

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**DETERMINACIÓN DEL USO DE SUELO Y DIAGNÓSTICO FÍSICOQUÍMICO Y  
MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO DOMÉSTICO  
EN LA COMUNIDAD DE QUILAPERQUE, MUNICIPIO DE LA PAZ, LA PAZ**

**POR**

**KAREN YANELY ARGUETA BENÍTEZ**

**DIAGNÓSTICO**

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

MAYO, 2016

**DETERMINACIÓN DEL USO DE SUELO Y DIAGNÓSTICO FÍSICOQUÍMICO Y  
MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO DOMÉSTICO  
EN LA COMUNIDAD DE QUILAPERQUE, MUNICIPIO DE LA PAZ, LA PAZ**

**POR**

**KAREN YANELY ARGUETA BENITEZ**

**M.Sc. JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ**

Asesor principal

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS, C.A.**

**MAYO, 2016**

## **DEDICATORIA**

Somos seres surgidos de la tierra, del agua y del maíz  
Berta Cáceres

A DIOS todo poderoso, por darme la valentía fuerza, voluntad y perseverancia necesaria para alcanzar una nueva meta en mi vida.

A mis padres Eleazar Argueta y Lorena Benítez, que con mucho esfuerzo me han brindado su apoyo y siempre han estado para darme su cariño y amor incondicional con el cual contaré siempre y lo que me hace ser mejor persona cada día.

A mis hermanas: Yaneth, Nohemy, Audely y a mi hermano Edwin: por ser pilares fundamentales en mi vida con quienes he contado y contare siempre ya que son mi mayor fortaleza en mi formación.

A mis sobrinos Yersson, Yoseph, Brandhon y mi sobrina Emily quienes siempre van ser parte de mi vida y de mis logros.

Al Dr.MV. Pedro Zúniga: por su apoyo incondicional por formar parte de mi vida personal y profesional compartiendo siempre cada momento durante mi formación.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS por concederme la vida e iluminarme en este camino, por darme la fortaleza y la valentía para llegar al final de esta meta.

A mis padres Eleazar Argueta y Lorena Benítez por confiar siempre en mí, por su apoyo y consejos brindados durante el transcurso de mi carrera.

A mis hermanas y a mi hermano por su apoyo y muestras de cariño durante toda mi carrera.

A mi sobrina y sobrinos porque siempre están para darme su cariño y hacer mi vida feliz.

Al Dr.MV. Pedro Zúniga por sus muestras de cariño, amor y por todo su apoyo durante el desarrollo de este trabajo y de mi formación profesional.

A mis asesores M.Sc. Jorge Cardona, M.Sc. Gerardo Lagos y M.Sc. Ramón Canaca, por el apoyo insustituible, los conocimientos aportados y el tiempo que me brindaron para culminar con éxito este trabajo de investigación.

A la Prof. Marina Sánchez, Ing. Walter García, Daniel Fúnez por formar parte de este trabajo y a toda la Junta de agua de la comunidad de Quilaperque por todo su apoyo brindado durante la realización de mi trabajo de investigación.

A mis compañeras de cuarto y carrera Sarahi e Icdania, por ser parte de cada momento vivido durante toda nuestra carrera y por convertirse en personas importantes en mi vida.

A mi Alma Mater la Universidad Nacional de Agricultura, por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios, la cual recordaré con mucho amor y orgullo.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
3.1 Objetivo general .....	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
4.1 Generalidades del agua.....	13
4.2 Composición y estructura del agua .....	13
4.3 Microcuenca y calidad del agua .....	14
4.4 Caracterización de las cuencas hidrográficas.....	14
4.5 Manejo integrado de cuencas .....	15
4.6 Calidad del agua .....	15
4.7 Importancia de calidad del agua.....	15
4.8 Contaminación del agua .....	16
4.8.1 Contaminación del agua por fertilizantes .....	17
4.8.2 Contaminación del agua por plaguicidas.....	17
4.9 Uso del suelo y calidad del agua .....	17
4.10 Incendios forestales y su influencia en la calidad del agua .....	18
4.11 Agricultura y ganadería y su influencia en la calidad del agua.....	18
4.12 Monitoreo de la calidad del agua .....	19
4.13 Parámetros para la determinación de la calidad del agua.....	19
4.14 Índice de calidad de agua ICA .....	22
4.15 Método de componentes principales .....	24

4.16 Estado de la calidad del agua en Honduras .....	24
4.17 Norma Técnica para la Calidad del Agua .....	25
4.18 El derecho al agua .....	26
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>27</b>
5.1 Ubicación del área de investigación.....	27
5.2 Descripción de la microcuenca Silca .....	28
5.3 Materiales y equipo .....	28
5.4 Manejo de la investigación.....	28
5.5 Variables a medir .....	29
<b>V. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
6.1 Uso del suelo en la zona de recarga de la microcuenca Silca.....	32
6.2 Determinar la calidad de agua a través del análisis fisicoquímico y microbiológico .....	33
6.2.1 Indicadores de la calidad de agua .....	33
6.2.2 Análisis índice de calidad de agua general ICA NSF.....	43
6.3 Establecer cual de los parámetros utilizados tiene una mayor correlación con el ICA .....	44
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Parámetros de calidad del agua y su valor permitido para consumo humano... 23	
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación de la calidad de agua por el color “ICA” propuesto por Brown.. 23	
<b>Cuadro 3.</b> Parámetros para calidad del agua potable en Honduras: Norma Técnica ..... 26	
<b>Cuadro 4.</b> Consideraciones para colecta de muestras de agua ..... 29	
<b>Cuadro 5.</b> Pesos relativos para cada parámetro del “ICA” ..... 30	
<b>Cuadro 6.</b> Análisis del índice de calidad de agua ICA NSF ..... 43	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica del área de estudio, Microcuenca Silca, La Paz, Honduras	27
<b>Figura 2</b> Uso del suelo de la fuente abastecedora de agua de Quilaperque de la microcuenca Silca.....	32
<b>Figura 3</b> Medición de temperatura.....	34
<b>Figura 4</b> Medición de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	35
<b>Figura 5.</b> Medición de Fósforo total. ....	35
<b>Figura 6</b> Medición de Oxígeno disuelto.....	36
<b>Figura 7</b> Medición de Solidos Disueltos Totales .....	37
<b>Figura 8</b> Medición de Turbidez. ....	38
<b>Figura 9</b> Medición de pH.....	39
<b>Figura 10</b> Medición de color verdadero.....	40
<b>Figura 11.</b> Medición de Coliformes termotolerantes .....	42
<b>Figura 12</b> Parámetros con mayor correlación en el ICA de la NSF.....	44



## LISTA DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo 1.</b> Cuadro de resultados del Laboratorio CESCOO .....	54
<b>Anexo 2.</b> Análisis de componentes principales, datos estandarizados y autovalores .....	54
<b>Anexo 3.</b> Cálculos (Subi) del Índice de Calidad General ICA.....	55
<b>Anexo 4.</b> Fotografías de toma de muestras, georreferenciación y obratoma .....	56
<b>Anexo 5.</b> Mapa de puntos de muestreo .....	58

**Argueta, K. 2016.** Determinación del uso de suelo y diagnóstico fisicoquímico y microbiológico de la calidad de agua para consumo doméstico en la comunidad de Quilaperque, municipio de La Paz, La Paz. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 60 p.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la fuente abastecedora de agua de la comunidad de Quilaperque municipio de La Paz, La Paz en un periodo de enero a marzo de 2016, con el objetivo de determinar el uso de los suelos aledaños a la fuente, y conocer el estado de la calidad del agua para consumo humano. El uso de suelo se determinó mediante la georreferenciación y el uso de herramientas de sistemas de información geográfica encontrando que la mayor parte del área de recarga en la fuente, está cubierta por cafetales en un 60.28%, el cual está ubicado en la parte alta siendo suelos con una elevación de 1,462 msnm. El resto del área un 39.72% de bosque compuesta por una mayor proporción con árboles de pino, una porción significativa de matorrales y arboles tales como Guama (*Inga edulis*), Encino (*Quercus robur*), Capulín (*Prunus calicifolia*) y Tatascan (*Perymenium grande*). En la calidad de agua se realizaron análisis de laboratorio de los principales parámetros físicos, químicos y bacteriológicos indicadores de la calidad de agua para consumo humano. Se muestrearán cinco puntos cuyos resultados se compararán con los valores permitidos por la Norma Técnica Nacional de Calidad de Agua Potable de Honduras. Posteriormente se adaptaron al Índice de Calidad de Agua ICA NSF, cuyos resultados promedios en los tres muestreos fueron de 55.15 %, 56.01%, 57.74% obteniendo un promedio total de 56.30% esto indica que el agua se encuentra en un estado regular lo cual muestra que necesita un tratamiento para que sea segura para el consumo doméstico. Al final los resultados del Índice de Calidad de Agua se correlacionaron mediante el análisis de componentes principales en el primer muestreo se observó que los que más influyen son el oxígeno disuelto y turbidez, en el segundo muestreo que asocia a las variables DBO y Fosforo total; por último, se da una variación en coliformes y solidos disueltos totales, siendo el pH y la temperatura que no influyeron ya que están aislados de las demás variables.

**Palabras clave:** Índice de Calidad de Agua, ICA NSF, Coliformes termotolerantes, Valor Permisible, SIG.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El agua es considerada el segundo después recurso más importante del oxígeno para la humanidad, es necesario conocer sus propiedades como aprovecharla y utilizarla de manera sostenible así favorecer su acceso equitativo. Este recurso se encuentra bajo presión constante por el aumento de la población lo que conlleva a la contaminación de las fuentes de agua, debido a la falta de planificación y la carencia de medidas que mitiguen los impactos que produce la sociedad (Leiva 2010).

En Centroamérica, 65% de las cuencas hidrográficas están contaminadas por desechos del procesamiento de café, agroquímicos usados en la agricultura y ganadería, en las áreas rurales. Así como la contaminación causada por las actividades mineras y la extracción de petróleo. Visualizando una crisis por el acceso a la calidad de agua, es necesario que la sociedad en general tome conciencia y colaboren con el trabajo de conservar el recurso hídrico disponible (Sabio 2000). En Honduras, el rápido crecimiento demográfico es uno de los principales problemas en el sector agua y saneamiento, esto se debe, y por consiguiente la demanda del recurso para la sobrevivencia de las personas, contribuyendo al deterioro y contaminación de las microcuencas abastecedoras de agua de la población.

El propósito de llevar a cabo esta investigación fue para evaluar el estado fisicoquímico y microbiológico del agua, asociado al uso del suelo debido de la actividad antrópica en la obratoma de donde se abastece de agua para consumo humano la comunidad de Quilaperque, La Paz, para utilizarlo como un medio que conlleve a promover acciones para la conservación de la microcuenca Silca mediante un uso adecuado del suelo.

## **II. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua para consumo humano en la comunidad de Quilaperque, municipio de La Paz, La Paz, Honduras

### **3.2 Objetivos específicos**

Identificar el uso de suelo en la zona de recarga de la microcuenca Silca mediante el mapeo y uso de herramientas de sistemas de información geográfica.

Determinar la calidad de agua de la obratoma abastecedora de agua a través del análisis fisicoquímico y microbiológico.

Establecer cuál de los parámetros utilizados tiene una mayor correlación con el Índice de Calidad de Agua.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 4.1 Generalidades del agua

El termino agua viene del latín *aqua* que significa agua, una sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno (H<sub>2</sub>O), líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora o azulada en grandes masas (Felez 2009

Valencia (1999), afirma que se trata de una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo la sustancia más necesaria para la vida de los organismos. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo debido a que el agua en las células vivas refleja sus propiedades físicas y químicas, propiedades que radican en su estructura molecular. Es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida junto con el aire, la tierra y la energía (Felez 2009).

El agua en el planeta tierra se encuentra naturalmente en varias formas y lugares como ser: la atmósfera, la superficie, bajo la tierra y en los océanos. El agua dulce representa tan solo el 2.5% del agua en la tierra y se encuentra en su mayoría congelada en glaciares y casquetes polares. El resto se presenta principalmente en forma de agua subterránea y sólo una pequeña fracción se encuentra en la superficie o en la atmósfera (GreenFacts 2009).

