

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Calidad de agua de consumo humano del distrito
de Anco, La Mar, Ayacucho 2016.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES**

Presentado por la:

Bach. PALOMINO CHAICO, Maricruz Christma

AYACUCHO – PERÚ

2016

A Dios, a mis padres
con mucho amor y
cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Mater*, forjadora de profesionales competentes y de calidad humana al servicio de la sociedad.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología, a la plana docente, por su afán y paciencia en brindarme sus conocimientos y dejarme un ejemplo social humano que ayudarán en el desarrollo de mi vida profesional y personal.

A la Dirección Regional de Salud Ayacucho, por las facilidades y apoyo prestado en la realización del presente trabajo de investigación, en especial a la Dirección de Salud Ambiental.

Al Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, docente de la Escuela Profesional de Biología de la UNSCH, asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo y colaboración en el desarrollo del presente trabajo, materializado en este informe.

Al Blgo. Hugo Infanzón Escobar, responsable de Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección de Salud Ambiental de la Dirección Regional de Salud Ayacucho, coasesor del presente trabajo de investigación, por el apoyo, sugerencias y colaboración para la culminación de este trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización y conclusión del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes	3
2.1.1 Enfoque situacional de América Latina	6
2.1.2 Enfoque situacional del Perú	8
2.1.3 Enfoque situacional de la región de Ayacucho	8
2.2 Marco conceptual	9
2.3 Bases teóricas	10
2.3.1 Agua	10
2.3.2 Agua para consumo	11
2.3.3 Calidad microbiológica del agua	11
2.3.4 Calidad fisicoquímica del agua	14
2.3.5 Cloración	17
2.4 Marco legal	18
2.4.1 Guías para la calidad del agua potable	18
2.4.2 Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S Nº 031-2010-SA	18
2.4.3 Estándares nacional de calidad ambiental para agua	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Tipo de investigación	23
3.2 Características de la zona de estudio	23
3.3 Población y muestra	26
3.4 Muestreo	26
3.5 Toma de muestra y transporte de muestra	27
3.6 Análisis microbiológico de muestras de agua	28
3.7 Metodología para el análisis de los parámetros fisicoquímicos a determinar	29

3.8	Análisis estadístico	30
IV.	RESULTADOS	31
V.	DISCUSIÓN	41
VI.	CONCLUSIONES	49
VII.	RECOMENDACIONES	51
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Indicadores de la calidad de agua establecido por la Organización Mundial de la Salud 2008	11
Tabla 2	Taxonomía de bacterias coliformes	12
Tabla 3	Géneros de bacterias que integran el grupo coliformes	13
Tabla 4	Límites máximos permisibles (LMP) microbiológicos establecidos según D.S N° 031-2010-SA.	18
Tabla 5	Límites máximos permisibles (LMP) organoléptica por el D.S N° 031-2010-SA.	19
Tabla 6	Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 1 D.S 002-2008- MINAN.	20
Tabla 7	Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, modificados con el D.S 015-2015-MINAN.	21
Tabla 8	Población de las comunidades evaluadas del distrito de Anco, Lar Mar- Ayacucho.	25
Tabla 9	Coordenadas proyectadas (UTM) de los puntos de muestreo de cinco comunidades del distrito de Anco, 2016.	26
Tabla 10	Número y la frecuencia de muestras de la evaluación de la calidad de agua de consumo humano de las cinco comunidades del distrito de Anco, 2016.	27
Tabla 11	Parámetros químico inorgánicos de las muestras de agua de captación de cinco comunidades del distrito de Anco, febrero de 2016.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Mapa de ubicación de la zona de estudio 24
Figura 2	Promedio y desviación típica de UFC/ mL de bacterias heterotróficas mesófilas viables (reservorio y domicilio) de las muestras de agua de consumo humano en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 32
Figura 3	Promedio y desviación típica de UFC/100 mL de los coliformes totales de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 33
Figura 4	Promedio y desviación típica de UFC/100 mL de los coliformes termotolerantes de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016 34
Figura 5	Promedio y desviación típica de valores de pH de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 35
Figura 6	Promedio y desviación típica de a conductividad eléctrica de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 36
Figura 7	Promedio y desviación típica de la turbiedad de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 37
Figura 8	Promedio y desviación típica de la dureza total de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016. 38

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1	56
Análisis estadístico de Kruskal Wallis para comparar las características microbiológicas de agua de consumo humano en cinco comunidades del distrito de Anco según mes, 2016.	
Anexo 2	57
Análisis estadístico de Kruskal Wallis para comparar las características fisicoquímicas de agua de consumo humano en cinco comunidades del distrito de Anco según mes, 2016.	
Anexo 3	58
Frecuencia de muestreo en sistemas rurales en relación con el tamaño de la población, CEPIS, 2004.	
Anexo 4	59
Mapa de ubicación de los puntos de muestreo distrito de Anco, 2016.	
Anexo 5	60
Procesamiento microbiológico de las muestras de agua de consumo humano en el Laboratorio de Control Ambiental-DIRESA, 2016.	
Anexo 6	61
Flujograma del análisis de bacterias heterotróficas mesófilas viables de muestras de agua de consumo, en el Laboratorio de Control Ambiental de la DIRESA, 2016.	
Anexo 7	62
Procesamiento las muestras de agua de consumo humano para el análisis microbiológico, para los coliformes termotolerantes en el Laboratorio de Control Ambiental – DIRESA, Ayacucho 2016.	
Anexo 8	63
Flujograma del análisis fisicoquímico de muestras de agua de consumo humano, en el Laboratorio de Control Ambiental-DIRESA, 2016.	
Anexo 9	64
Flujograma del análisis de la dureza total de muestras de agua de consumo, en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica - UNSCH, 2016.	
Anexo 10	65
Fotografías de colonias de coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas mesófilas	
Anexo 11	66
Toma de muestra de agua en la captación para el análisis de parámetros inorgánicos de las comunidades de Huayllahura, Ccollpa, Toccate y Chiquintirca del distrito de Anco, 2016.	
Anexo 12	67
Toma de muestra de agua de consumo humano en los reservorios de las comunidades de Huayrapata y Toccate, domicilio en Ccollpa del distrito de Anco, 2016.	
Anexo 13	68
Estado del reservorio de la comunidad de Huayllahura y la utilización de un hipoclorador para la cloración del agua, 2016.	

