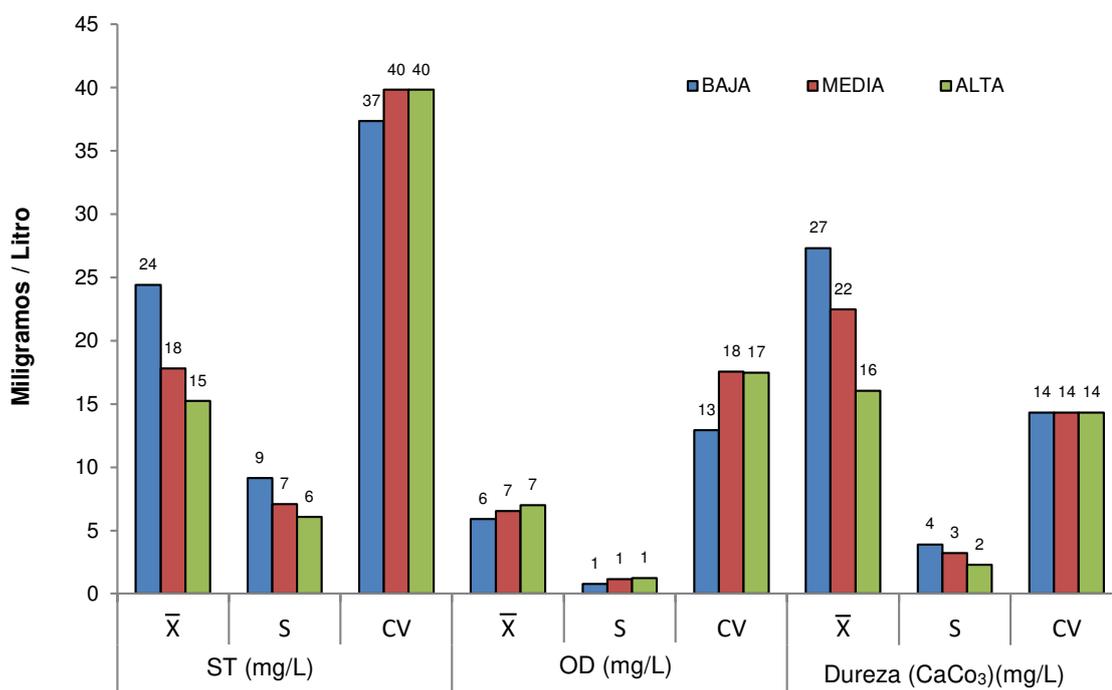


Figura 3. Sólidos totales, oxígeno disuelto y dureza

En el Cuadro 8 y Figura 3, se muestra en la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja tiene una menor concentración de oxígeno disuelto teniendo el valor de 5.9 mg/L la cual tienen un coeficiente de variación estadística de 12.9 %, seguido por la parte media teniendo un valor de 6.5 mg/L con un coeficiente de variación estadística de 17.6 %, y la parte alta similar con un valor promedio de 7.0 mg/L la cual tiene un coeficiente de variación estadística de 17.5 %.