#### 4.2 Composición y estructura del agua

Su composición y estructura confiere al agua características físicas y químicas de gran trascendencia en sus funciones biológicas, sobre todo en las relacionadas con su capacidad

solvente, transporte, estructural y termorreguladora. Las funciones de los sistemas biológicos pueden explicarse siempre en términos de procesos físicos y químicos. Sus excepcionales características están precisamente en su composición y estructura, siendo esta la condición responsable de su esencialidad en la homeostasis, estructura y función de las células y tejidos del organismo (Carbajal y González 2012).

Dadas sus propiedades físicas y químicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar, de forma que se puede encontrar en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades (Aznar 2008).

#### **4.3 Microcuenca y calidad del agua**

Según Umaña (2002) una cuenca hidrográfica es la unidad territorial natural que capta la precipitación. También puede definirse como una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes que van hacia un mismo punto de salida (Bahamontes 2010).

Es la unidad básica del manejo de los recursos hídricos, al estar en elevaciones superiores, es donde se inician los procesos de escorrentía superficial y subterránea. Constituye el fundamento de planificación del desarrollo donde participan los recursos naturales, la agricultura y las personas que hacen posible dicho desarrollo (Ochoa 2013).

#### **4.4 Caracterización de las cuencas hidrográficas**

La caracterización es un inventario detallado de los recursos y las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales de la cuenca y sus interrelaciones. Es dirigida

fundamentalmente a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y el ambiente y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan. Sirve de base para el diagnóstico, donde se identifican y priorizan los principales problemas de la cuenca, se identifican sus causas, consecuencias y soluciones y se determinan las potencialidades y oportunidades de la cuenca (Fernández 2012).

#### **4.5 Manejo integrado de cuencas**

En las cuencas hidrográficas se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, ahí desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. Influyendo en gran manera en la calidad de recurso agua, debido a que el manejo de las cuencas hidrográficas no es un tema de importancia para la sociedad y esto conlleva a la contaminación de las mismas y por consiguiente a la mala calidad del agua para consumo humano (Carrie *s.f.*).

#### **4.6 Calidad del agua**

Barrenechea (2002) afirma que, la calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Galvín (2002), califica que la calidad debe especificarse en función del uso que se le destine, bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

#### **4.7 Importancia de calidad del agua**

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (2009), afirma que la calidad del agua es fundamental para la salud de las personas y los ecosistemas. La evolución de la calidad de

agua ha tenido un lento desarrollo, sino hasta finales del siglo XIX se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas (Herrero, 2003). Sin embargo, la Michigan State University (2010) expresa que el agua contaminada es la mayor fuente global de enfermedades gastrointestinales, debido a que los patógenos en el agua contaminada pueden potencialmente contaminar y proliferarse en los alimentos, junto con los contaminantes químicos en el agua que también son perjudiciales para la salud.

#### **4.8 Contaminación del agua**

Se refiere a la introducción de desechos u otras materias en el agua, resultante directa o indirectamente de actividades humanas, que pueda tener efectos perjudiciales tales como causar daño a los recursos vivos y a los ecosistemas acuáticos. Incluso aquellas acciones que causen peligro a la salud del hombre, entorpecer las actividades acuáticas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del agua, deteriorar la calidad de la misma en lo que se refiere a su utilización y perjudicar las posibilidades de esparcimiento (Gil *et al.* 2012).

Los problemas de la contaminación se han vuelto más opresivos con los años por el crecimiento demográfico, la expansión per cápita del consumo de materiales y energía aumenta los desechos en el ambiente. Asimismo, muchos materiales muy utilizados, como las latas de aluminio, los envases de plástico e innumerables productos químicos orgánicos sintéticos, no son biodegradables, es decir resisten el embate y la corrupción de los saprófitos y los descomponedores de detritos y se acumulan en el medio (Barba 2002).

Barceló y López (2008) expresan que en los últimos años se han desarrollado nuevos y más sensibles métodos de análisis que permitan alertar la presencia de contaminantes, potencialmente peligrosos, denominados globalmente como emergentes, que son compuestos de los cuales se sabe relativamente poco o nada acerca de su presencia e impacto en los distintos compartimentos ambientales, razón por la cual no hayan sido regulados, y de que la disponibilidad de métodos para su análisis sea nula o limitada.



#### **4.8.1 Contaminación del agua por fertilizantes**

Los nitratos y los fosfatos son el producto final de la descomposición aeróbica de la materia orgánica y constituyen uno de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos fotosintéticos; su presencia en niveles altos en el agua, puede ocasionar la eutrofización de los ríos y lagos. Fuentes significativas de nitrato son fertilizantes químicos de tierras cultivadas y drenajes de residuos de la ganadería; es un mineral muy móvil y estable en condiciones aeróbicas. Para el consumo humano se recomiendan aguas que contengan menos de 5 mg/l de nitratos (Auquilla 2005).

#### **4.8.2 Contaminación del agua por plaguicidas**

Son usados por el hombre para el combate de plagas, enfermedades y malezas que afectan a los cultivos. Grandes beneficios y ventajas aportan estos compuestos sintéticos, pero su utilización no está exenta de dificultades e inconvenientes, pues son contaminantes del medio ambiente. Son numerosas las causas que provocan su contaminación por plaguicidas, algunas son inherentes al uso de estos compuestos y otras surgen por mala manipulación y negligencias (Orta 2002).

#### **4.9 Uso del suelo y calidad del agua**

En Centroamérica la principal causa de degradación del recurso hídrico es el avance de la frontera agropecuaria, con prácticas de uso del suelo tradicionales, la ganadería extensiva en zonas de fuertes pendientes, sobrepastoreo, riego por inundación, etc., que han causado impactos negativos sobre los ecosistemas, tales como la contaminación por nitratos y agroquímicos de las aguas superficiales de cuencas hidrográficas importantes (FAO 1996).

La deforestación y la ganadería extensiva afectan la salud de los ecosistemas acuáticos, al ser perturbados por la contaminación de agroquímicos, así como por el aumento de sedimentos que llegan a las quebradas, la pérdida de la vegetación ribereña, aumento de la

temperatura del agua y disminución de la cantidad de alimento, menor regulación de caudales, mayor ingreso de nutrientes y materia orgánica al agua (Auquilla 2005). El agua se ve afectada por todos estos factores en el cambio negativo de sus propiedades físicas, químicas y microbiológica.

#### **4.10 Incendios forestales y su influencia en la calidad del agua**

El fuego contribuye al proceso acelerado de erosión por pérdida de protección vegetativa y cambios físicos en el suelo superficial, dejando al suelo con baja capacidad de infiltración, gran cantidad de este suelo y nutrientes pueden ser lavados hacia los ríos, aumentando la densidad del suelo y disminución de la porosidad del mismo, que aunado a la gran cantidad de residuos diseminados superficialmente, incluyendo una capa heterogénea de cenizas, pueden provocar alteraciones en la calidad del agua (Cardona 2003).

#### **4.11 Agricultura y ganadería y su influencia en la calidad del agua**

Las actividades agrícolas y ganaderas representan impactos y cambios en la carga de sedimentos y concentraciones de sales, metales y agroquímicos, los agentes patógenos y el cambio climático. La tala de árboles liberará una alta concentración de nutrientes en el agua por el incremento del material vegetal en descomposición y la disminución de la absorción de nutrientes de la vegetación (Auquilla 2005).

Entre los nutrientes más comunes que se generan por la actividad ganadera están el fósforo y el nitrógeno provenientes del estiércol del ganado y los fertilizantes aplicados a las pasturas; y las aguas residuales de origen doméstico que se incorpora a los potreros (FAO 1996). Se ha estimado que un 30% de la carga de fósforo en las aguas superficiales proviene de los desechos ganaderos y un 16% de otras prácticas agrícolas (Auquilla 2005).

Los nitratos en aguas superficiales pueden causar crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas causando el agotamiento de oxígeno disuelto y una degradación general del cuerpo de agua (eutroficación), que puede inhibir el uso del agua para recreación, pesca comercial y deportiva, agricultura, industria y provisión municipal (USDA 1999).

#### **4.12 Monitoreo de la calidad del agua**

Es una herramienta fundamental en el manejo del recurso hídrico, sirve para realizar estudios continuos que permitan determinar el impacto que las actividades humanas ejercen en los cuerpos de agua. Implica reunir rigurosos datos científicos e información sobre la calidad y cantidad de agua, los datos se analizan para determinar si la calidad de agua sustenta sus usos del recurso y si la cantidad de agua disponible es suficiente para satisfacer las necesidades de los seres vivos. Además, se utilizan para concientizar a la sociedad y evaluar los impactos humanos sobre el agua, así como implementar medidas para mejorar la calidad del agua (Taylor 2008).

#### **4.13 Parámetros para la determinación de la calidad del agua**

Aznar (2000), indica que es indispensable establecer una serie de parámetros fisicoquímicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente de cada país. En tal sentido, a continuación, se explican los principales parámetros utilizados para medir la calidad en el agua:

##### **a) Físicos**

**Color:** el agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores, pero no se pueden

establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación, este tiene un valor permisible de 1 mg/(Pt-Co) para que sea apta para el consumo humano (Echarri 2007).

**Temperatura:** su peso permisible para consumo humano según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable de Honduras es 30°C, por esta razón, al haber incremento de temperatura, las tasas de respiración aumentan; la solubilidad del oxígeno disminuye; sube la tasa de mineralización de la materia orgánica y el consumo de oxígeno (Guerrero 2011). En estudios limnológicos, se requiere el conocimiento de este parámetro como una función de la profundidad (Vives 2003).

**Turbidez:** es la medida de la materia en suspensión ocasionada por materiales como la arcilla, la materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles coloreados y microorganismos que interfieren con el paso de la luz a través de ésta, puede ser causada por una gran variedad de sustancias en suspensión gruesas y coloidales. Cualquier turbidez está relacionada con la posible contaminación del agua por residuos peligrosos y perjudiciales para la salud, es por esta razón que se admite un peso de 5 mg/l para que el agua sea apta para el consumo humano (Guerrero 2011).

## b) Químicos

**El pH:** es un factor importante en los sistemas químicos y biológicos del agua natural. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 6.5 y 8.5 siendo en estos rangos apta para el consumo humano. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 8.5 (Aznar 2000).

**Cloro:** es un gas de olor sumamente irritante, se usa para desinfectar el agua, aunque el cloro mismo se transforma rápidamente a otras sustancias, su valor para que el agua sea apta para el consumo humano es 0.5 a 1.0 mg/l. El ion cloruro es una de las variedades de cloro de importancia en aguas (Boluda *s.f.*).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** es la cantidad de oxígeno necesario para que

una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual (Echarri 2007). La DBO representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente, manteniéndose en un peso de 0.10 Mg/l para que sea apta para el consumo. En condiciones normales de laboratorio la DBO se cuantifica a 20°C durante un periodo de 5 días, con valores expresados en mg/l O<sub>2</sub> (Auquilla 2005).

**Fósforo total:** el fósforo es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico; la determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico (Echarri 2007).

**Nitratos:** son causales de inquietud con relación a la salud humana y animal y a la calidad ambiental de las aguas subterráneas y superficiales. La toxicidad aparece en conexión con la conversión de nitratos en nitritos después que ha sido consumida. La determinación del nitrato ayuda a la evaluación del carácter y grado de oxidación en las aguas superficiales, en aguas subterráneas permite conocer la penetración a través de las capas del suelo debiéndose mantener en un peso de 0.10 Mg/l (USDA 1999).

**Oxígeno disuelto:** es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia indica una fuerte contaminación (Rojas 2011). Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua, las disminuciones repentinas o graduales en el oxígeno disuelto pueden ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismos acuáticos; por ejemplo, insectos acuáticos sensibles a un nivel bajo de oxígeno disuelto que pueden reducir sus poblaciones (Echarri 2007).

**Sólidos disueltos totales:** los materiales disueltos u orgánicos incluyen calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato y otros átomos encontrados en el agua. Por otro lado, los sólidos suspendidos incluyen partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton y desechos industriales y de drenaje (JCA 2003). Una gran cantidad de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua de consumo y provocar un mal sabor mineral (Guerrero 2011).