Anexo 14	Análisis del cloro residual libre <i>in situ</i> en reservorio y domicilio de las comunidades de Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, 2016.	69
Anexo 15	Estado del reservorio de la comunidad de Huayrapata del distrito de Anco, 2016.	70
Anexo 16	Muestras de agua de consumo humano para los análisis fisicoquímico y microbiológico de las comunidades del distrito de Anco, 2016.	71
Anexo 17	Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de las comunidades de Huayllahura, Ccollpa y Toccate del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.	72
Anexo 18	Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de la comunidad de Huayrapata del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.	75
Anexo 19	Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de la comunidad de Chiquintirca del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.	76
Anexo 20	Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Huayllahura durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.	77
Anexo 21	Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Chiquintirca durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.	78
Anexo 22	Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Ccollpa durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.	79
Anexo 23	Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Toccate durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.	80
Anexo 24	Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Huayrapata durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.	81
Anexo 25	Matriz de consistencia.	83

RESUMEN

La investigación responde al problema de la falta de información de la situación actual de la calidad de agua de consumo humano, es por ello, que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua de consumo humano tanto microbiológica, fisicoquímica y cloro residual libre de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, de la provincia de La Mar. Este trabajo es de nivel básico descriptivo que se ejecutó durante los meses de enero a mayo de 2016, donde se analizaron 50 muestras de agua procedentes de los reservorios y de los grifos domiciliarios de las 5 comunidades y 5 muestras de agua de la fuente de captación para el análisis de parámetros inorgánicos, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección Regional de Salud – Ayacucho (DIRESA) y Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para su procesamiento. Para el análisis microbiológico se empleó la técnica de siembra por incorporación para enumerar las bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) y la técnica de filtro de membrana, para cuantificar los coliformes totales y coliformes termotolerantes. Para el análisis fisicoquímico se emplearon técnicas electrométricas, nefelométricas, volumétricas y colorimétricas, donde se analizaron los siguientes parámetros: pH, sólidos totales disueltos, conductividad, turbidez, dureza total y cloro residual libre. En los resultados obtenidos se reportó, para las bacterias heterotróficas mesófilas viables se obtuvo un promedio de 415,8 UFC/1mL lo cual indica que están dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidas en el D.S N° 031-2010-SA; en caso de coliformes totales las muestras de agua analizadas están por encima de los LMP en todas las comunidades; para coliformes termotolerantes hay presencia en las comunidades de Chiquintirca, Toccate y Huayrapata, y ausente en las demás. Los valores promedios de los análisis fisicoquímicos se hallan por debajo de los LMP. Para el cloro residual libre se obtuvo 0,0 mg/L en todas las muestras. Con relación a los análisis de los parámetros químicos inorgánicos en caso de arsénico se encontró por encima de los valores permitidos en los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) en las comunidades de Huayllahura y Ccollpa se encontró <1 mg/L y 2,6 mg/L respectivamente. Se concluye indicando que las cinco comunidades del distrito de Anco no consumen agua de buena calidad es decir, no cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el D.S N° 031-2010 - SA.

Palabras clave: Agua, Calidad y agua de consumo humano.

I. INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre aparece en la Tierra su existencia y desarrollo está íntimamente ligado al líquido elemental. El agua es una necesidad primordial para la vida, sin embargo, también puede ser portadora de enfermedades, puesto que el agua puede y suele contener una diversidad de microorganismos contaminantes provenientes del suelo, aire y excretas de humanos y animales convirtiéndose en un importante vehículo de enfermedades.

Con mucha frecuencia, en la mayoría de los países de América Latina disponer de agua limpia es un lujo por que la gran parte del agua no está limpia y el saneamiento es inadecuado, por consiguiente, las enfermedades relacionadas con el agua son muy comunes entre sus habitantes. El recurso hídrico para el consumo humano debe ser entregado a las comunidades con buena calidad, la cual inicia desde la misma generación, protección de las fuentes y el recorrido hasta las plantas de tratamiento y posteriormente hasta el servicio domiciliario; a pesar de ello el acceso de los peruanos al agua potable aún es insuficiente, a ello cabe mencionar que las enfermedades de transmisión hídrica mantienen desde demasiado tiempo en el Perú.

A lo largo de los años las instituciones públicas y organizaciones de apoyo, realizaron trabajos de instalación y mejoramiento de saneamiento básico en diversas regiones del país, especialmente la dotación de agua para consumo humano, se centraron más en proporcionar agua entubada a las comunidades, dejando de lado la sensibilización y la capacitación de los beneficiarios que garanticen la sostenibilidad del servicio y el adecuado manejo, operación y administración de los sistemas de agua.

De acuerdo al informe de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) mediante la DIRESA-Ayacucho, viene realizando trabajos de vigilancia y monitoreo de la calidad de agua de consumo humano menciona que de todos

los centros poblados o comunidades de la región de Ayacucho solo un 7% consumen agua clorada y a la vez cabe mencionar que del distrito de Anco, solo tres comunidades consumen agua clorada, la comunidad de Paterine, Seis de Agosto y Villa Vista.¹ La determinación de la calidad de agua de consumo humano, es importante debido a que influye en la salud de las personas, por ello el interés de la investigación, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Evaluar la calidad de agua de consumo humano de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, La Mar- Ayacucho.