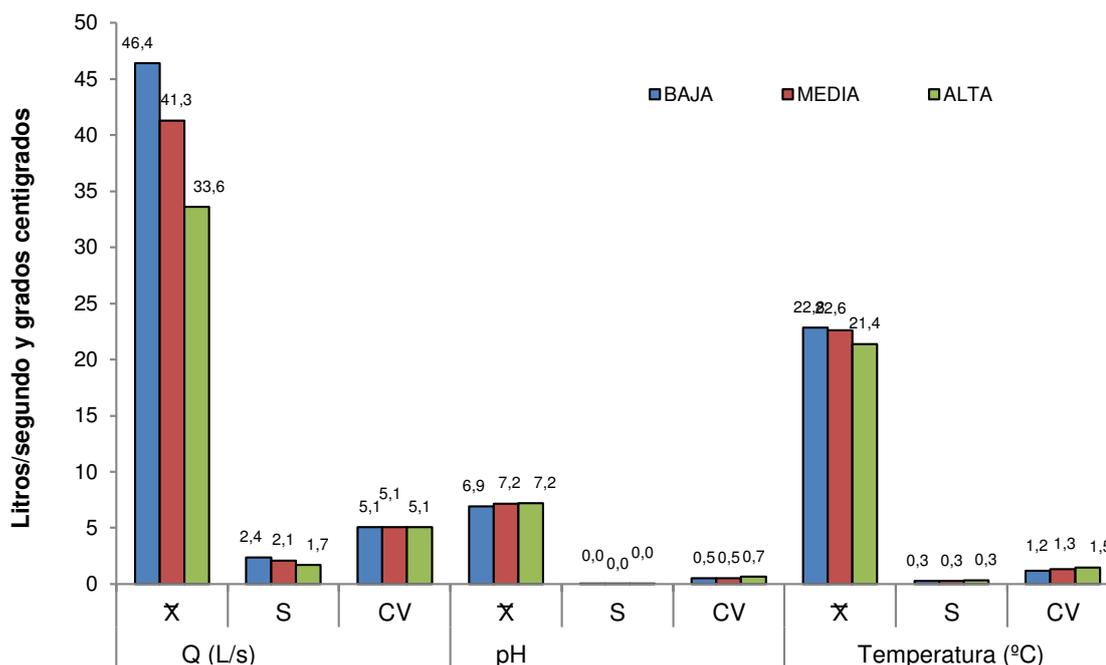


Figura 4. Caudal, pH y temperatura

También se muestra que en la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja es la que tiene una mayor temperatura teniendo un valor de 22.8 °C teniendo un coeficiente de variación estadística de 1.2 %, seguido por la parte media teniendo una temperatura de 22.6 °C con un coeficiente de variación estadística de 1.3 %, y teniendo una similar temperatura la parte alta con un valor de 21.4 °C la cual tiene un coeficiente de variación estadística de 1.5 %. También en el Cuadro 8 y Figura 3 se muestra que en la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja es la que tiene una mayor dureza (carbonato de calcio) teniendo el valor de 27.3 mg/L con un coeficiente de variación estadística de 14.3 %, seguido por la parte media con un valor de 22.5 mg/L contando con un coeficiente de variación estadística de 14.3 %, y con menor concentración de carbonato de calcio lo tiene la parte alta con un valor de 16.1 mg/L teniendo un coeficiente de variación estadística de 14.3 %.

#### 4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos

De acuerdo al Cuadro 9 se observa que el modelo muestra una alta significancia estadísticamente, y lo mismo sucede para los factores A: parte de la quebrada Asunción Saldaña (alta, media y baja), B: análisis fisicoquímico del agua (Caudal, pH, sólidos totales, oxígeno disuelto, temperatura y dureza), y la interacción A x B: parte de la quebrada y los análisis fisicoquímicos del agua, que tienen una alta significancia estadísticamente; este análisis indica que en la quebrada durante su trayectoria, tienen diferentes resultados de los parámetros evaluados, por lo que hace que su comportamiento sea inestable, además a estos resultados corrobora el coeficiente de variación estadística, ya que se obtuvo una variabilidad de 17.8 %.

Cuadro 9. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos

FV	Gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	17	10080.080	592.945	48.98	0.0001
A	2	368.510	184.255	15.22	0.0001
B	5	9306.548	1861.309	153.75	0.0001
AxB	10	405.021	40.502	3.35	0.0019
Error	54	653.729	12.106		
Total	71	10733.809			

$R^2 = 0.939096$ ;  $CV = 17.78485$ ; A: Quebrada A.Saldaña (Parte baja, media y alta); B: Análisis fisicoquímico (Caudal, pH, sólidos totales, oxígeno disuelto, temperatura y dureza)

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Parámetros microbiológicos**

#### **5.1.1. Estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos**

El caudal influye de una manera inversa a la cantidad de microorganismos presentes en el cuerpo de agua de la quebrada Asunción Saldaña (BUSTAMANTE, 2004), y en el Cuadro 8 se puede observar que la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja tiene mayor caudal en comparación con la parte media y alta, esto es debido a que el agua es aprovechada por la población de la parte alta de Asunción saldaña y la población de la quebrada del águila, quienes también se abastecen de esta microcuenca, además a medida que el cauce pasa por la microcuenca se ve influenciado por la vegetación, también el caudal está relacionado con la energía cinética (MARBELLO, 2001), por lo que una posible explicación es que a mayor caudal mayor distribución de los microorganismos y viceversa. También otro de los factores que influye en la cantidad de microorganismos es la contaminación humana (GARCIA, 2005), la quebrada Asunción Saldaña se encuentra en la microcuenca Asunción Saldaña, donde está la población de Asunción Saldaña, la población de la quebrada del Águila, y las actividades socioeconómicas de estas ocasionan la contaminación de los recursos hídricos, generadas por la agricultura, ganadería, el crecimiento demográfico entre otros (WHO, 1998 y PACHECO, 2002).

De acuerdo al capítulo IV del reglamento de la LEY GENERAL DE AGUAS D. L. N. 17752, sobre la clasificación de aguas, haciendo un contraste de acuerdo al artículo 81, la quebrada Asuncion Saldaña pertenece a la CLASE I, ya que estos cursos de agua son utilizados para fines de agua potable para la comunidad de Asunción Saldaña abasteciendo a los pobladores que viven en esta comunidad.

De acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua del D.S. N° 002-2008-MINAM, manifiestan que las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable que pueden ser potabilizadas con desinfección el límite es de 50 NMP/100mL para coliformes totales, mientras que las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos convencionales es de 200 NMP/100mL para coliformes termotolerantes y 3000 NMP/100mL para coliformes totales, y finalmente para potabilización con tratamientos avanzados es de 20000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes y 50000 NMP/100mL para coliformes totales; y mientras que para la *Escherichia coli* debe ser de 0 organismos/L para cualquiera de los tres tratamientos de potabilización del agua; y de acuerdo a los resultados obtenidos en la quebrada Asunción Saldaña las aguas no solo son necesarios desinfectarlos, sino que deben de tener tratamientos convencionales a avanzados, ya que no se encuentran dentro de los parámetros de los estándares de calidad de agua.