### c) Microbiológicos

**Coliformes fecales:** son los microorganismos fecales capaces de fermentar la lactosa a 45°C (OMS 1998). Esta bacteria se encuentra en el excremento humano y de otros animales de sangre caliente entrando al sistema por medio de desecho directo de mamíferos y aves, entre otros. También pueden originarse en aguas provenientes de efluentes industriales, materiales vegetales en descomposición y suelos. Esta bacteria ocurre de manera natural en el aparato digestivo humano y ayuda en la digestión de los alimentos y por sí sola no es patógena, sin embargo, asociada con otros organismos patógenos, causan complicaciones en la salud humana es por esa razón que se debe mantener en 0 UFC/l según la norma técnica de agua potable de Honduras para el agua de uso doméstico (Guerrero 2011).

## 4.14 Índice de calidad de agua ICA

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de Calidad de Agua (ICA). El cuadro 1 presenta que el índice de calidad de agua ICA-NSF está constituido por: nueve parámetros fisicoquímicos (González *et al.* 2013).





**Cuadro 1.** Parámetros de calidad del agua y su valor permitido para consumo humano

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Peso</b>
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0.15
Potencial de hidrogeno	pH	6,5 – 8,5
DBO	mg/l	0.1°
Nitratos	mg/l	0.10
Fosfatos	mg/l	0.10
Temperatura	°C	0.10
Turbidez	NTU	0.08
Solidos Disueltos Totales	mg/l	0.08
Oxígeno disuelto	% saturación	0.17

Fuente: González, *et al* (2013).

El ICA adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua, considerando el color con base a la siguiente tabla propuesta por Brown en el año de 1970 (González, *et al* 2013):

**Cuadro 2.** Clasificación de la calidad de agua por el color “ICA” propuesto por Brown

<b>Calidad de agua</b>	<b>Color</b>	<b>Valor</b>
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobo (2012)

#### **4.15 Método de componentes principales**

Cuando se trabaja en la vida real, la suposición más habitual es que la variable en estudio se distribuye de forma normal: muchas características que se miden son la conjunción de muchas causas que actúan conjuntamente sobre el suceso. Por ejemplo, la correlación del uso del suelo y la calidad del agua se considera que se distribuye como una normal, ya que su valor es debido a múltiples causas ambientales y antrópicas. La justificación matemática de esto se encuentra en el Teorema Central del Límite que demuestra que la suma de variables independientes se distribuye en el límite como una normal (García *et al. s.f.*).

Este método de componentes principales nos permite representar óptimamente en un espacio de dimensión pequeñas observaciones de un espacio general  $p$ -dimensional. En este sentido, componentes principales es el primer paso para identificar las posibles variables latentes, o no observadas que generan los datos y permite transformar las variables originales, en general correlacionadas, en nuevas variables facilitando la interpretación de los datos (García *et al. s.f.*).

#### **4.16 Estado de la calidad del agua en Honduras**

En Honduras, uno de los principales problemas del sub-sector agua y saneamiento es la centralización en el manejo, además del escaso apoyo financiero por parte del gobierno a través de programas estatales y la difícil gestión de préstamos e inversiones de la cooperación externa. Otro aspecto a considerar es la discontinuidad que se da a obras financiadas por organismos internacionales en el sector, descuidando la infraestructura y el mantenimiento, así como los controles de calidad en los servicios ofrecidos (Leiva 2010).

El control de la calidad del agua es una actividad sistémica y continua de supervisión de las diferentes fases de la producción y distribución de agua, según programas específicos, que deben ejecutar los organismos operadores. La vigilancia de la calidad del agua es ejercida por la institución designada por ley como responsable de garantizar la potabilidad del agua,



se define como el mantenimiento permanente de una cuidadosa supervisión, desde el punto de vista de salud pública, sobre los organismos operadores, a fin de garantizar la seguridad, inocuidad y aceptabilidad del suministro del agua de bebida (Ministerio de Salud 1995).

#### **4.17 Norma técnica para la calidad del agua**

La Norma Técnica de Calidad de Agua en Honduras Acuerdo N° 084 del 31 de julio de 1995, establece requisitos básicos que deben responder a la calidad de agua para el consumo humano. Con el objetivo de proteger la salud pública mediante el establecimiento de los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden presentar un riesgo para la salud de la comunidad. Las regulaciones fisicoquímicas de esta norma incluyen: el agua mineral natural definida como tal por las autoridades nacionales (Ministerio de Salud 1995).

La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MIAMBIENTE) impulsa políticas hídricas con el fin de preservar el agua como elemento esencial para la vida. Las cuales orientan el accionar en materia hídrica, en la que se establecen las intenciones del Estado, por medio de su objetivo general, principios, lineamientos, estrategias y sus instrumentos; como resultado de diferentes experiencias, recomendaciones locales, nacionales y las tendencias internacionales; la que ha sido construida y será implementada con la participación de las alcaldías, gobierno central y la sociedad en general (Ministerio de Salud 1995). La norma técnica para la calidad de agua potable en Honduras considera los siguientes parámetros con su valor máximo permisible, presentados en el cuadro 3:

**Cuadro 3.** Parámetros para calidad del agua potable en Honduras: Norma Técnica

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Valor máx. admisible</b>
Coliformes termotolerantes	UFC/100 ml	0	0
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 a 8.5	9
Turbidez	UNT	1	5
Cloro	Mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Color verdadero	Mg/ (Pt-Co)	1	15
Temperatura	°C	18 -30	30
DBO	mg/L	0,75 - 1,5	4
Fósforo Total	---	---	---
Oxígeno disuelto	---	---	---
Sólidos totales disueltos	mg/L	1,000	1,000

Fuente: Ministerio de Salud 1995.

#### **4.18 El derecho al agua**

El derecho a acceder al agua se enmarca en la categoría de Derechos Humanos, propuesto de distintos derechos reconocidos en acuerdos internaciones, tales como el derecho a la vida, salud, calidad de vida, alimentación adecuada, entre otros. En otras palabras, el derecho a acceder al agua es un requisito previo para la realización de los demás derechos humanos (Valdés 2010). El derecho al agua está reconocido expresamente como un derecho humano independiente en los tratados internacionales, las normas internacionales de derechos humanos comprenden obligaciones específicas en relación con el acceso a agua potable (ONU 2011). Las obligaciones exigen a los Estados que garanticen a todas las personas el acceso a una cantidad suficiente de agua potable para el uso personal y doméstico, que comprende el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica (ONU 2011).

#### IV. MATERIALES Y MÉTODO

##### 5.1 Ubicación del área de investigación

El área en la que se realizó el trabajo de investigación es en la fuente abastecedora de agua en la microcuenca Silca que abastece la comunidad de Quilaperque, municipio de La Paz, La Paz. Ubicada en las coordenadas UTM, X: 414556.1754, Y: 1575200.108, a una distancia de 15 km de la ciudad de La Paz.

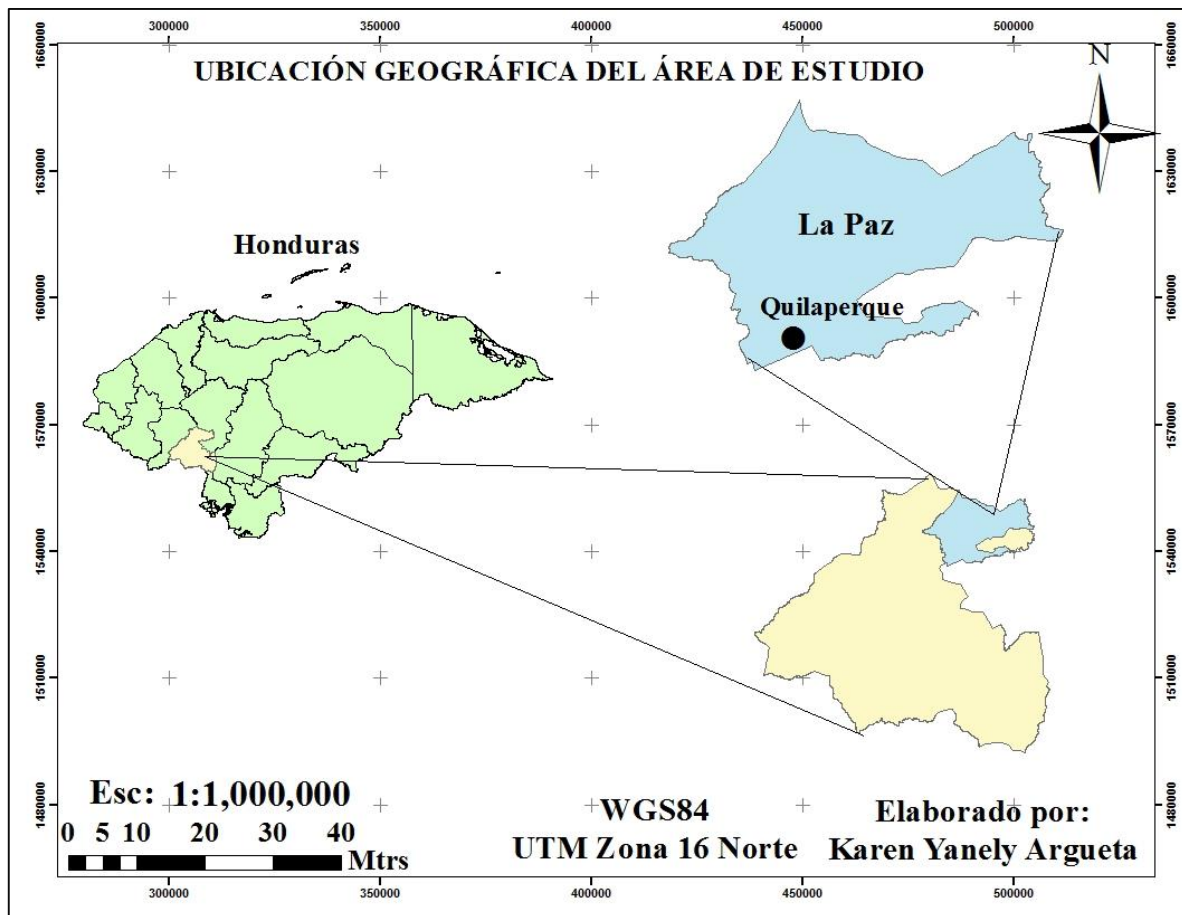


Figura 1 Ubicación geográfica del área de estudio, Microcuenca Silca, La Paz, Honduras

## **5.2 Descripción de la microcuenca Silca**

La microcuenca Silca se encuentra ubicada en la comunidad de Quilaperque, municipio de La Paz, La Paz. Con una altitud promedio de 1,222 metros sobre el nivel del mar (msnm), humedad relativa 70%, con un clima cálido y sus suelos arcillosos. Cuenta con una población beneficiaria de aproximadamente 300 habitantes distribuidos en 75 familias, quienes se dedican al cultivo de granos básicos, frutales, café, cacao y ganadería entre otros.

## **5.3 Materiales y equipo**

Materiales: libreta de campo, lápices, recipientes para colecta de muestras de agua en campo: balde plástico, frascos winkler, frascos de un litro, 500 ml y bolsas estériles.

Equipo: software SIG , (GPS), hielera, termómetro y comparador de cloro HACH.

## **5.4 Manejo de la investigación**

El estudio se realizó mediante la identificación de zonas de cinco puntos de muestreo, considerando; la obratoma, el tanque de almacenamiento y la última en la red de distribución tomando en cuenta tres de los grifos, realizando tres jornadas de muestreo en cada punto, en intervalos de un mes y en un tiempo comprendido de tres meses.

Los muestreos se realizarán tomando en cuenta el protocolo de colecta y envío de muestras del laboratorio CESCCO (Centro de Estudios y Control de Contaminantes), una dependencia de SERNA Cuadro # 4.