Objetivos Específicos

- Determinar bacterias heterotróficas mesófilas, coliformes totales y termotolerantes del agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco.
- Determinar la turbidez, pH, conductividad eléctrica, dureza y sólidos disueltos totales (SDT) del agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco.
- Determinar el cloro residual libre presente en las muestras de agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco.
- Determinar parámetros químicos inorgánicos: cobre, hierro, zinc, sodio, manganeso, plomo, aluminio, arsénico, cadmio, cromo y selenio en las fuente de captación las comunidades del distrito de Anco.
- Comparar los resultados físicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua de las comunidades del distrito de Anco con el LMP del D.S N° 031-2010-SA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Ecofluidos Ingenieros S.A.² realizaron un estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco; en los estudios realizados se han encontrado altos contenidos de coliformes fecales y coliformes totales; la sola presencia de estos microorganismos en el agua es indicador cualitativo de contaminación, por lo que aun las aguas con niveles bajos de coliformes son consideradas contaminadas. Los resultados de los análisis revelan una contaminación casi generalizada con estos microorganismos; en los resultados que se obtuvieron de las muestras tomadas en Apurímac y Cusco solo en los ríos de Tambobamba y Santo Tomás hay presencia de hierro que sobrepasa los límites máximos permisibles definidos por la OMS y el reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S N° 031-2010-SA; esto se sustenta debido a que en la zona de Tambobamba existe yacimientos de óxido de hierro, y en el caso del río Santo Tomás, hay presencia de minería polimetálica en la cabecera de cuenca. En todos los resultados del monitoreo realizado en distritos de Chumbivilcas y Cotabambas no se ha encontrado presencia de pesticidas, esto se debe a que las fuentes de agua se encuentran por encima de las zona agrícola, solo en el caso de los ríos Tambobamba y Santo Tomás se encuentra por debajo de la zona agrícola, pero no se ha encontrado ningún valor detectable, lo que sugiere indicar que pese a que se encontraban en época de siembra no lo usaban en mayor cantidad que la necesaria.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)³, realizó un estudio de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento rural en los departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco; en los sistemas evaluados se encontró presencia de coliformes termotolerantes con una

tendencia creciente entre la captación y las conexiones domiciliarias. Esta situación se atenúa, en parte, en los sistemas con cloración. Al interior de los domicilios la presencia de coliformes termotolerantes es más notoria debido al inadecuado manejo del agua por los usuarios. Existe una baja cobertura de cloración en los sistemas evaluados y aún en aquellos en que se clora el agua, sólo en un número reducido el nivel de cloro residual encontrado es adecuado y en la mayoría es inexistente; esta situación puede deberse a insuficientes acciones de administración, operación y mantenimiento, prácticas inadecuadas en la cloración y deficiencias de diseño y construcción.

Olivera⁴, realizó una investigación sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos, donde se analizaron 138 muestras de agua procedente de los reservorios y de los grifos domiciliarios de 31 comunidades y tres acequias; el 100% de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes, encontrándose entre un rango de 1 a 1000 UFC/100 mL. Para el caso de BHMV el 59% de las muestras sobrepasan el LMP, hallándose dentro de un rango de 540 a 18×10^3 UFC/mL. el 100 % de las muestras los valores de dureza, alcalinidad y cloruros se encuentran dentro de los LMP, en el caso de pH el 85% cumple con el parámetro, en caso de turbidez el 79 % de muestras están dentro de los LMP. Para el cloro residual se obtuvo 0,0 ppm en todas las muestras, por ello se concluye que las 34 comunidades no cumplen con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, por ello no son aptas para el consumo humano.

Tineo⁵, realizó un trabajo de investigación sobre la calidad bacteriológica, parasitológica y fisicoquímica del agua de consumo humano y prevalencia de enteroparasitismo en niños de 4 a 10 años de edad del distrito de Sivia del valle del Rio Apurímac, agosto del 2005 a febrero del 2006. Para el estudio bacteriológico se analizaron 72 muestras procedentes del reservorio y de las redes públicas, empleando la técnica de filtro de membrana; para el análisis parasitológico se analizaron 36 muestras; para el estudio fisicoquímico se analizaron 72 muestras y para el estudio enteroparasitismo se analizaron 143 muestras de heces. Los resultados indican que el 100 % de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles de bacterias heterotróficas mesófilas viables, cuantificándose en un rango de 85×10^2 a 15×10^3 UFC/mL; para el caso de coliformes totales y termotolerantes de la misma

manera en el 100% de las muestras se cuantificaron en un rango de 20×10^4 a 67×10^4 UFC/100 mL y 17×10^4 a 42×10^4 UFC/100 mL. Respectivamente, las mismas no cumplen con las normas vigentes de la calidad de agua para consumo humano. El análisis parasitológico de muestras de agua, se hallaron en el 13,9% huevos de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichura*, *Uncinarias* y larvas de nematodos. Los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, conductividad eléctrica, cloruros y dureza total, se obtuvo promedios de 8,5; 4,0 UNT; 156,85 ppm; 155,92 mg/L; 299,1 μ /s, 5,0 mg/L y 164,5 mg/L, respectivamente, concentraciones que no superan el límite máximo permisible establecidas por las normas vigentes, el caso de cloro residual se obtuvo un valor de 0,0 ppm, el cual se encuentra fuera de rango establecidas por las normas lo cual no garantiza la eficiente remoción de la carga microbiana.

México⁶, también realizó un trabajo de investigación sobre el recuento de coliformes fecales, coliformes totales y colífagos en agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa 2009. Se analizó un total de 72 muestras tomadas en seis zonas con un intervalo de 15 días en un periodo de tres meses, las zonas muestrales fueron estratificadas en dos: agua no tratada que corresponde a cuatro fuentes de captación Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal del río Cachi y agua tratada al reservorio y grifo de las viviendas; el agua de las cuatro fuentes donde el número de colífagos de 910 UFC/100 mL, coliformes totales 171 NMP/100 mL y coliformes fecales con 114 NMP/100 mL; después del procesamiento de tratamiento de agua la presencia de colífagos se reduce a 42 UFC/100 mL, los coliformes totales y fecales hasta <2 NMP/100 mL, esto indica el agua que consumen la comunidad presenta contaminación microbiológica.