Pero de acuerdo a los estándares nacionales primarios y secundarios del agua potable establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos reproducidos con permiso de USEPA, reporta que las bacterias coliformes totales deben tener 1 ufc/100mL (GRAY, 1994). Y de acuerdo a las normas bacteriológicas para suministro de agua (DECRETO 475 de 1998) recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta que los coliformes totales en tubos múltiples debe tener 2 ufc/100mL. Entonces de acuerdo a los resultados, la quebrada estudiada (Asunción Saldaña) se encuentran fuera de los parámetros microbiológicos en cuanto a los estándares de calidad del agua (ROMERO y PACHECO, 2002).

Los análisis microbiológicos efectuados muestran que el número de coliformes totales por mililitro están elevados y fuera del límite permisible según los estándares Nacional de la calidad de agua, coincidiendo con SÍAS (2011) y DIMAS (2011) quienes reportaron alta contaminación en aguas para consumo humano. Los resultados obtenidos se deben de considerar como señal de alarma desde el punto de vista sanitario, pues el alto índice de coliformes totales tienen equivalencias en la quebrada Asunción Saldaña, lo mismo en lo que respecta a los coliformes termotolerantes, corroborando con SEOANEZ (1999) quien manifiesta que la contaminación microbiológica constituye una excelente señal de alarma, y además con GONZÁLES y GUTIERREZ (2005) quienes manifiestan que basta un parámetro fuera de los límites para que se determina que el agua no esté apta para el consumo. La presencia también en alto grado de microorganismos tipo fungí (mohos y levaduras), confirman que la quebrada Asunción Saldaña que abastece a la población de Asunción Saldaña

recibe una alta presión selectiva respecto a la falta de mantenimiento permanente y de un tratamiento adecuado del agua allí almacenada, esto concuerda a lo manifestado por CEPIS/OPS (2013) y PACHECO (2002).

Los indicadores biológicos de acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua del D.S. N° 002-2008-MINAM, tanto para agua para potabilizar por desinfección, como por tratamiento convencional y/o avanzado, el agua debe mostrar ausencia de parásitos, corroborando a los resultados obtenidos, así también a los resultados obtenidos por DIMAS (2011); CEPIS (2002) manifiesta que la desinfección no basta para el consumo humano ya que los *Cryptosporidium*, *Neogleria*, y los parásitos son resistentes al cloro y a los tratamientos de agua. Es por ello que REINHEHEIMER (1987) manifiesta que estos indicadores biológicos deben de presentar ausencia para consumo humano corroborando a la OMS (2013).

El efecto de la contaminación microbiológica puede apreciarse en la aparición de enfermedades gastrointestinales, parasitosis y otras que disminuyen la salud de la población en su conjunto y puede traducirse en aumento de la tasa de morbilidad y mortalidad principalmente infantil (CEPIS/OPS, 2013).

Los resultados concernientes a los microorganismos totales mesófilos aerobios confirman lo antes mencionado, en el sentido de que existe una contaminación en la quebrada Asunción Saldaña, y que esta presumiblemente se incrementaría en las épocas de precipitaciones, además de la presencia moderada de sólidos suspendidos que intensifican la

contaminación presumiendo aún que éstos contengan sustancias tóxicas para el organismo (DIGESA, 1994).

### **5.1.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos**

En el Cuadro 7 el diseño muestra un coeficiente de variación estadística de 28.8 % la cual es no tan baja, PIMENTEL (1997) menciona que para tratamientos de carácter natural son aceptables, también el diseño muestra un coeficiente de determinación de 0.9681, existiendo baja correlación estadística en el modelo de los parámetros microbiológicos.

## **5.2. Parámetros fisicoquímicos**

### **5.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos**

De acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental del agua D.S. N° 002-2008-MINAM, los sólidos disueltos totales para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamientos convencionales deben tener el valor de 1000 mg/L, mientras que para tratamientos avanzados deben de tener un valor de 1500 mg/L, y de acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 8) la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja, media y alta se encuentra dentro de los estándares, ya que son menores de acuerdo al decreto supremo. El pH de acuerdo a los estándares para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección deben de encontrarse en el rango de 6.5 – 8.5, y con tratamientos convencionales y avanzados deben estar en el rango de 5.5 – 9.0, y de acuerdo a los resultados obtenidos la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja, media y alta se encuentra dentro de los estándares. El oxígeno disuelto de acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental del agua

que pueden ser potabilizadas con desinfección deben ser mayores o iguales a 6.0 mg/L, con tratamientos convencionales deben ser mayores o iguales a 5.0 mg/L, y para tratamientos avanzados deben ser mayores o iguales a 4.0 mg/L, y de acuerdo a los resultados obtenidos la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja, media y alta se encuentra dentro de los estándares. La dureza (carbonato de calcio) de acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental del agua que pueden ser potabilizadas con desinfección deben tener el valor de 500 mg/L, y de acuerdo a los resultados obtenidos la quebrada Asunción Saldaña en la parte baja, media y alta se encuentra dentro de los estándares.