**Cuadro 4.** Consideraciones para colecta de muestras de agua

<b>Análisis</b>	<b>Frasco</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Cantidad de agua</b>	<b>Conservación</b>
<b>Fisicoquímico</b>				
Turbidez	Plástico	12 horas	250 ml	Refrigeración
DBO	Plástico	06 horas	1 litro	Refrigeración
Oxígeno disuelto	Vidrio	12 horas	500 ml	Refrigeración
Fósforo, nitratos	Plástico	24 horas	1 litro	Refrigeración
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes fecales	Bolsa o frasco estéril	24 horas	500 ml	Refrigeración

**Fuente:** Consideraciones para colecta de muestras de agua (CESCCO, 2012).

## 5.5 Desarrollo de la investigación

### a) Uso de suelo de la microcuenca Silca

Para la determinación del uso del suelo de la zona de recarga en la microcuenca, se llevó a cabo en un diámetro comprendido en 5,286 metros tomando como punto central la obratoma, los suelos aledaños a la microcuenca se georreferenciaron 4 hectáreas que comprendían los suelos colindantes con la fuente abastecedora de agua. Se generó un mapa que permitió demostrar los posibles contaminantes para la salud de los pobladores de dicha comunidad. El mapa se realizó con el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG), lo cual permitió obtener una caracterización del uso actual del suelo.

## b) Análisis fisicoquímico y microbiológico en laboratorio

Los parámetros que se consideraron para el análisis de laboratorio, en la obratoma fueron los siguientes; **Físicos**: temperatura, turbidez; **Químicos**: pH, oxígeno disuelto, nitratos, fósforo, sólidos disueltos totales, demanda bioquímica de oxígeno; **Microbiológico**: coliformes termotolerantes.

La selección de los anteriores se basó principalmente en los parámetros indicadores de la calidad de agua, adaptados del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF WQI, siglas en inglés) ver el Cuadro 1. Para su cálculo se usó la siguiente ecuación.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Donde: WQI: índice de Calidad de Agua

SI<sub>i</sub>: Sub índice del parámetro *i*

W<sub>i</sub>: Factor de Ponderación para el Subíndice *i* anexo 3

**Cuadro 5.** Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	Sub <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>
1	Coliformes Termotolerantes	0.15
2	Ph	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Para la adaptación de cada peso de los parámetros en el índice de calidad ICA de la NSF, el valor del parámetro nitratos se distribuyó en los ocho restantes debido a que este al momento del análisis en laboratorio no fue reactivo debido al método utilizado y por interferencia de materia orgánica.

Para el caso de los puntos de muestreo del tanque de almacenamiento y la red de distribución (grifos), fueron seleccionados de acuerdo al orden de llegada o recibimiento del agua tomando en cuenta el primer grifo, intermedio y último en la red de distribución. Se aplicaron los parámetros recomendados por la Norma Técnica de Agua Potable de Honduras, que determina cinco parámetros: coliformes fecales, turbidez, pH, cloro, y color natural, que son indicadores de la calidad del agua para consumo humano revisar Cuadro 2. Las mediciones de cloro y temperatura se realizaron en campo mediante la utilización de un colorímetro (HACH)

### **c) Correlación de parámetros utilizados con el Índice de Calidad de Agua**

Se realizó mediante la adaptación de los métodos de componentes principales con el cual se determinó la correlación que presentan las variables, según los resultados de cada parámetro analizado en laboratorio. Para conocer cuales de todos los parámetros tiene más influencia en el cálculo del ICA de la NSF.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Uso del suelo en la zona de recarga de la microcuenca Silca

La mayor parte del área de recarga en la microcuenca Silca, está cubierta por cafetales en un 60.28%, como se puede observar en la figura 1 el cual está ubicado en la parte alta siendo suelos con una elevación de 1,462 msnm en la zona más alta. Lo restante un 39.72% representada por bosque, compuesta por una mayor proporción con árboles de pino, una porción significativa de matorrales y arboles tales como Guama (*Inga edulis*), Encino (*Quercus robur*), Capulín (*Prunus calicifolia*) y Tatascan (*Perymenium grande*). Estas áreas se encuentran ubicadas en las partes altas de la microcuenca, como se puede apreciar en la la (Figura 2) a veces como bloques uniformes y otras a manera de fragmentaciones, evidenciando de esa manera un proceso de avance de la frontera agrícola.

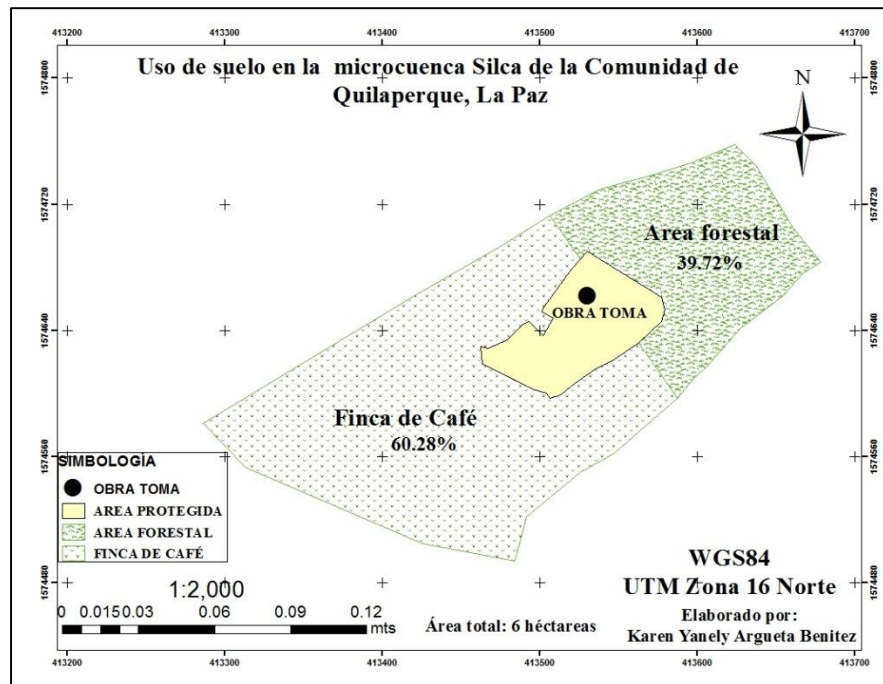


Figura 2 Uso del suelo en la microcuenca Silca de la Quilaperque La Paz.



En el último año, el área forestal de pino ha sido afectada por ataque del gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis*) del pino a tal grado que el porcentaje de afectación ha sido de aproximadamente el 30% según la percepción de los miembros de la comunidad. En el caso del factor uso del suelo establecido, se acepta que la cobertura vegetal como bosque ayuda a reducir la escorrentía (FAO 2003). Aunado a esto, Stadtmüller (1994) indica que el bosque garantiza, al más bajo costo, una alta calidad del agua mediante la regulación de sedimentos, turbidez, temperatura y oxígeno disuelto; la estabilización del flujo subsuperficial y una protección adecuada al suelo.

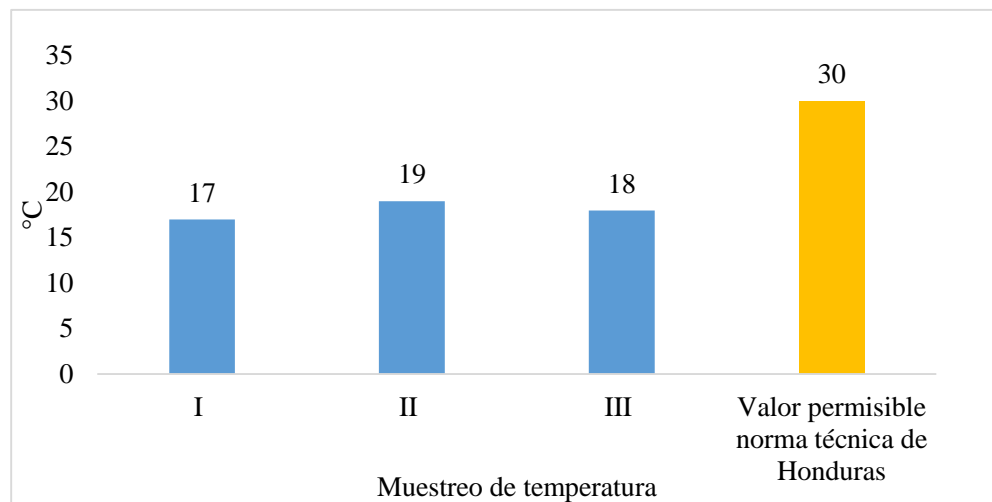
## **6.2 Determinación de la calidad de agua**

Se realizaron análisis en laboratorio, se tomaron en cuenta cinco puntos de muestreo: obratoma, tanque de almacenamiento y tres casas de la comunidad, la primera, en el inicio de la red hídrica siguiendo con el intermedio y al final de la red en los cuales se realizaron tres muestreos consecutivos, uno cada mes, en el transcurso de tres meses. Las muestras se colectaron en la jornada de 05:00 am-07:00 am, y fueron transportadas en un lapso de dos horas de la comunidad al laboratorio para su respectivo análisis obteniendo los siguientes resultados:

### **6.2.1 Resultados de los parámetros evaluados**

#### **a) Temperatura**

Este parámetro solo se consideró en la (obratoma) no se evidenciaron diferencias significativas entre los diferentes muestreos como puede apreciar en la Figura 3 por lo tanto se encuentra dentro del valor permisible de la norma técnica nacional de agua potable.

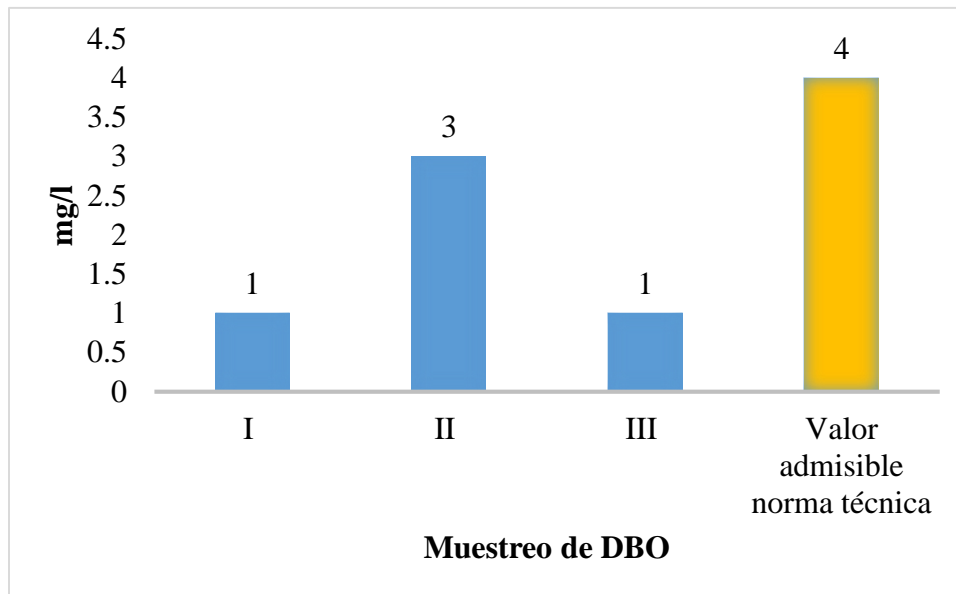


**Figura 3** Medición de temperatura

La temperatura afecta directamente al consumidor, pero no es de importancia sanitaria. El aumento de esta es crítico, porque regula todas las actividades metabólicas (Guerrero 2011). Estudios realizados por Sabio (2000) sobre calidad y cantidad de agua de la microcuenca El Capiro en Güinope, Honduras, quien obtuvo los siguientes resultados 19.20°C y 18.40°C expresa que se pueden atribuir al intercambio térmico y contacto con la atmosfera. También puede ser atribuido, pero en menor grado a la variación de la temperatura diaria.

#### **b) Demanda Bioquímica de Oxígeno**

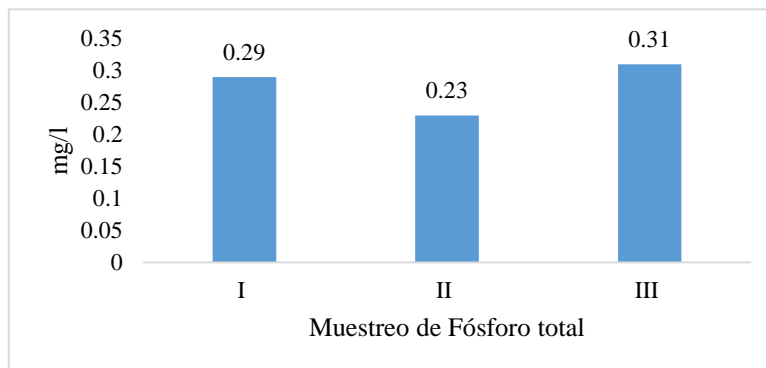
Para el caso de este parámetro figura 4, no presentó diferencia significativa, en cada uno de los muestreos dado que se mantuvo dentro de los valores admisibles por la norma técnica de agua potable. Este parámetro es muy significativo para determinar la cantidad de oxígeno necesario para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua r (Echarri 2007). En este punto hubo presencia de materia orgánica producida por la hojarasca en descomposición provenientes de la vegetación.