En el informe presentado por la DIGESA sobre la evaluación de los servicios de agua para consumo humano y saneamiento realizados en las comunidades de San Antonio, Mejorada, Huayrapata, Cajadela, Toccate, Ccollpa, Chiquintirca, Huayllahura, Osqoccocha y Pacobamba, ubicadas en el distrito de Anco provincia de La Mar de la región Ayacucho.⁷ Las actividades se realizaron del 18 hasta el 22 de diciembre de 2006. Los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos de las muestras de agua de consumo tomadas en los reservorios y en las piletas de las comunidades evaluadas, determinan que en las muestras de los reservorios de Huayllahura, Ccollpa, Cajadela y Pacobamba y en los domicilios Ccollpa y Osqoccocha, hay ausencia de coliformes

termotolerantes, mientras en Chiquintirca se obtuvo un promedio de 5 UFC/100 mL, Toccate de 4 UFC/100 mL y Huayrapata 12 UFC/100 mL, San Antonio 3 UFC/100 mL y Mejorada 11 UFC/100 mL; en los análisis de los coliformes totales de las muestras de agua de consumo tomadas en los reservorios de las localidades de Huayllahura y Ccollpa en caso de domicilios en la comunidad de Ccollpa y Pacobamba, hay ausencia de coliformes totales, mientras que en Chiquintirca 25 UFC/100 mL, Toccate 70 UFC/100 mL, Huayrapata 75 UFC/100 mL, San Antonio 55 UFC/100 mL, Mejorada 108 UFC/100 mL y Cajadela 12 UFC/100 mL; en los análisis físicoquímico los valores de pH, conductividad y sólidos disueltos totales para muestras de agua de consumo humano, se encuentran dentro del rango permisible, en cambio los valores de turbidez para las muestras de agua de consumo humano reportados la mayoría de las muestras están < 2 UNT, excepto para las muestras de las comunidades de San Antonio y Mejorada 11,3 y 35,8 UNT respectivamente,. Adicional a ello se realizó el análisis de cadmio, cobre, manganeso, plomo, zinc, hierro y cromo; de los cuales las comunidades mencionadas están por debajo de los límites establecidos en cobre, manganeso, plomo, zinc y cromo; en caso del cadmio todas las comunidades están por encima de 0,005 mg/L y en caso de hierro la comunidad de San Antonio y Mejorada están por encima de límite de 0,3 mg/L con 0,59 y 3,42 mg/L respectivamente y las demás comunidades restantes están dentro del límite.

2.1.1 Enfoque situacional de América Latina

El agua es la base de la vida en nuestro planeta, cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre, localizada principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total (agua salina) que no puede ser consumida directamente por los seres humanos, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos(acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.⁸

La calidad de la vida depende directamente de la calidad del agua, una buena calidad del agua sustenta la buena salud de los ecosistemas y en consecuencia, mejora el bienestar de las personas.⁹

Por tanto, un agua contaminada es un vehículo eficaz de transmisión de la mayoría de enfermedades de origen hídrico. Históricamente, una gran cantidad

de microorganismos han causado epidemias de origen hídrico, la mayoría de los trastornos ocasionados por estos microorganismos son de una gravedad moderada presentándose a menudo en forma de gastroenteritis asociada con diarreas, dolores abdominales y vómito. La contaminación microbiológica del agua ocurre por lo general a través de heces de origen humano o animal, la presencia de descargas de aguas residuales domésticas o pecuarias en las inmediaciones de una fuente de abastecimiento es una de las causas de contaminación.¹⁰

En América Latina y el Caribe el 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal. Por otro lado, se ha demostrado que las enfermedades hidro transmisibles como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina. Hay una relación directa entre la mortalidad infantil y la cobertura de la calidad del agua de consumo debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse de diarrea.¹¹

Para el 2004, de las 1,8 millones de personas que mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera), un 90% de esas personas son niños de ese grupo de edad, y son procedentes principalmente de países en desarrollo.¹³ Para el 2010, 1 101 503 personas fallecieron a causa de enfermedades diarreicas. Los niños menores de 5 años aun no tienen completo el sistema inmunológico y en los países en desarrollo, la mayor parte de ellos están afectados por la desnutrición; ya que en general la diarrea es transitoria, en las personas bien alimentadas, y persistente en las mal nutridas. Además la infección repetitiva puede aumentar la desnutrición que, a su vez, incrementa la vulnerabilidad ante nuevas infecciones.¹²

Las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y a servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas de origen hídrico (ríos, lagunas, lagos) se encuentran aún en mayor riesgo debido a que la fuente de agua está expuesta a la contaminación fecal. Las razones para ello incluyen la carencia de una apropiada disposición de excretas y factores como la defecación a campo abierto, las letrinas mal diseñadas y la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos.¹⁰ Por tanto se piensa que un 88% de las enfermedades

diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un abastecimiento y una higiene deficientes. Esto quiere decir que una mejora del abastecimiento de agua reduce entre un 6% y un 21% la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves.¹³

Las medidas de higiene, entre ellas la educación sobre el tema y la insistencia en el hábito de lavarse las manos, pueden reducir el número de casos de diarrea en hasta un 45%. La mejora de la calidad del agua de bebida mediante el tratamiento del agua doméstica, por ejemplo con la cloración en el punto de consumo, puede reducir en un 35% a un 39% los episodios de diarrea.¹³

En la mayoría de los países, los principales riesgos asociados al consumo de agua contaminada están relacionados con microorganismos. Como se indica en el capítulo 18 de la “Agenda 21” de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada.

2.1.2 Enfoque situacional del Perú

En el Perú, para el 2008, solo el 61% de la población rural tenía acceso a fuentes mejoradas de agua potable, frente al 90% de la población urbana y 36% de la población rural tenía acceso a servicios de saneamiento mejorados frente al 81% de la población urbana. Este se ve reflejado en la distribución de las causas de muerte en menores de 5 años, en donde las diarreas representa en 4% para el 2008.¹⁴ En el mundo, alrededor de 1 100 millones de personas todavía carecen de acceso a una fuente de agua mejorada de abastecimiento de agua y más de 2 600 millones carecen de acceso a unos servicios de saneamiento mejorados.