Pero de acuerdo a los estándares nacionales primarios y secundarios del agua potable establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos reproducidos con permiso de USEPA, reporta que el pH debe encontrarse entre los rangos de 6.5 – 8.5 (GRAY, 1994), por lo que la quebrada Asunción Saldaña, muestra que se encuentra dentro de los parámetros establecidos; pero de acuerdo a los estándares establecidos por la Comunidad Europea (CE) para las aguas superficiales destinadas a captación para agua de consumo los límites de los sólidos suspendidos totales es de 25 mg/L, encontrándose la quebrada Asunción Saldaña fuera de los parámetros (Cuadro 8); y el límite del oxígeno disuelto en saturación debe de encontrarse a mayor de 70 % (GRAY, 1994), y de acuerdo a los resultados obtenidos la quebrada Asunción Saldaña se encuentran dentro de estos límites permisibles. Los estándares de calidad de agua para consumo humano (USEPA) recomendada por la Organización

Mundial de Salud (OMS), reporta que el rango del pH debe de encontrarse entre 6.5 – 8.5; entonces de acuerdo a los resultados, la quebrada estudiada Asunción Saldaña (parte baja, media y alta) se encuentran dentro de los parámetros fisicoquímicos en cuanto a los estándares de calidad del agua (ROMERO, 2002), por lo tanto es apta para consumo humano, pero con un previo tratamiento de desinfección (cloración) y convencional (filtración) como lo recomienda CEPIS/OPS (2013).

### **5.2.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos**

El diseño muestra un coeficiente de variación estadística de 17.78 %, encontrándose una variación alta estadísticamente (PIMENTEL,1997); pero los indicadores fisicoquímicos del agua están dentro de los estándares de calidad de agua y límites permisibles; la Ley N° 28817, menciona que para tratamientos de carácter natural son aceptables, también el diseño muestra un coeficiente de determinación de 0.9390, existiendo medianamente una correlación estadística en el modelo de los parámetros fisicoquímicos.

## VI. CONCLUSIONES

1. El agua de la quebrada Asunción Saldaña, en lo que respecta a NMAV, está fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, bajo:  $1.7 \times 10^3$  ufc/mL, medio:  $5.3 \times 10^3$  ufc/mL, y alta:  $2.5 \times 10^3$  ufc/mL.
2. Considerando al NMP de coliformes, las aguas se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, bajo: 322.5 ufc/mL, medio: 150.8 ufc/mL, y alto: 17.0 ufc/mL.
3. La quebrada en lo que respecta a NML están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, bajo:  $9.00 \times 10^3$  ufc/mL, medio:  $7.5 \times 10^3$  ufc/mL, y alto:  $2.25 \times 10^3$  ufc/mL.
4. La quebrada en lo que respecta a *Escherichiacoli* están fuera de los límites máximos permisibles para consumo directo, bajo: 263.3 ufc/mL, medio: 108.3 ufc/mL, y alto: 4.8 ufc/mL.
5. El agua de la quebrada Asunción Saldaña no presenta *Parásitos*, *Neagleriay* *Criptosporidium*.
6. En lo referente a parámetros físicos-químicos, las zonas de las aguas de la quebrada muestreada están dentro de los límites máximos permisibles.
7. Las aguas de la quebrada Asunción Saldaña por estar fuera de los límites máximos permisibles con respecto a los parámetros microbiológicos no son aptas para el consumo humano.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Generar un proyecto de inversión pública para el diseño de un sistema completo de tratamiento para las aguas de la quebrada que abastecen a los pobladores de Asunción Saldaña, que consideren: almacenamiento, sedimentación, filtración y cloración.
2. Sugerir a la comunidad de la quebrada de Asunción Saldaña que por lo menos se sometan el agua de la quebrada a filtración y luego a un proceso de cloración utilizando 60 g de cloro granulado, cloro en tabletas de 200 mg ó un litro de cloro líquido, para 20 metros cúbicos y mantenimiento del sistema de tratamiento.
3. Sugerir a los consumidores de la quebrada de Asunción Saldaña realizar el proceso de ebullición (100 °C/10 minutos) del agua para eliminar los microorganismos presentes.
4. Hacer un trabajo de investigación sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo a las estaciones del año, realizando los análisis tanto en los reservorios como en la corriente de la quebrada Asunción Saldaña, esto permitirá obtener resultados confiables.