**Figura 4** Medición de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**c) Fósforo total**

En relación a los resultados el fósforo total el cual no presenta valor permisible en la norma técnica de agua potable de Honduras, las variaciones no son significativas y sus resultados se pueden argumentar debido a que el fósforo existe naturalmente en los suelos y es indispensable para la vida, este se encuentra en aguas naturales y aguas usadas. Sin embargo, un exceso es perjudicial para la salud.

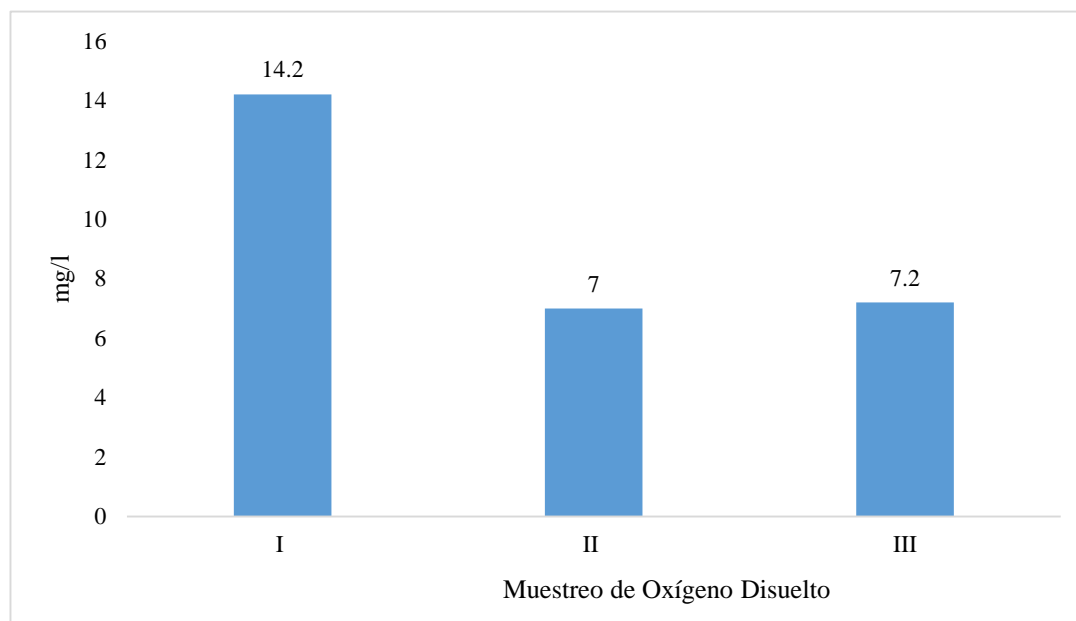


**Figura 5.**Medición de Fósforo total.

En un estudio realizado en calidad de agua por Ocasio (2008), en calidad de agua y posibles fuentes de contaminantes en el río Piedras San Juan Puerto Rico, cuyos resultados fueron 0.30, 0,17 y 0.20 esto se da por el uso del suelo, pero se encuentran dentro de los límites aceptados de 1mg/l. Lo que influye en los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden apuntar a el uso que se les da a los suelos en la comunidad figura 2 aunque su influencia no es significativa por que no excede los límites permisibles como se describe anteriormente.

#### d) Oxígeno disuelto

Este parámetro presenta variación en el primer muestreo figura 6 manteniéndose estable en los dos últimos muestreos. Como se puede apreciar en la figura 3 el dato de temperatura es menor esto se relaciona a la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua depende de la temperatura El oxígeno disuelto es el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una fuente de agua. Aumentos en la temperatura del agua traen como consecuencia una disminución en los niveles de oxígeno disuelto.

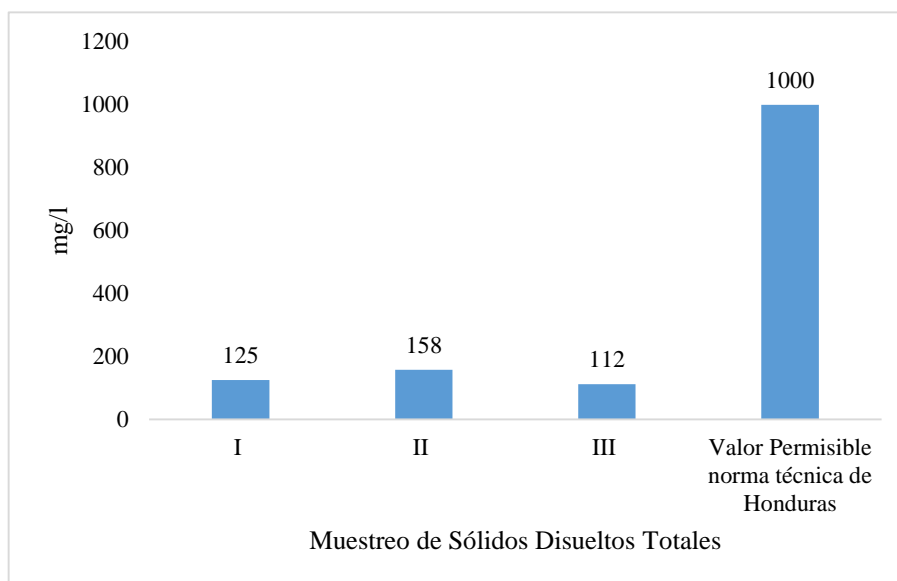


**Figura 6** Medición de Oxígeno disuelto.

Sus variaciones deben de estar entre 7 y 12 partes por millón o mg/l (Mejía 2005). De esta forma se observa que el único resultado sobre estos valores es el del primer muestreo de 14.2. Este parámetro es un indicador de que tan contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida; vegetal; animal y humana.

#### e) Sólidos disueltos totales

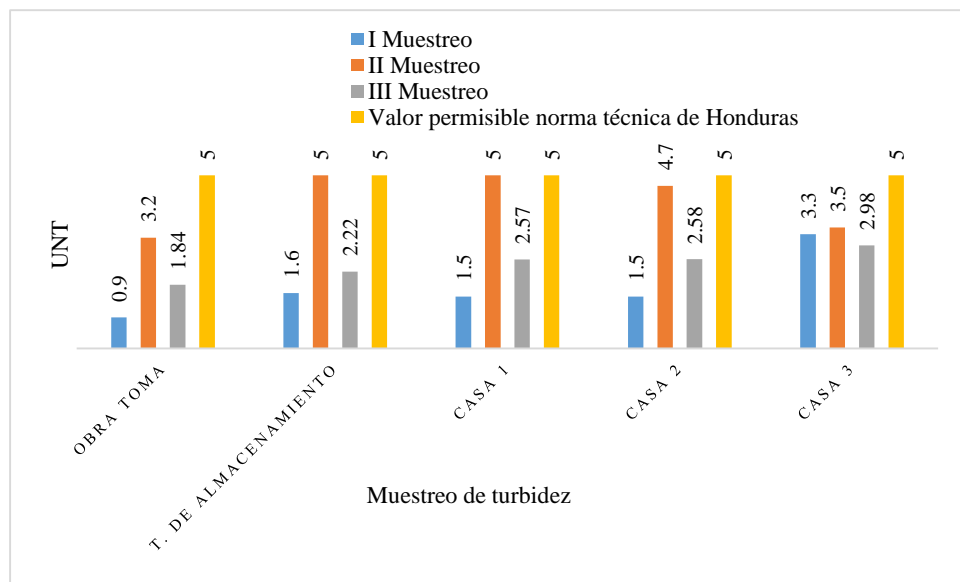
Como se puede observar en la figura 7, el comportamiento de este parámetro cuyos resultados se mantuvieron bajo los valores máximos permisibles de la norma técnica de agua potable de Honduras, ver cuadro 3 esto indica que concentraciones de sólidos disueltos totales del agua son aceptables. Peñafiel (2014) expresa que la alta concentración de sólidos totales ocasiona una baja calidad de agua y problemas de balance para algunos organismos. Una gran cantidad de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua de consumo y provocar un mal sabor mineral.



**Figura 7** Medición de Solidos Disueltos Totales

## f) Turbidez

Para el caso de este parámetro cuyos muestreos se realizaron en los cinco puntos obratoma, tanque de almacenamiento y los tres grifos de la red de distribución, como podemos observar en la Figura 8 sus resultados presentaron variabilidad, pero se mantuvo dentro de los valores de referencia de la norma técnica de agua potable de Honduras en los tres muestreos. La medición de la turbidez sirve para saber cuándo, cómo y hasta que punto debe tratarse el agua para que cumpla con la especificación requerida (Mejía 2015).

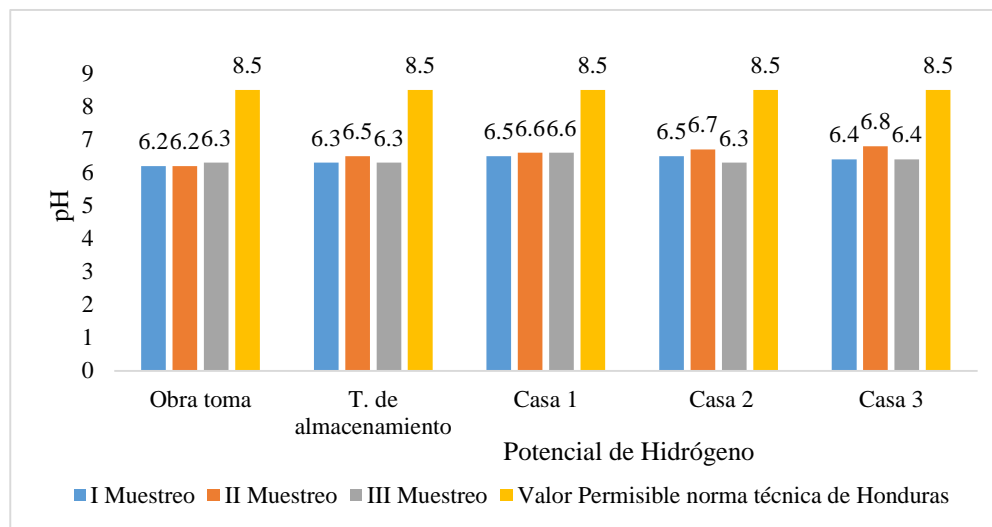


**Figura 8** Medición de Turbidez.

De acuerdo a los resultados se puede observar que es muy baja la turbidez esto se relaciona a que existen pocos materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua, los resultados bajos de turbidez se deben a que en la fuente de agua existe cobertura vegetal y son valores normales.

### g) pH

Para el caso de este parámetro el cual fue analizado en los cinco puntos de muestreo y como podemos apreciar en la figura 9 en cada uno de los puntos de muestreo no hay diferencia significativa, aunque en el punto de la obratoma los resultados están por bajo de los valores de referencia de la norma técnica de agua potable de Honduras al igual que en el primer y último muestreo en los puntos tanque de almacenamiento, grifo casa uno, y grifo casa tres. Estudios previos han establecido que el pH adecuado para su uso o consumo debe ser no menos de 4.5 y no más de 9.5 (Rojas 2011). Por lo que los resultados obtenidos no tienen influencia negativa en el agua porque los valores son aceptables para agua para consumo humano.