2.1.3 Enfoque situacional de la región de la Ayacucho

Sólo el 5% de la población de las zonas rurales consumían agua segura en el año 2014 y que de la zona urbana solo el 53 % consumían agua clorada.¹ En el año 2012, 300 mil habitantes de la región Ayacucho consumían agua no apta para el consumo humano, ocasionando enfermedades gastrointestinales y de otros tipos y que sólo el 43 % de los pobladores de las zonas urbanas y periurbanas consumen agua segura o tratada, mientras que más de la mitad de los sectores urbanos consumen agua que los exponen a enfermarse con facilidad, disminuyendo la calidad de vida de los mismos. De otro lado, el 91 %

de las poblaciones de las zonas rurales consume agua que no es apta para el consumo, siendo el punto más vulnerable para la aparición de enfermedades.¹

2.2. Marco conceptual

- a. **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal.
- b. **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
- c. **Parámetros microbiológicos:** Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.
- d. **Parámetros organolépticos:** Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.
- e. **Coliformes totales:** Bacterias que forman parte del grupo coliformes, son bacilos Gram negativos no esporulados.
- f. **Coliformes termotolerantes:** Bacteria y son definidas como bacilos Gram negativos no esporulados.
- g. **Bacterias heterotróficas:** Son aquellas bacterias que usan compuestos de carbono orgánico como fuente de energía. Estas bacterias es amplia e incluyen tanto a las bacterias saprofitas como a las patógenas.
- h. **Turbidez:** La presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. Es de importante por tres razones, la estética, la filtrabilidad y la desinfección.
- i. **Conductividad:** Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición.
- j. **pH:** Es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina.
- k. **Dureza:** Concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes, que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} , expresados como mg/L CaCO_3 .
- l. **Sólidos disueltos totales (SDT):** Comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua.

m. Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Agua

El agua o dihidruro de oxígeno líquido es incoloro, inodoro e insaboro, compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; es una molécula dipolar debido a la carga positiva y negativa, por ello son disolventes universales; el agua cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre el 99,6% de la cual es salada y el 2,4 % es agua dulce , del 2,4 % un 77,9 % está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21,4 % es agua subterránea y el resto en una fracción muy pequeña existen el lagos, ríos y mares.¹⁵

Agua subterránea

Es el agua que se encuentra en la zona saturada es decir la que se encuentra debajo del nivel freático. Es un recurso relativamente económico, los costos de construcción de pozos e instalaciones de equipos de bombeo son generalmente menores que los costos de construcción de un almacenamiento superficial que provee un caudal similar. Además como agua subterránea normalmente no requiere más tratamiento que una desinfección común, los costos de operación y mantenimiento de una fuente de abastecimiento de agua subterránea comúnmente son mucho menores que los necesarios para un abasto de agua superficial equivalente, ya que este normalmente requiere un proceso de tratamiento más complicado para filtrar y clarificar el agua, constituyendo la mejor opción cuando se tiene la cantidad y calidad requerida.¹⁶

3.3.1.1 Calidad del agua

El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua. Éstas últimas son las que determinan la calidad de la misma y hacen que ésta sea apropiada para un uso determinado. En las guías para la calidad del agua potable¹⁷ se muestran los principales parámetros que de acuerdo a sus valores determinan si el agua es de buena calidad para un uso determinado. En la siguiente tabla se puede apreciar los principales parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua.

Tabla 1. Indicadores de la calidad de agua establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Parámetros	Descripción
Parámetros físico	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor y temperatura
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, sodio, sulfatos
Parámetros biológicos	Algas, bacterias (coliformes termotolerantes y coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2008.¹⁷

3.3.1.2 Agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud ¹³ el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

2.3.2 Agua para consumo

Agua de consumo humano es aquella agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. El reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S 031-2010-SA¹⁸, lo define como toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos. El abastecimiento del agua es el suministro en forma individual o colectiva de agua, requerida para satisfacer las necesidades de las personas que integran una localidad, evitando que puedan afectarse en su salud de los consumidores, de la siguiente manera: captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución y consumo.

2.3.3 Calidad microbiológica del agua

Según la Organización Mundial de la Salud,¹⁷ la verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye sólo análisis microbiológicos. Dichos análisis son de suma importancia, ya que el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana. Así pues, el agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores. Algunos de los agentes patógenos cuya transmisión por agua de consumo contaminada es conocida producen enfermedades graves que en ocasiones pueden ser mortales, algunas de estas enfermedades son la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa y las enfermedades causadas por *Shigella spp.* y por *Escherichia coli*. Otras enfermedades conllevan típicamente desenlaces menos graves, como la diarrea de resolución espontánea.

2.3.3.1 Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliformes significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: ser aerobias o anaerobias facultativas; ser bacilos Gram negativos y no ser esporógenas.¹⁹

3.3.3.1.1 Taxonomía

Tabla 2: Taxonomía de bacterias coliformes.

Bacterias coliformes	
Taxonomía	
Reino:	Bacteria
Filo:	Proteobacteria
Clase:	Gamma Proteobacteria
Orden:	Enterobacteriales
Familia:	Enterobacteriaceae
Géneros	
• Escherichia • Klebsiella • Enterobacter • Citrobacter	

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983.¹⁹

3.3.3.1.2 Coliformes totales y coliformes termotolerantes

Los coliformes son indicadores de contaminación microbiológica, se distinguen, coliformes termotolerantes que son de origen fecal y los coliformes totales, son aquellos que comprende la totalidad del grupo. Se distinguen, por lo tanto los coliformes totales, son aquellos que comprende la totalidad del grupo. Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal. Las bacterias del grupo de los coliformes totales son bacilos Gram negativos, no esporulados.²⁰

Para la Organización Mundial de la Salud¹⁷, los coliformes termotolerantes representan un grupo de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Generalmente la bacteria que predomina en la mayoría de las aguas, es

Escherichia; incluso ésta presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. Los coliformes fecales, son aquellos de origen intestinal, Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliformes. Son definidas como bacilos Gram-negativos no esporulados. La mayor especie en el grupo de coliformes fecal es el *Escherichia coli* y en menor grado *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*.²⁰

3.3.3.1.3 Bacterias que integran el grupo de los coliformes

El grupo de los coliformes incluye bacterias en forma de bacilo, Gram negativos, con las siguientes propiedades bioquímicas: oxidasa negativo y capacidad de fermentar lactosa, con producción de gas en 48 horas a una temperatura de 37 °C. El grupo coliformes está formado por los siguientes géneros.¹

Tabla 3. Géneros de bacterias que integran al grupo coliformes.