## QUALITY OF THE WATER OF ASUNCIÓN SALDAÑA STEAM - Tingo María

### VIII. ABSTRACT

The present research aimed to determine the water quality of the creek watershed Asuncion Saldaña. The methodology consisted of sample collection and storage, which later physical parameters were determined: appraisals to determine flow, total suspended solids (TSS), temperature, microbiological parameters: total coliforms, Escherichia coli, enumeration of molds and yeasts, and number of viable aerobic microorganisms, and chemical parameters: pH, dissolved oxygen and hardness. In areas of the creek in Asuncion Saldaña regards NMAV are beyond the maximum allowable limits for direct consumption, Low:  $1.7 \times 10^4$  ufc/mL, mean:  $5.3 \times 10^3$  ufc/mL, and High:  $2.5 \times 10^3$  ufc/mL; MPN of coliform, the waters are beyond the maximum allowable limits for direct consumption, Low: 322.5 ufc/mL, mean: 150.8 ufc/mL, and high: 17.0 ufc/mL, in regard to NML are off maximum permissible limits for direct consumption, Low:  $9.00 \times 10^3$  ufc/mL, mean:  $7.5 \times 10^3$  ufc/mL, and High  $2.25 \times 10^3$  ufc/mL; regarding Escherichia coli are beyond the maximum allowable limits for direct consumption, Low: 263.3 ufc/mL, mean: 108.3 ufc/mL, and High: 4.8 ufc/mL; do not have parasites, Neagleria and Cryptosporidium, and in terms of physical - chemical parameters, areas of the sampled waters are broken within maximum permissible limits.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, L. 2001. Métodos de Análisis de parámetros del agua, 7ªEdic. Madrid, España.120p
- APHA, AWWA, WAB. 1999. Métodos estándares de Análisis de Agua, American PublicHealthAsociation, N.W., Washington, USA.50p
- ASTO, J. 2004. Química Ambiental. Lima, Perú.305p
- BUJAN, D. 1997. Análisis del agua. [En línea]: SCIELO, (<http://www.scielop.org/scielo.php?monografias.com>, 11 Ene. 2014).
- BUSTAMANTE, M. 2004. Proyecto de ley que establece que los Estándares de calidad ambiental y los niveles máximos permisibles no pueden ser superiores a los valores guía de las OMS.120p
- CALDERON, J. 2004. Indicadores ambientales. [En línea]: Ideam, (<http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad5.htm>, 22 Dic. 2013).
- CEPIS/OPS, 2013. Vigilancia y Control de la Calidad del agua para el Consumo Humano. [En línea]: CEPIS, ([www.cepis.opsoms.org](http://www.cepis.opsoms.org)., 3 Dic. 2013).
- DIGESA. 1994. Análisis Microbiológico de Aguas Residuales por Técnicas de los Tubos Múltiples de Fermentación (NMP), Dib. .Cap/Abril-1994.28p
- DIMÁS N., L. 2011. Calidad del agua del río Huallaga – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva.114p

- ESPINOZA. 2002. Inventario y Análisis de Pozos de Agua Subterránea en Castillo Grande y Brisas del Huallaga – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.98p
- FAO. 2014. Informe sobre la Disponibilidad de agua en el mundo. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/landwater/aglw/aquastabweb/dbase/html>., 13 Ene. 2014).20p
- GARCÍA, M. A. 2005. Agua y Biodiversidad en Montes Azules. Revista Hojarasca N° 87. México. 80p
- GONZALES, M. I., GUTIERREZ, J., 2005. Método gráfico para la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas recreativas, Centro Habana, CIP 10300, Cuba, 132 p.
- GRAY, N. F. 1994. Calidad del Agua Potable. Editorial, Acribia, S.A. Madrid, España. 365 p.
- KEMMER, 1989. Agua de pozos. Ediciones Mundi Prensa. Barcelona. España.
- IPET, 1998. Saneamiento y Salud Ambiental. Administración de Programas de Salud Ambiental, Lima, Perú. 27 p.
- LENNTECH, 2005. El agua y la Salud. [En línea]: LENNTECH, ([www.lenntech.com/espanol/FAQ-salud-agua.htm](http://www.lenntech.com/espanol/FAQ-salud-agua.htm)., 2 Dic. 2013).
- MARBELLO, R. 2001. Hidrometría y Aforo de Corrientes Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. Colombia.63p
- MINAM. 2008. Decreto supremo N° 002-2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

- MINAM, 2007. Ley general de aguas - Reglamento de los Títulos I, II y III. D.L. 17752 sobre la Ley General de Aguas de 1969. D.S. Nº 261-69-AP.
- OMS, 2013. Sistemás de abastecimiento de agua. [En línea]: OMS, ([www.who.int/m/topics/sustainable water supply sanitation/es/html](http://www.who.int/m/topics/sustainable_water_supply_sanitation/es/html)., 10 Dic. 2013).
- PACHECO, G. 2002. El Agua y su distribución en el planeta. Liceo Politécnico Los Dominicos. Las Condes, Región Metropolitana. Chile.115p
- PIMENTEL, F. 1997. Estadística Experimental. 12ªedic. EditLivrariaNovel. Univ. Sao Paulo. Paracicaba, Estado do São Paulo-Brasil.
- PRIETO, J. 2002. El Agua: Sus Formás, Efectos, Abastecimiento, Usos, Daños, Control y Conservación. Fundación Universidad Central. Bogotá, Colombia.118p
- RHENHEIMER, G. 1987. Microbiología de las Aguas. España. Editorial Acribia. S.A, Zaragoza. España.318p
- RODRÍGUEZ, J. C.; ROYO, G. 2004. Cryptosporidium y criptosporidiosis Control Calidad Seimc Servicio de Microbiología. Hospital General Universitario de Elche. Universidad Miguel Hernández. Elche (Alicante). [En línea]: Seimc, ([http://www.seimc.org/control/revi\\_Para/crypto.htm](http://www.seimc.org/control/revi_Para/crypto.htm), 16 Nov. 2013).
- ROMERO, J. A. 1998. Calidad de Aguas. Editorial, NOMOS S.A. Madrid, España. 410p.
- SIERRA, R. 2001. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U. Bogota. Colombia. 457 p.
- SEOANEZ, M. 1999. Aguas Residuales. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 347 p.