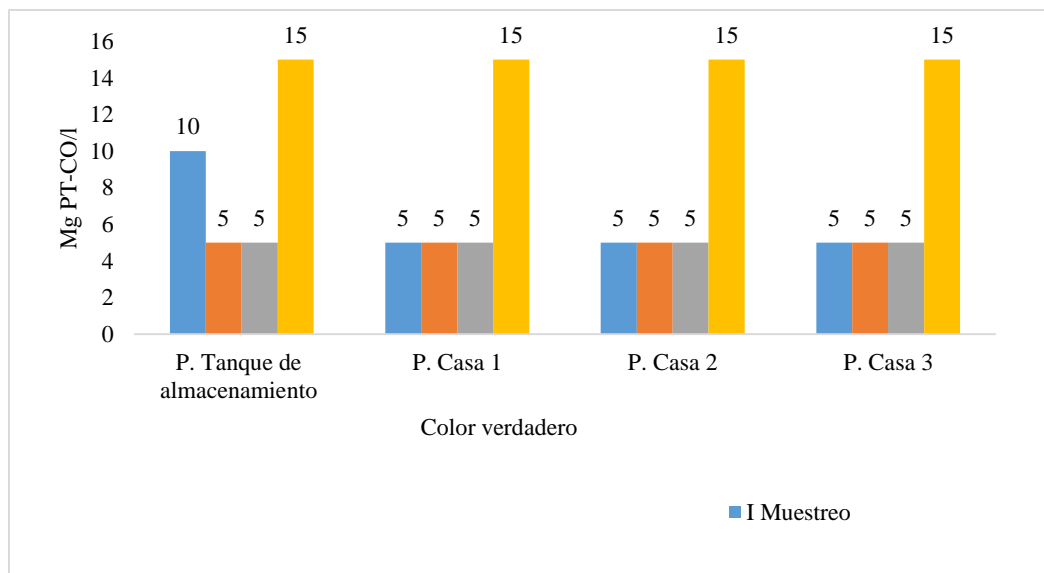


**Figura 9** Medición de pH.

### h) Color verdadero

En el análisis de este parámetro el cual se analizó en cuatro puntos tanque de almacenamiento, y los tres grifos de la red de distribución, como se observa en la figura 10 solo presento diferencia en el primer muestreo en el punto tanque de almacenamiento, pero todos sus

resultados están por debajo de los valores de referencia de la norma nacional de agua potable de Honduras cuadro 3. Como se puede apreciar los resultados de turbidez figura 8 y sólidos disueltos figura 7 se encuentran dentro de la norma, debido a que estos parámetros se relacionan entre sí, y la microcuenca cuenta con cobertura vegetal.



**Figura 10** Medición de color verdadero.

Según el estudio realizado en la cuenca el Limón, San Gerónimo, Honduras los resultados de color verdadero se encontró sobre los límites permisibles debido a la falta de cobertura vegetal, cuando se sobre pasan estos valores el agua presenta problemas y no puede ser utilizada para uso doméstico debido a que este parámetro debe ser incoloro. Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humus y materia orgánica (Mejía 2005).



### **i) Cloro libre**

Como se puede apreciar en el anexo 1 este parámetro en ninguno de los muestreos resulto positivo lo que indica que los niveles de cloro que están suministrando al tanque de almacenamiento no son los adecuados, este fue medido en campo. Esto da la pauta para el análisis de coliformes termotolerantes en el tanque de almacenamiento y la red hídrica, debido a que la cantidad de cloro que se suministra no es la adecuada.

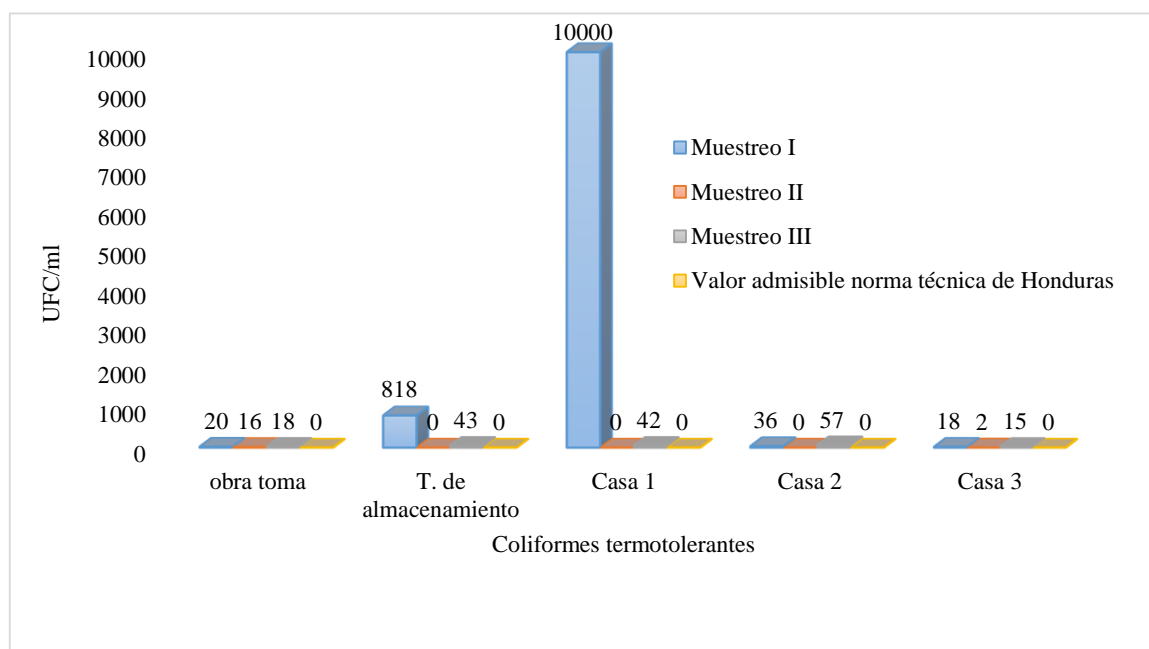
Si el nivel de cloro libre no es el que corresponde al pH, el agua tendrá un olor y sabor desagradable y el potencial desinfectante del cloro se verá disminuido (Mejía 2005). Estas pruebas resultaron negativas no por la falta de cloración del agua si no porque los niveles de cloro para la cantidad de agua de almacenaje de agua (5,000 litros) no son los correctos.

### **f) Coliformes termotolerantes**

Para el caso de este parámetro medido en los cinco puntos establecidos, como lo muestra la figura 11 las variaciones fueron significativas en todos los puntos y por cada muestreo el primer muestreo en ninguna de las muestras de los respectivos puntos cumple con los límites emitidos por la norma técnica de agua potable de Honduras la cual establece 0 UFC/100ml de agua, se obtuvo un resultado de 10,000 UFC/100ml en punto de la casa uno, en la cual hubo influencia de animales domésticos y presencia de agua mieles del café. En el segundo muestreo hay una notable diferencia debido a que en tres de los puntos cumplen los valores admisibles por la Norma Técnica, observando un aumento en el tercer muestreo. Esto se debe que al momento que se colectaron las primeras muestras la obra toma presentaba presencia de materia orgánica en descomposición originada de la hojarasca que cae de los árboles presentes en la fuente de agua y también siendo la temporada de la cosecha del café había presencia de aguas mieles, dichos factores son ideales para que dicho organismo se origine.

En el segundo muestreo hay un cambio debido a que al momento de colectar las muestras recientemente realizaron la limpieza de la obratoma, y en el último muestreo la limpieza la

realizarón con anterioridad y en el cual hubo presencia de coliformes en el agua, otro de los factores que influye en estos resultado para el caso del el tanque de almacenamiento y la red de distribución es que el parámetro de cloro libre, el cual fue medido en campo en ninguno de los puntos y muestreos resulto negativa esto indica que el agua no contenía cloro esto refleja que los niveles de cloro que le aplican al tanque es bajo para la capacidad de almacenamiento del tanque. Otro factor importante que influyó es que el tanque no se encuentra con una delimitación o con una cerca a su alrededor.



**Figura 11.** Medición de Coliformes termotolerantes

Se ha llegado a demostrar que en terrenos que en algún momento fueron utilizados para pastoreo y que luego se abandonaron, la bacteria de coliformes es persistente en este tipo de uso del suelo (Hernández 2012). Evans y Owens, en 1972, determinaron que E. coli podía estar sobre el suelo hasta por 120 días sobre el pasto. Lo mismo puede suceder con animales presentes en el bosque que sean de sangre caliente y que depositen sus desechos sobre el suelo; conteniendo este organismo en sus restos y siendo arrastrados por la escorrentía superficial hasta ser depositados en captaciones o manantiales (Hernández 2012), lo que influyo en la obratoma.

## 6.2.2 Análisis índice de calidad de agua general ICA NSF

En el análisis del índice de calidad ICA NSF según clasificación propuesto por Brown da un valor promedio de 56.30 aplicado a los parámetros analizados en el punto de la obratoma, esto indica que el agua se encuentra en categoría regular cuadro 2. Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Esto se debe a que dentro de la fuente abastecedora de agua hay sedimento de los suelos que son arrastrados por las escorrentías, por el uso de suelo que existe y la falta de conservación que existe en la zona debido a que la mayoría de los suelos están ocupados por cafetales en la parte más alta de la fuente de agua.

**Cuadro 6.** Análisis del índice de calidad de agua ICA de la NSF

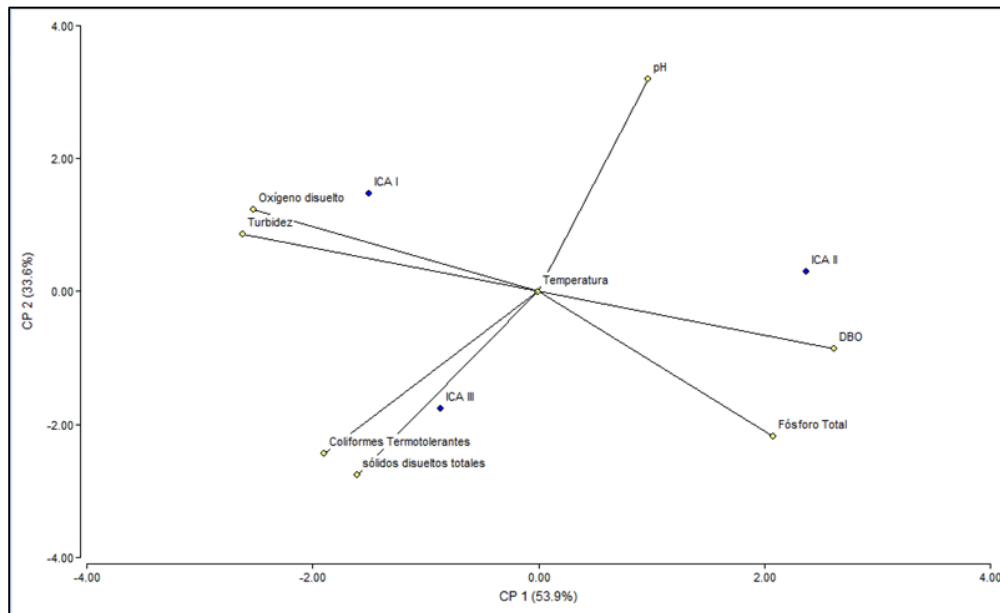
Parámetros	unidad de medida	Peso asignado	I muestreo			II muestreo			III Muestreo			ICA Promedio	
			Lec. original	Valor Q	ICA I	Lec. Original	Valor Q	ICA II	Lec. origina	Valor Q	ICA III		
Coliformes	UFC/100ml	0.17	20	62	10.54	16	58	9.86	18	68	11.56	10.65	
DBO	mg/L	0.11	1	88	9.68	3	93	10.23	1	90	9.9	9.94	
Fosforo Total	mg/L	0.11	0.29	80	8.8	0.23	99	10.89	0.31	95	10.45	10.05	
Oxigeno disuelto	mg/L	0.19	14.2	6	1.14	7	4	0.76	7.2	5	0.95	0.95	
Ph	a 20.6 °C	0.13	6.22	60	7.8	6.22	60	7.8	6.30	55	7.15	7.58	
Turbidez	UNT	0.09	0.9	100	9	3.2	95	8.55	1.84	98	8.82	8.79	
Temperatura	°C	0.11	19	9	0.99	17	9	0.99	18	9	0.99	0.99	
solidos disueltos totales	mg/L	0.09	125	80	7.2	158	77	6.93	112	88	7.92	7.35	
					<b>55.15</b>				<b>56.01</b>			<b>57.74</b>	<b>56.30</b>

Cardona (2003), menciona que es difícil verter criterios acerca del estado de salud de un cuerpo de agua mediante el análisis individual de cada indicador o parámetro. La calidad del agua es continuamente modificada temporal y espacialmente por diversos factores que interactúan en sinergias complejas difíciles de predecir y evaluar. El analizar la aptitud de un cuerpo de agua se facilita si los parámetros medidos son integrados en un factor común que califique objetivamente la salud del mismo. Son comprensibles y consistentes estos resultados se considera que cada una de los parámetros anteriormente analizados, muy pocos exceden los valores máximos recomendable para consumo humano. Si bien es cierto, el ICA de la NSF agrupa a los principales indicadores de calidad de agua, es precipitado asegurar

que las aguas superficiales de la fuente abastecedora de agua son seguras para el consumo basado en estos resultados.