Géneros	Fuente
<i>Escherichia</i>	heces (humanos y animales)
<i>Klebsiella</i>	heces, ambiente
<i>Enterobacter</i>	heces, ambiente
<i>Citrobacter</i>	ambiente
<i>Serratia</i>	ambiente

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983.¹⁹

En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa. *Escherichia coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *Escherichia coli*, puede haber microorganismos ambientales.

2.3.3.2. Bacteria heterotróficas mesófilas viables

Están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, estas son indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento, principalmente de la desinfección. Son

indicadores simples cualitativos que estima la densidad de las bacterias viables heterótrofas, aerobias y anaerobias facultativas en el agua, capaz de desarrollarse en condiciones de nutrición, temperatura y tiempo de incubación 35 -37 °C por 48 horas. A esta temperatura de incubación se consigue un desarrollo homogéneo de la flora bacteriana que existe en aquellos momentos.¹¹ El recuento en placas de bacteria heterótrofa detecta una amplia variedad de microorganismos principalmente bacterias que son indicadoras de la calidad microbiológica del agua. Se ha comprobado que el conteo total es uno de los indicadores más confiables y sensibles del tratamiento o fracaso de la desinfección.

2.3.4 Calidad fisicoquímica del agua

Según la Organización Mundial de la Salud,¹⁷ la mayoría de los productos químicos sólo constituyen un peligro en la salud de las personas cuando su presencia ocurre en el agua de manera prolongada; mientras que otros pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto. Se debe tener muy en cuenta que no todas las sustancias químicas de las cuales se han establecido valores de referencia están presentes en un mismo sistema de abastecimiento, cada uno de estos es único y depende del origen y distribución del agua fuente. Lo mismo sucede a la inversa, para algunos lugares existirán parámetros característicos del agua fuente propia del lugar, pero que no se contemplan en las normas. Por otro lado, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados. Existe una gran cantidad de parámetros químicos los cuales determinan la calidad del agua, sin embargo, son pocas las sustancias de las que se haya comprobado que causan efectos nocivos sobre la salud humana como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo, tales como fluoruro, el arsénico, el nitrato y el plomo.

Parámetros físicos

a. Sólidos disueltos totales: las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos o sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple vista como pequeñas partículas y

son los que dan turbiedad al agua. Desde el punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye su hábitat natural.²¹

La palatabilidad del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/L suele considerarse buena, pero a concentraciones mayores de aproximadamente 1000 mg/L la palatabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente.¹⁷

b. Turbidez: la turbiedad se origina por partículas en suspensión o coloidales (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.), que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la suspensión de sedimentos en el sistema de distribución.¹⁷ Otra posible causa es debido a la presencia de partículas de materia orgánica en algunas aguas subterráneas o el desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución.

Un agua turbia representa la presencia de partículas que pueden proteger durante la desinfección a los microorganismos, e incluso estimular la proliferación de bacterias. Es por ello que, siempre que se someta el agua a un proceso de desinfección, para que éste sea eficaz, la turbiedad del agua debe ser baja. A pesar de todos los problemas que pueden significar un agua turbia, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. Lo único que se indica es que el aspecto del agua con una turbidez de 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores. A su vez, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz.¹⁷

c. Color: en cuanto al color del agua de consumo, lo ideal es que no tenga ningún color apreciable, pues influye mucho en la percepción de las personas sobre la calidad del agua, actuando así como un indicador de aceptabilidad.¹⁷ El color del agua se debe principalmente a la presencia de materia orgánica coloreada, presencia de hierro, manganeso y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión. De igual manera, otra posible causa es la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales. En general, se puede deber a diversas causas, es por ello necesario determinar el origen de la coloración y actuar sobre ello.

Por otro lado, existen dos tipos de color: color verdadero y color aparente. El color verdadero depende sólo del agua y la materia suspendida y disuelta. Una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como color aparente, producto pues de suspensiones no naturales que a su vez generan turbiedad.²² Tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud,¹⁷ las personas pueden percibir niveles de color mayores que 15 unidades de color verdadero (UCV) en un vaso de agua. De tal manera que los consumidores suelen considerar aceptable, niveles de color menor que 15 TCU.

d. Temperatura: es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, pues tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud ¹³ a elevadas temperaturas puede ocurrir la proliferación de microorganismos. Asimismo, puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. A su vez, la Dirección General de Salud Ambiental,²³ indica que la temperatura tiene una gran influencia sobre otros parámetros como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. De igual manera, puede influir en el retardo o aceleración de la actividad biológica como sobre otras reacciones químicas. He aquí la gran importancia de este parámetro como indicador de la calidad de agua.