- SIAS, R. 2011. Contaminación microbiológica y parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de abastecimiento de agua del BRUNAS – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 110p.
- UNAS, 2014. Gabinete de meteorología y climatología. 10 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1998. Rich-poor gap remains in death. Reuters News Service.

## **IX. ANEXO**

## Anexo A. Analisis estadístico definitivo

## 1. Microbiológico

obs	A	B	MICROB
1	a1	b1	14500
2	a1	b1	17000
3	a1	b1	21000
4	a1	b1	18500
5	a1	b2	240
6	a1	b2	240
7	a1	b2	460
8	a1	b2	350
9	a1	b3	9000
10	a1	b3	9000
11	a1	b3	10000
12	a1	b3	8000
13	a1	b4	210
14	a1	b4	93
15	a1	b4	460
16	a1	b4	290
17	a2	b1	4000
18	a2	b1	5000
19	a2	b1	8000
20	a2	b1	4000
21	a2	b2	150
22	a2	b2	43
23	a2	b2	240
24	a2	b2	170
25	a2	b3	8000
26	a2	b3	7000
27	a2	b3	8000
28	a2	b3	7000
29	a2	b4	45
30	a2	b4	28
31	a2	b4	240
32	a2	b4	120
33	a3	b1	1000
34	a3	b1	4000
35	a3	b1	4000
36	a3	b1	3000
37	a3	b2	23
38	a3	b2	9
39	a3	b2	23
40	a3	b2	13
41	a3	b3	3000

42	a3	b3	2500
43	a3	b3	1500
44	a3	b3	2000
45	a3	b4	0
46	a3	b4	3
47	a3	b4	10
48	a3	b4	6

General Linear Models Procedure  
Class Level Information

Class	levels	Values
A	3	a1 a2 a3
B	4	b1 b2 b3

Number of observations in data set = 48

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: MICROB

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr> F
Model	11	1287082723.91666000	117007520.35606000	99.34	0.0001
Error	36	42402612.00000000	1177850.33333333		
cprrcted	47	1329485335.91666000			

R-Square	C.V	Root MSE	MICROB Mean
0.968106	28.86629	1085.28813378	3759.70833333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	Square F Value	Pr> F
A	2	260747383.04166600	130373691.52083300	110.69	0.0001
B	3	657759688.08333300	219253229.36111100	186.15	0.0001
A*B	6	368575652.79166600	61429275.46527780	52.15	0.0001

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: MICROB

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 36 MSE= 1177850

Number of Means 2 3  
Critical Range 778.2 818.1

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	A
-----------------	------	---	---

A	6833.9	16	a1
B	3252.3	16	a2
C	1192.9	16	a3

## General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: MICROB

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 36 MSE= 1177850  
 Critical Value of Studentized Range= 3.457  
 Minimum Significant Difference= 937.89

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	6833.9	16	a1
B	3252.3	16	a2
C	1192.9	16	a3

## General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: MICROB

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 36 MSE= 1177850

Number of Means 2 3 4  
 Critical Range 898.6 944.7 974.7

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	A
A	8500.0	12	b1
B	6250.0	12	b3
C	163.4	12	b2
C	125.4	12	b4

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: MICROB

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 36 MSE= 1177850  
 Critical Value of Studentized Range= 3.809  
 Minimum Significant Difference= 1193.3

Means with the same letter are not significantly different.

TukeyGrouping	Mean	N	A
A	8500.0	12	b1
B	6250.0	12	b3
C	163.4	12	b2
C	125.4	12	b4

Level -----MICROB-----

A	B	N	Mean	SD
a1	b1	4	17750.0000	2723.35577
a1	b2	4	322.5000	105.31698
a1	b3	4	9000.0000	816.49658
a1	b4	4	263.2500	154.10684
a2	b1	4	5250.0000	1892.96945
a2	b2	4	150.7500	81.54089
a2	b3	4	7500.0000	577.35027
a2	b4	4	108.2500	96.50000
a3	b1	4	2500.0000	1290.99445
a3	b2	4	17.0000	7.11805
a3	b3	4	2250.0000	645.49722
a3	b4	4	4.7500	4.27200

## 2. Físicoquímico

Obs	A	B	MICROB
1	a1	b1	44.98
2	a1	b1	49.77
3	a1	b1	44.57
4	a1	b1	46.34
5	a1	b2	6.91
6	a1	b2	6.96
7	a1	b2	6.87
8	a1	b2	6.92
9	a1	b3	33.5
10	a1	b3	15.6
11	a1	b3	17.6
12	a1	b3	31
13	a1	b4	5.11
14	a1	b4	6.79