### 6.3 Correlación de parámetros utilizados con el Índice de Calidad de Agua

Este se llevó a cabo mediante una matriz de correlaciones dado que se conjuga información con diferentes unidades y magnitudes. Dicha matriz anexo 3, y figura 12, partió de las correlaciones entre todas las variables físicas, químicas y microbiológicas. Dentro de los parámetros con mayor correlación en el Índice de Calidad de Agua ICA NSF se pueden observar en el primer muestreo el oxígeno y turbidez figura.13. La del ICA I da una variación intermedia a lo largo de muestreos. Notece un cambio en el segundo muestreo ICA II que asocia a las variables DBO y Fósforo total; en el último muestreo se da una variación en coliformes y sólidos disueltos totales, siendo el pH y la temperatura que no influyeron ya que están aislados de las demás variables esto se debe a que sus resultados se mantuvieron en los mismo rangos durante el estudio como muestra el cuadro 6.



**Figura 12** Parámetros con mayor correlación en el ICA de la NSF

## **VI. CONCLUSIONES**

El uso de suelo colindante en la fuente abastecedora de agua en la comunidad de Quilaperque está cubierta por cafetales en un 60.28% siendo esta la parte más alta con una elevación de 1,462 msnm.

Los niveles de cloro no son los adecuados para la cantidad de agua almacenada en el tanque debido a que ninguna de las pruebas resulto positiva y se encontró presencia de coliformes termotolerantes

El agua de abastecimiento de la comunidad de Quilaperque no es segura para el consumo humano, debido a que el índice de calidad de agua ICA NSF es regular por lo que necesita tratamiento para ser consumida.

En el análisis estadístico multivariado a través de Componentes Principales (CP), establece que las variables que más incidieron el comportamiento del ICA en la fuente abastecedora de agua de la comunidad fueron oxígeno disuelto, turbidez, DBO Y fósforo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Sería preciso restringir las actividades agrícolas en las parcelas ubicadas arriba de las captaciones de agua para consumo humano y realizar obras de conservación de suelos.

Concertar con los propietarios a través de la municipalidad y con la participación de la junta de agua la compra o un mecanismo de pagos por servicios ambientales de terrenos que se encuentran aledaños a la fuente de agua y proceder a cercarlos, reforestarlos además de ejercer vigilancia para su conservación.

Es necesario profundizar en estudios de calidad de agua en las obras de captación orientados a monitorear el estado del agua, considerando las implicaciones ambientales, sociales y económicas del mismo en las poblaciones consumidoras.

Se recomienda revisar las concentraciones de cloro y los intervalos de tiempo de aplicación de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de agua del tanque

Es importante delimitar o cercar el área del tanque de almacenamiento, donde no haya influencia de animales para evitar la contaminación por coliformes termotolerantes u otros tipos de contaminantes.

.

## BIBLIOGRAFÍA

Auquilla, R. 2005. Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. 139 p. 4 p. (en línea). Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0725E/A0725E.PDF>

Aznar, A. 2000. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Carlos III. Madrid, ES. (en línea). 12 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Bahamontes, R. 2001. Manejo de cuencas hidrográficas (en línea). Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29050.pdf>

Barba, L. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del valle. Escuela de ingeniería de recursos naturales y del ambiente. Área académica ingeniería sanitaria y ambiental. Santiago de Cali, CO. (en línea). 51 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>

Barceló, L; López, M. 2008. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC. Barcelona, ES. (en línea). 27 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://www.unizar.es/fnca/varios/panel/15.pdf>

Barrenechea, A. 2002. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. (en línea). 55 p. consultado 06 sep. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>

Boluda, N. S.F. Determinación de parámetros en aguas implicadas en procesos de desalación. M.Sc. Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua. (en línea). 23 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/37077/1/ISL\\_Aguas\\_desaladas\\_LABORATORIO.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/37077/1/ISL_Aguas_desaladas_LABORATORIO.pdf)

Carbajal, A; González, M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. (en línea). 33-45 pp. Consultado 25 ago. 2015. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

Cardona, A. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Escuela de posgrado manejo integrado de cuencas hidrográficas. (en línea). 195 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDO/A0118E/A0118E.PDF>

Carrie, J. sf. Manual de manejo de cuencas. (en línea). Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: [http://www.ufrrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/ensino/TMBH/2015-I/TMBH%20Dinamica%2007%20\(2015-1\)%20Anexo.pdf](http://www.ufrrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/ensino/TMBH/2015-I/TMBH%20Dinamica%2007%20(2015-1)%20Anexo.pdf)

CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 2009. Agua potable, biodiversidad y reducción de la pobreza. (en línea). 62 p. Consultado 30 ago. 2015. Disponible en: [http://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010\\_LOWRES\\_BROCHURE\\_ES.pdf](http://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_LOWRES_BROCHURE_ES.pdf)

Concha, L. 2007. La química del agua. (en línea). 15 p. consultado 05 sep.2015. Disponible en: [http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la\\_quimica\\_del\\_agua.pdf](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la_quimica_del_agua.pdf)

Cutimbo A. 2012. Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la yarada y los palos del distrito de Tacna. (en línea) 123 p. Consultado 03 mayo de 2016. Disponible en: [http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/158/45\\_2013\\_Cutimbo\\_Ticona\\_CA\\_FACI\\_Biologia\\_Microbiologia\\_2012.pdf?sequence=1](http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/158/45_2013_Cutimbo_Ticona_CA_FACI_Biologia_Microbiologia_2012.pdf?sequence=1)

Echarri, L. 2007. Población, ecología y ambiente. Universidad de Navarra. (en línea). Consultado 12 sep. 2015. Disponible en: <file:///C:/Users/BRANDHON/Desktop/calidad%20de%20agua/contaminacion%20de%20agua/1%20Contaminacion%20del%20agua.pdf>



FAO. 1996. Control of water pollution from agriculture. Rome, IT. (FAO Irrigation and Drainage Papers). (en línea). 5(5): 101 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp55e.pdf>

Felez, M. 2009. El agua. Situación actual del estado de la depuración biológica. (en línea). 117 p. Consultado 05 sep.2015. Disponible en: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03\\_Mem%20ria.%20pdf?sequence=4](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%20ria.%20pdf?sequence=4)

Fernandez A. 2012. Caracterización morfométrica. Cuenca hidrográfica Chinchao, distrito de Chinchao, provincia Huanuco. (en línea). Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: [http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/CARACTERIZACION%20MORFOMETRICA%20DE%20LA%20CUENCA%20HIDROGRAFICA%20CHINCHAO,%20DISTRITO%20DE%20CHINCHAO,%20PROVINCIA%20DE%20HUANUCO,.pdf](http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/CARACTERIZACION%20MORFOMETRICA%20DE%20LA%20CUENCA%20HIDROGRAFICA%20CHINCHAO,%20DISTRITO%20DE%20CHINCHAO,%20PROVINCIA%20DE%20HUANUCO,.pdf)

Galvín, R. 2002. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA). (en línea). 37 p. Consultado 25 ago. 2015. Disponible en: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)

García B. Martínez J. Dolores M. S. García J. sf. Análisis de componentes principales. (en línea). Consultado 9 oct. 2015. Disponible en: [http://www.uv.es/asepuma/XII/comunica/bernal\\_martinez\\_sanchez.pdf](http://www.uv.es/asepuma/XII/comunica/bernal_martinez_sanchez.pdf)

Gil, M; Soto, A; Usma, J; Gutiérrez, O. 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. (en línea). Producción más Limpia. (7):2. 52-73 pp. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

González V.; Caicedo O.; y Aguirre N. 2013. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS Y BMWP. (en línea). Revista de Gestión y Ambiente. Volumen 16. No. 1. Medellín ISSN 0124.177X. p 97-108 Consultado 25 sep. 2015. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/33902/1/33863-170537-1-PB.pdf>

GreenFacts. 2009. Recursos Hídricos. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. (en línea). 6 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>

Gudiel R. 1996. Determinación de la calidad de agua para consumo humano e industrial de las fuentes de agua que abastecen el municipio de Santa Catarina. (en línea) 141 p. Consultado 03 mayo de 2016. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0565\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0565_Q.pdf)

Guerrero, M. 2011. Determinación del efecto del uso del suelo sobre la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la población en la cuenca del Río Sarapiquí. Tesis. M.Sc. Manejo de Recursos Naturales. Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. (en línea). 234 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: <http://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/wp-content/uploads/2013/02/Tesis-manuel-guerrero.pdf>

Herbas, H; Ostoic, F; Gonzáles, A. 2006. Indicadores biológicos de calidad de agua. (en línea). 21 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: [http://www.pnuma.org/agua-miaac/Curso%20Regional%20MIAAC/Conferencias/Dia%205%20\(14-agosto-2010\)/MIAAC%20PNUMA%20PAN%20AGO%2010%20MAX/BIBLIOGRAFIA/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf](http://www.pnuma.org/agua-miaac/Curso%20Regional%20MIAAC/Conferencias/Dia%205%20(14-agosto-2010)/MIAAC%20PNUMA%20PAN%20AGO%2010%20MAX/BIBLIOGRAFIA/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf)

Herrero, A. 2003. La calidad del agua y su importancia en los alimentos. (en línea). 28(322):32-34 pp. Consultado: 30 ago. 2015. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/12-agua\\_importancia\\_en\\_alimentos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/12-agua_importancia_en_alimentos.pdf).

JCA (Junta de Calidad Ambiental). 2003. Contaminación de agua. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. (en línea). 15 p. Consultado 12 sep. 2015. Disponible en: <http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Fuentes%20de%20contaminacion/JCA%20contaminacion%20agua.pdf>

Leiva, A. 2010. Caracterización de calidad de agua en el ciclo de consumo del municipio de Guaimaca, Francisco Morazán, Honduras. Escuela Panamericana El Zamorano. El Zamorano, HN. (en línea). Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/543/1/T2953.pdf>

Mejía M. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. (en línea) 123 p. Consultado 01 mayo de 2016. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4434/Analisisde\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano.pdf;jsessionid=C559F899676B2738FA14A0BC7B86E0F3?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4434/Analisisde_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano.pdf;jsessionid=C559F899676B2738FA14A0BC7B86E0F3?sequence=1)

Ocacio S. 2008. Evaluación de la la calidad de agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del Rio Piedras. (en línea) 141 p. Consultado 01 mayo de 2016. Disponible en: <https://is.upc.edu/intranet/consulta-treballs-academics/pt-set-2011/tesis/tesis-final.pdf>

Ochoa, R. 2013. Agua, bosque y suelo: Una estrategia de ordenamiento territorial. GWP (Global Water Partnership). (en línea). 25 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: [http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM\\_Files/Agua%20Bosque%20Suelo.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Agua%20Bosque%20Suelo.pdf)

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2011. El derecho al agua. (en línea). 60 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

Orta, L. 2002. Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. Fitosanidad. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, CU. (en línea). ISSN: 1562-3009. 6(3):55-62 pp. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>

República de Honduras; Misterio de Salud. 1995. Norma técnica para la calidad de agua potable. (en línea). 19 p. Consultado 07 sep. 2015. Disponible en: <http://www.salud.gob.hn/transparencia/transparencia/archivos/regulacion/leyes/NORMA%20TECNICA%20CALIDAD%20AGUA%20POTABLE%20%20Honduras.pdf>

Rojas, C. 2011. Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro las Cruces, Nayarit. Tesis. Lic. Biología. Universidad de Guadalajara y Ambientales. (en línea). 168 p. Consultado 13 sep. 2015. Disponible en: [http://www.conanp.gob.mx/contenido\\_2/pdf/cedoc\\_tesis\\_2013/Rojas\\_Mayorquin\\_Citlalli\\_Micaela-Estudio\\_de\\_la\\_contaminacion.pdf](http://www.conanp.gob.mx/contenido_2/pdf/cedoc_tesis_2013/Rojas_Mayorquin_Citlalli_Micaela-Estudio_de_la_contaminacion.pdf)