Indicadores o parámetros químicos

a. pH (potencial de hidrógeno): según la Organización Mundial de la Salud ¹⁷ aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, ya que determinados procesos químicos ocurren tan solo a un determinado pH. Por ejemplo, para que las desinfecciones con cloro sean eficaces es necesario que el pH se encuentre entre un valor de 6,5 y 8. De esta manera, se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Además, el pH de la misma se debe controlar durante su sistema de distribución para evitar la corrosión e incrustaciones en las redes de distribución, ya que el agua con un pH bajo será probablemente corrosiva.

b. Dureza: la dureza del agua hace referencia a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente bivalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} , expresados como mg/L CaCO_3 , que ingresan al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas presentes

en el suelo.²² La organización Mundial de la Salud ¹⁷ indica que el valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/L. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/L; esto se encuentra en función de las condiciones locales. No obstante, no se propone ningún valor de referencia para la dureza del agua de consumo basado en efectos sobre la salud. Por otro lado, la OMS resalta que es importante determinar este parámetro para determinar la calidad del agua, ya que a elevadas temperaturas y en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede formar incrustaciones en los equipos mecánicos, instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución y las tuberías.

c. Conductividad eléctrica: la conductividad eléctrica del agua es la capacidad que tienen las sales inorgánicas presentes en el agua para conducir corriente eléctrica. Es por ello, que la conductividad eléctrica es un perfecto indicador de la cantidad de sales disueltas, pues a mayor cantidad de éstas, mayor será la conductividad del agua.²³ Por otro lado, las personas solo pueden consumir agua con conductividad eléctrica de máximo 1 500 $\mu\text{mho/cm}$.

2.3.5 Cloración

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior.²³

Para Ponce Ochoa ²⁴, El cloro elimina las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. Además reduce malos olores y sabores, al oxidar muchas sustancias como el Fe (II) y el Mn (II), destruye el sulfuro de hidrógeno, remueve amoníaco y otros compuestos nitrogenados que impiden la desinfección. Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud ¹⁷, la cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, o mediante generadores de cloro in situ. El cloro, en cualquiera de estas formas, se disuelve en el agua y forma ión hipoclorito (ClO^-) y ácido hipocloroso (HClO). De estas dos especies únicamente el ácido hipocloroso HClO tiene capacidad desinfectante. El porcentaje de reparto de ambas especies viene determinado por el pH; es por tanto de vital importancia el ajuste y control del pH para una correcta desinfección de agua con cloro.

Desinfección con cloro

Los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua. Esta propiedad es muy importante en los sistemas tradicionales de potabilización de agua (plantas municipales), ya que la presencia de éste mantendría la higiene del agua de la salida de la planta de tratamiento a la llave del consumidor.

2.4 Marco legal

2.4.1 Guías para la calidad del agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud ¹⁷ las Guías para la calidad del agua potable explican los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, incluidos los procedimientos mínimos y valores de referencia específicos, y el modo en que deben aplicarse tales requisitos. Describe asimismo los métodos utilizados para calcular los valores de referencia, e incluye hojas de información sobre peligros microbianos y químicos significativos. Asimismo, éstas Guías pueden presentar información de aspectos microbiológicos, químicos, radiológicos y relativos a la aceptabilidad; con el fin que todo se complemente y tenga un sustento más fuerte.

2.4.2. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S N° 031-2010-SA

Establece límites máximos permisibles a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos.

2.4.2.1 Límites máximos permisibles de los parámetros microbiológicos

Tabla 4. Límites máximos permisibles (LMP) microbiológico establecidos según D.S N° 031-2010-SA.

Parámetros	Unidad de medida	LMP
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100mL a 44,5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	UFC/100mL a 44,5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarias, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC= Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples = 1,8 / 100 m

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, 2010.¹⁸

2.4.2.2 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Tabla 5. Límites máximos permisibles (LMP) organolépticos establecidos por el D.S N° 031-2010-SA.

Parámetros organolépticos	Unidad de medida	LMP
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad a (25 °C)	µmho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1000
Cloruros	mgCl ⁻¹ L ⁻¹	250
Sulfatos	mgSO ₄ ⁻² L ⁻¹	250
Dureza total	mgCaCO ₃ L ⁻¹	500
Amoniaco	mgNH ₃ L ⁻¹	1.5
Hierro	mgFeL ⁻¹	0.3
Manganeso	mgMnL ⁻¹	0.4
Aluminio	mgAlL ⁻¹	0.2
Cobre	mgCuL ⁻¹	2.0
Zinc	mgZnL ⁻¹	3.0
Sodio	mgNaL ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, 2010.¹⁸

2.4.3 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

En 2008 se aprobaron los ECA para agua con el D.S 002-2008-MINAN, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural.

Posteriormente, se modificaron los estándares nacionales de calidad ambiental para agua con el D.S N° 015-2015-MINAN, en la cual se modificaron los parámetros y valores de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA).²⁵

- Categoría 1. Poblacional y recreacional
- Categoría 2. Actividades marino-costeras
- Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales
- Categoría 4. Conservación del ambiente acuático

Categoría 1. Poblacional y recreacional

- Subcategoría A.²⁵ Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.
 - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.
 - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado, como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el sector competente.
- ii. Subcategoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación:
- B1. Contacto primario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la autoridad de salud; incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo Libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, mota acuática, pesca submarina o similares.
 - B2. Contacto secundario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la autoridad de salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

2.4.3.1 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua de parámetros inorgánicos.

Tabla 6. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 1 D.S 002-2008- MINAN.

PARÁMETROS INORGÁNICO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1
Berilio	mg/L	0,004	0,05	0,05
Boro	mg/L	0,5	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	1
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2010.²⁵

Tabla 7. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, modificados con el D.S 015-2015-MINAN.

PARÁMETROS INORGÁNICO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2010.²⁵

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado fue básica – descriptiva

3.2 Características de la zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en muestras de agua de consumo humano de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata, ubicada en el distrito de Anco de la provincia de La Mar de la región Ayacucho.