---

15	a1	b4	5.43
16	a1	b4	6.22
17	a1	b5	22.5
18	a1	b5	22.7
19	a1	b5	23
20	a1	b5	23.1
21	a1	b6	31.98
22	a1	b6	22.85
23	a1	b6	25.77
24	a1	b6	28.62
25	a2	b1	40
26	a2	b1	44.26
27	a2	b1	39.63
28	a2	b1	41.21
29	a2	b2	7.16
30	a2	b2	7.21
31	a2	b2	7.12
32	a2	b2	7.17
33	a2	b3	26.2
34	a2	b3	11.3
35	a2	b3	12.6
36	a2	b3	21.1
37	a2	b4	5.18
38	a2	b4	7.84
39	a2	b4	6.11
40	a2	b4	7.02
41	a2	b5	22.3
42	a2	b5	22.8
43	a2	b5	22.9
44	a2	b5	22.4
45	a2	b6	26.31
46	a2	b6	18.8
47	a2	b6	21.2
48	a2	b6	23.55
49	a3	b1	32.58
50	a3	b1	36.05
51	a3	b1	32.28
52	a3	b1	33.57
53	a3	b2	7.22
54	a3	b2	7.23
55	a3	b2	7.14
56	a3	b2	7.25
57	a3	b3	22.44
58	a3	b3	9.68
59	a3	b3	10.79

---

60	a3	b3	18.07
61	a3	b4	5.36
62	a3	b4	8.1
63	a3	b4	6.81
64	a3	b4	7.75
65	a3	b5	21.1
66	a3	b5	21.5
67	a3	b5	21.8
68	a3	b5	21.2
69	a3	b6	18.8
70	a3	b6	13.43
71	a3	b6	15.15
72	a3	b6	16.83

General Linear Models Procedure  
Class Level Information

Class	levels	Values
A	3	a1 a2 a3
B	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: FISICO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	10080.08006250	592.94588603	48.98	0.0001
Error	54	653.72962500	12.10610417		
cprrected	71	10733.80968750			

R-Square	C.V	Root MSE	MICROB Mean
0.939096	17.78485	3.47938273	19.56375000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	Square F Value	Pr > F
A	2	368.51080000	184.25540000	15.22	0.0001
B	5	9306.54822917	1861.30964583	153.75	0.0001
A*B	10	405.02103333	40.50210333	3.35	0.0019

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: FISICO

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the

experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 12.1061

Number of Means 2 3

Critical Range 2.014 2.118

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	A
A	22.295	24	a1
B	19.640	24	a2
C	16.755	24	a3

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: FISICO

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 12.1061  
 Critical Value of Studentized Range= 3.408  
 Minimum Significant Difference= 2.4206

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	22.295	24	a1
B	19.640	24	a2
C	16.755	24	a3

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: FISICO

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 12.1061  
 Number of Means 2 3 4 5 6  
 Critical Range 2.848 2.996 3.093 3.163 3.218

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	A
A	40.437	12	b1
B	22.275	12	b5
C B	21.941	12	b6
C	19.157	12	b3
D	7.097	12	b2
D	6.477	12	b4

## General Linear Models Procedure

## Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: FISICO

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 12.1061  
 Critical Value of Studentized Range= 4.178  
 Minimum Significant Difference= 4.1967

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	40.437	12	b1
B	22.275	12	b5
B	21.941	12	b6
B	19.157	12	b3
C	7.097	12	b2
C	6.477	12	b4

Level of Level of -----FISICO-----

A	B	N	Mean	SD
a1	b1	4	2.36113673	2.36113673
a1	b2	4	0.03696846	0.03696846
a1	b3	4	9.12957648	9.12957648
a1	b4	4	0.76133107	0.76133107
A1	B5	4	0.27537853	0.27537853
A1	B6	4	3.90675057	3.90675057
a2	B1	4	2.10127739	2.10127739
a2	B2	4	7.1650000	0.03696846
A2	B3	4	17.8000000	7.08848832
A2	B4	4	6.5375000	1.14816883
A2	B5	4	22.6000000	0.29439203
A2	B6	4	22.4650000	3.21422360
A3	B1	4	33.6200000	1.71119841
A3	B2	4	7.2100000	0.04830459
A3	B3	4	15.2450000	6.07082916
A3	B4	4	7.0050000	1.22448629
A3	B5	4	21.4000000	0.31622777
A3	B6	4	16.0525000	2.29820763