Roldan, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. (en línea). Revista académica. Universidad de Antioquia. Medellín, CO. 23(88): 376-387 pp. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf)

Sabio, I. 2000. Evaluación de la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca El Capiro en Güinope, Honduras. Tesis. Ing. Agro. Escuela Panamericana El Zamorano. (en línea). 36 p. Consultado 15 de sep. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2591/1/T1221.pdf>

Taylor, M. 2008. Monitoreo participativo del agua. Guía para prevenir y manejar el conflicto. (en línea). 120 p. Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: <http://www.caombudsman.org/howwework/advisor/documents/watermonsp.pdf>

Umaña, E. 2002. Educación ambiental con enfoque en manejo cuencas y prevención de desastres. (en línea). Consultado 08 sep. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

Universidad Michigan State University. 2010. Importancia en la Calidad del Agua. (en línea). 16 p. Consultado 30 ago. 2015. Disponible en: [http://fskntraining.org/sites/default/files/spanish/FSKN\\_04\\_Water-Quality-Traducci%C3%B3n.pdf](http://fskntraining.org/sites/default/files/spanish/FSKN_04_Water-Quality-Traducci%C3%B3n.pdf)

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 1999. Guía para Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. (en línea). 88 p. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)

Valdés, F. 2010. Análisis Legal del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento. (en línea). 23 p. Consultado 06 sep. 2015. Disponible en: [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Analisis-legal-derecho-al-agua.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Analisis-legal-derecho-al-agua.pdf)

Valencia. 1999. Propiedades del agua e importancia biológica. Comunidad Valenciana. (en línea). Consultado 10 sep. 2015. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/materiales\\_tic/biomoleculas/selectividad/agua\\_propiedades\\_funciones.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/materiales_tic/biomoleculas/selectividad/agua_propiedades_funciones.pdf)

Vives, J. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos). (en línea). 148 p. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en: <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas.pdf>

# ANEXOS

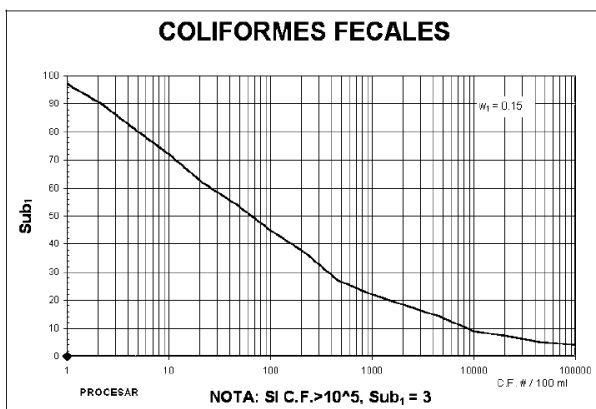
**Anexo 1.** Cuadro de resultados del Laboratorio CESCCO

Punto	Parámetros	Unidad de medida	Resultado I muestreo	Resultado II muestreo	Resultado III muestreo
P. Obratoma	Coliformes	UFC/100mL	20	16	18
	DBO	mg/L	1	3	1
	Fosforo Total	mg/L	0.29	0.23	0.31
	Oxígeno disuelto	mg/L	14.2	7	7.2
	pH	a 20.6 °C	6.22	6.22	6.30
	Turbidez	UNT	0.9	3.2	1.84
	Temperatura	°C	19	17	18
	solidos disueltos totales	mg/L	125	158	112
P. Tanque de almacenamiento	Coliformes	UFC/mL	818	0	43
	cloro libre	mg/L	0	0	0
	Color verdadero	mg Pt-Co/L	10	5	5
	pH	°C	6.37	6.58	6.36
	Turbidez	UNT	1.6	5	2.22
P. Casa 1	Coliformes	UFC/mL	10000	0	42
	cloro libre	mg/L	0	0	0
	Color verdadero	mg Pt-Co/L	5	5	5
	pH	°C	6.55	6.61	6.66
	Turbidez	UNT	1.5	5	2.57
P. Casa 2	Coliformes	UFC/mL	36	0	57
	cloro libre	mg/L	0	0	0
	Color verdadero	mg Pt-Co/L	5	5	5
	pH	°C	6.5	6.71	6.38
	Turbidez	UNT	1.5	4.7	2.58
P. Casa 3	Coliformes	UFC/mL	18	2	15
	cloro libre	mg/L	0	0	0
	Color verdadero	mg Pt-Co/L	5	5	15
	pH	°C	6.45	6.81	6.48
	Turbidez	UNT	3.3	3.5	2.98

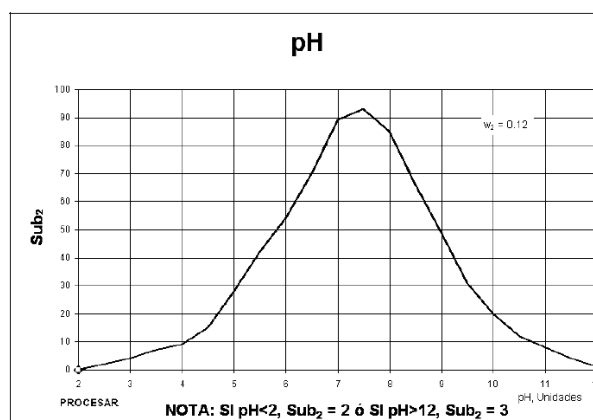
**Anexo 2.** Análisis de componentes principales, datos estandarizados y autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum	Variables	e1	e2
1	4.31	0.52	0.52	Coliformes	0.34	-0.43
2	2.69	0.32	0.84	DBO	-0.47	-0.15
3	1.31	0.16	1.00	Fosforo Total	-0.37	-0.39
4	6.2E-05	7.5E-06	1.00	Oxigeno disuelto	0.45	0.22
5	0.00	0.00	1.00	Ph	-0.17	0.57
6	0.00	0.00	1.00	Turbidez	0.47	0.15
7	0.00	0.00	1.00	Temperatura	0.00	0.00
8	0.00	0.00	1.00	solidos disueltos totales	0.29	-0.49

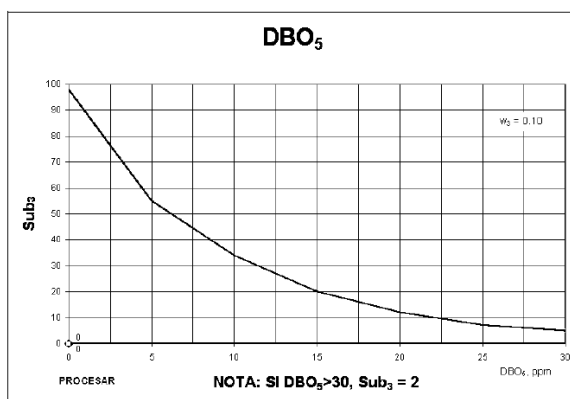
### Anexo 3. Curvas del Cálculos (Sub<sub>i</sub>) en la aplicación del Índice de Calidad General ICA



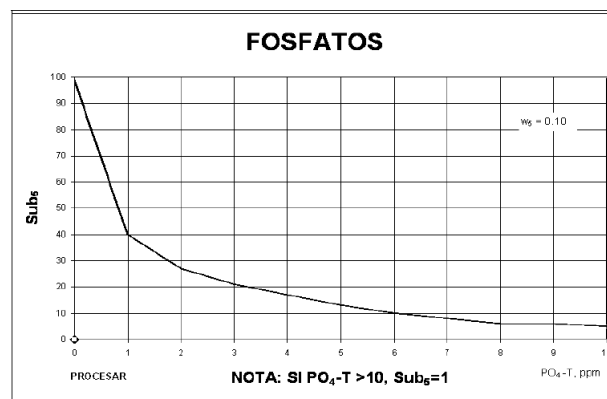
Valoración en función de Coliformes Fecales



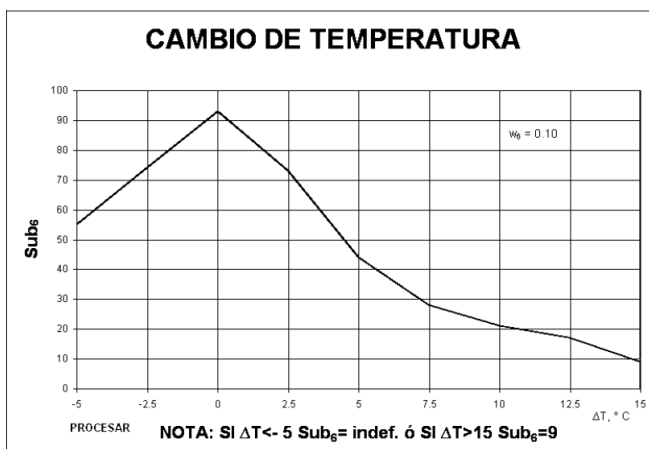
Valoración en función del pH



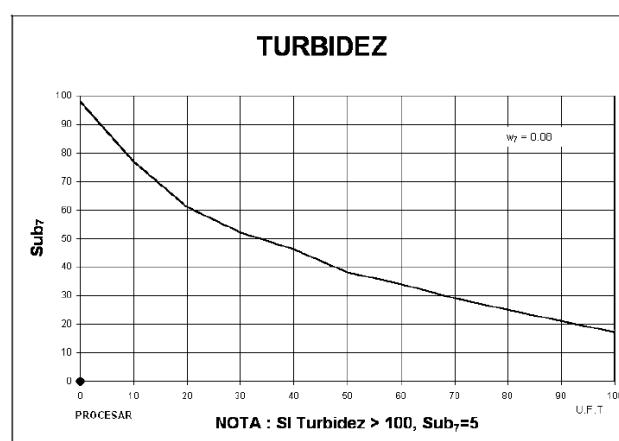
Valoración en función del Fósforo



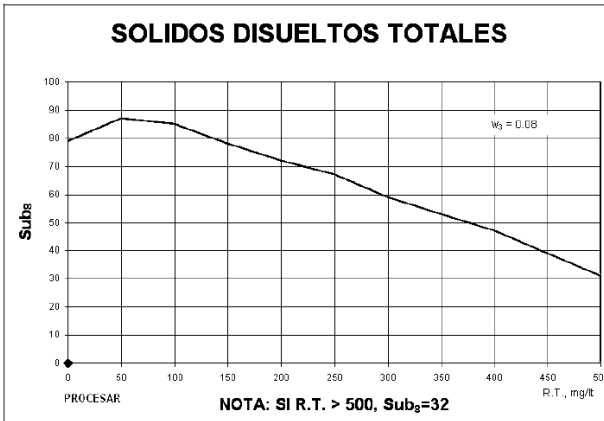
Valoración en función del DBO



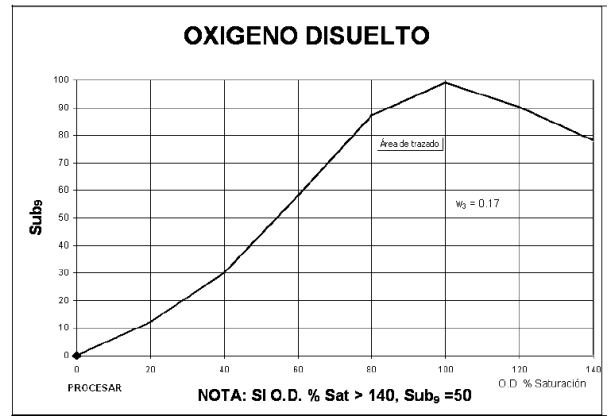
Valoración en función de Turbidez



Valoración en función de la Temperatura



Valoración en función de OD



Valoración en función del Residuo Total

**Anexo 4.** Fotografías de toma de muestras, georreferenciación y obratoma



Recolección de muestras en el tanque de almacenamiento



Recolección y aplicación de reactivos a muestra de oxígeno disuelto





Recolección de muestras de coliformes termotolerantes



Muestras de la red hídrica y muestras en laboratorio



Georreferenciación de los suelos adenaños a la fuente de agua



Obra toma abastecedora de agua de la comunidad de Quilaperque

### Anexo 5. Mapa de puntos de muestreo