Anexo B. Panel fotográficos



Figura 1: Rumbo al trabajo de campo



Figura 2: Recolecci3n de muestra de agua



Figura 3: Preparación de los Materiales de vidrio para muestra de agua



Figura 4: Preparación de los tubos de ensayo



Figura5: Pesado del Medio de cultivo



Figura 6: Disolución del medio de cultivo



Figura 7: Centrifugado del medio de cultivo



Figura 8: Sembrando muestra en medio de cultivo



Figura9: Confirmación de coliformes fecales en caldo E coli 44.5°C

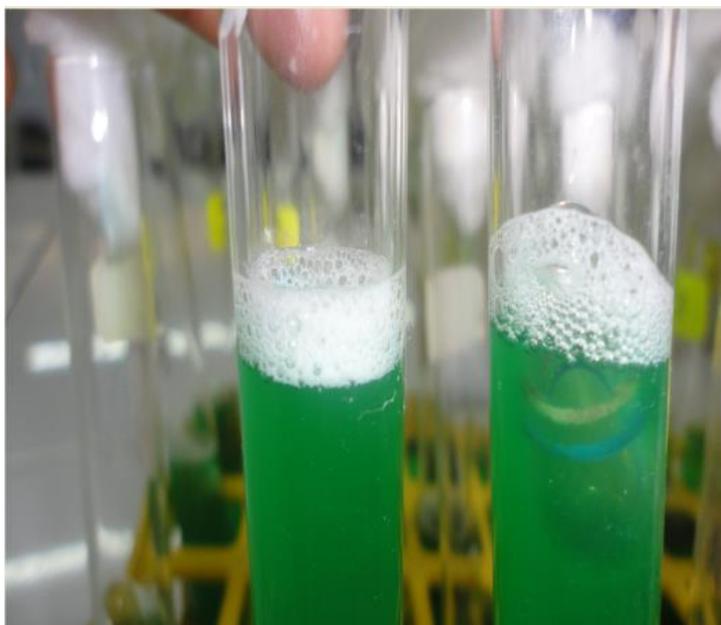


Figura10: Confirmacion de coliformes totales en caldo brilla 37°C



Figura 11: Se observa presencia de micro organismos



Figura 12: Medio de cultivo en INVIC para lectura



Figura 13: Prueba *E. coli*



Figura14: Anotando Lectura de pH muestra de agua



Figura15: Tiulaci3n para determinar la dureza del agua

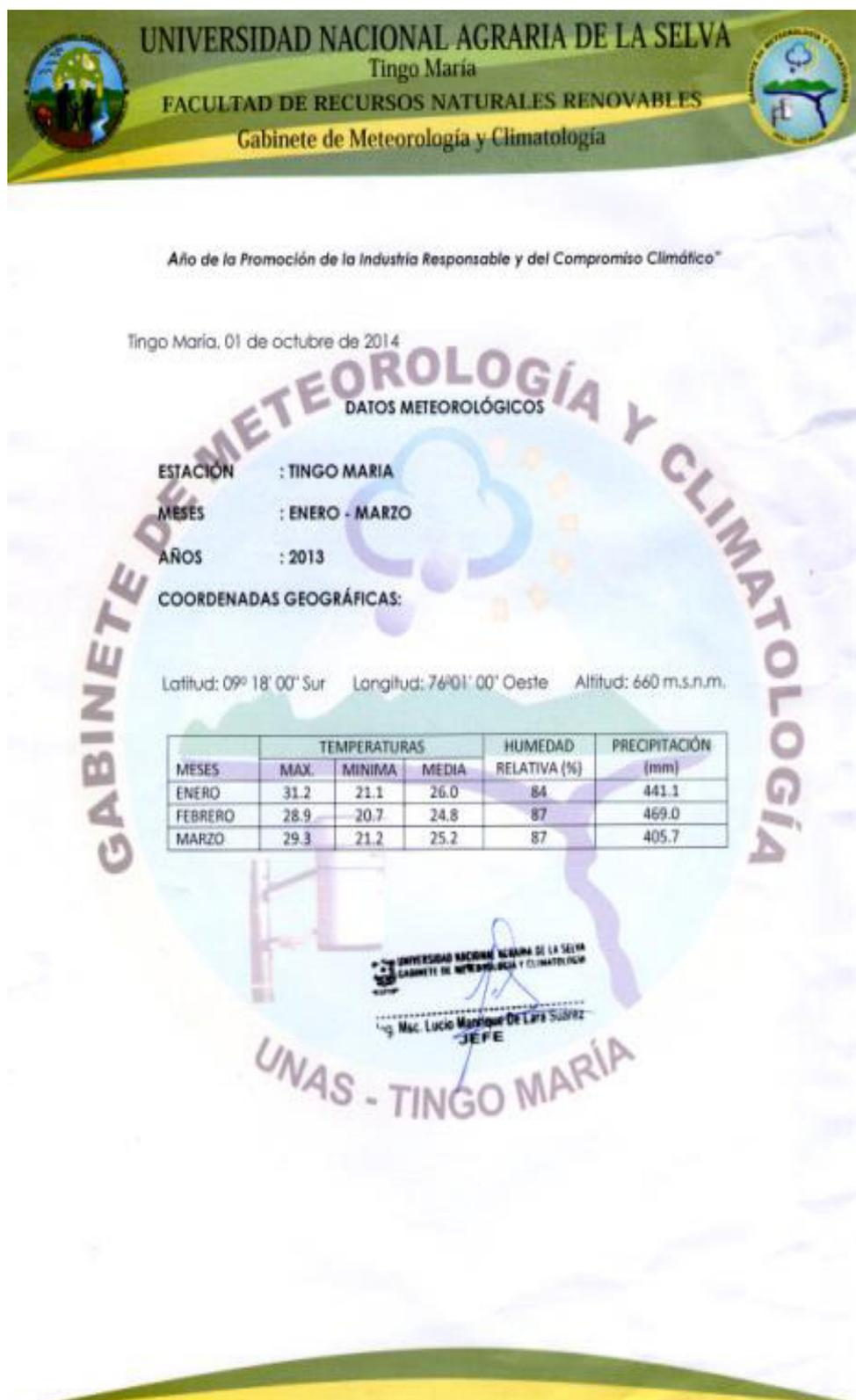


Figura16: Muestra de agua para determinar s3lidos totales



Figura17: Lectura de oxígeno disuelto en muestra de agua

## Anexo C: Información climática de la zona de trabajo



Anexo D: Mapa de ubicación política