3.2.1 Ubicación política

Región : Ayacucho

Provincia : La Mar

Distrito : Anco

Comunidades : Huayllahura

Chiquintirca

Ccollpa

Toccate

Huayrapata

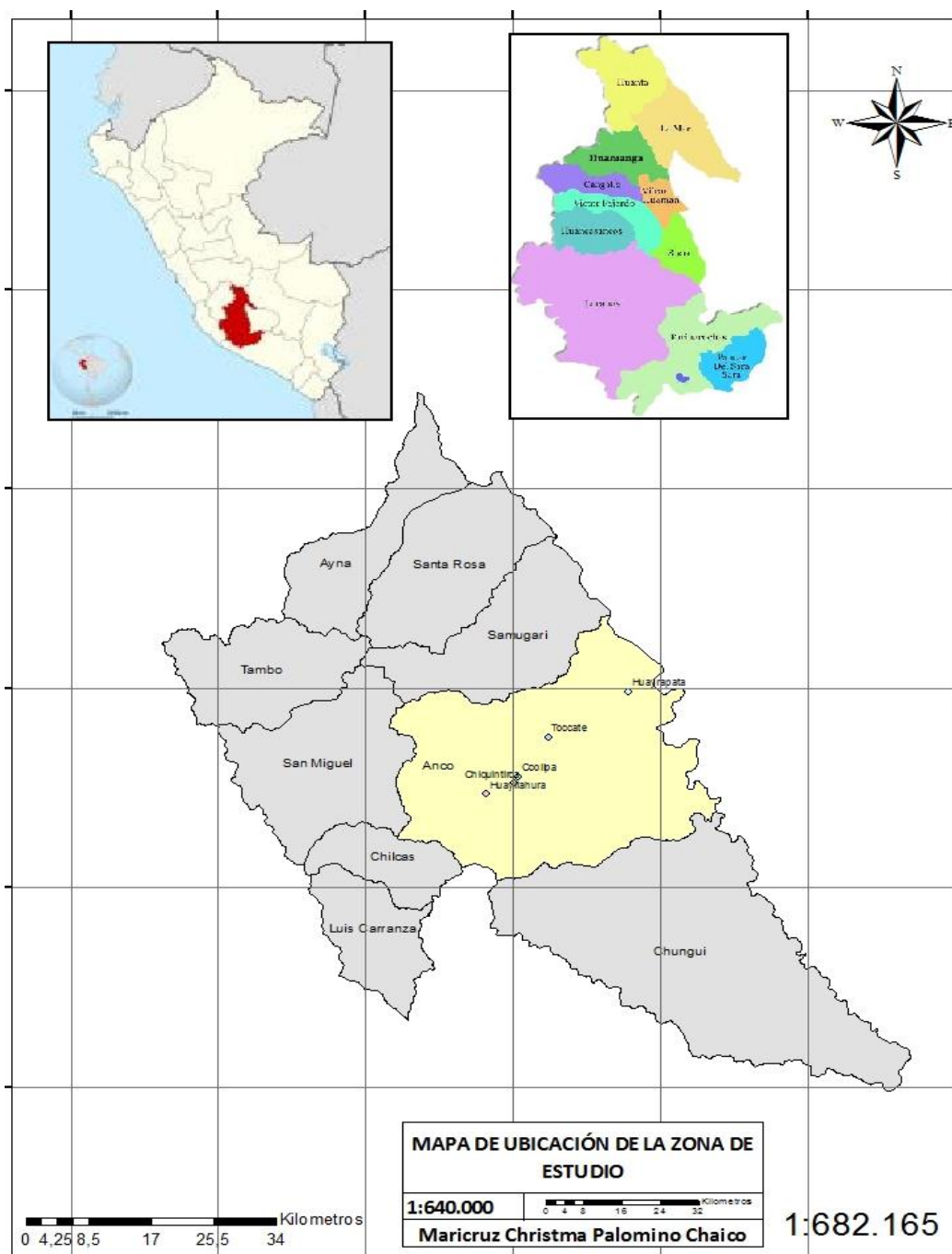


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

3.2.2 Ubicación geográfica

El distrito de Anco se encuentra ubicado en la provincia de La Mar, departamento de Ayacucho al noreste de la ciudad de San Miguel.

Su ámbito territorial está comprendido desde los 650 m.s.n.m. a las orillas del río Apurímac hasta los 4800 m.s.n.m. en las alturas de Pacobamba y Totorá. La capital del Distrito, comunidad de Chiquintirca tiene las siguientes coordenadas geográficas: 73°42'17" longitud oeste y 13°03'23" latitud sur.²⁶

3.2.3 Zona de Vida

La comunidad de Huayrapata presenta una zona de vida de bosque muy húmedo – Subtropical (bmh - S), Toccate con una zona de vida de bosque pluvial – Subtropical (bp - S), las comunidades de Ccollpa, Chiquintirca y Huayllahura tienen una zona de vida de estepa –Subtropical (e –S).²⁸

3.2.4 Delimitación

- Por el norte con el Distrito Samugari - Palmapampa y San Miguel, Provincia de La Mar.
- Por el sur con el Distrito de Chungui y el río Pampas, provincia de La Mar.
- Por el este con el río Apurímac, Distrito de Vilcabamba, provincia de La Convención.
- Por el oeste con los Distritos de Chilcas y Luis Carranza, provincia de La Mar.

3.2.5 División Política

El distrito de Anco está dividido en 5 comunidades campesinas con 62 anexos y 18 caseríos. Las 5 comunidades campesinas y los 62 anexos están organizados además en 7 Municipalidades de Centros Poblado, 2 en la sierra (Sacharaccay, Huallhua y Pacobamba) y 5 en la selva (Anchihuay, Unión Progreso, Arwimayo, Lechemayo y San Luis de Buena Gana).²⁶

3.2.6 Población de las comunidades evaluadas del distrito de Anco

Anco es el segundo distrito poblacionalmente más importante de la provincia de La Mar, con una población de 16,329 que representa al 18,24 de la población total de la provincia de La Mar. Según la proyección poblacional del INEI al 30 de junio del 2022 Anco albergará a 19,758 pobladores.²⁷

Tabla 8. Población de las comunidades evaluadas del distrito de Anco, La Mar-Ayacucho.

Nº	DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	VIVIENDA
	DISTRITO ANCO	15352	8270	7082	4931
1	CHIQUINTIRCA	530	323	207	106
2	HUAYLLAHURA	188	100	88	67
3	CCOLLA	176	96	80	55
4	TOCCATE	211	117	94	61
5	HUAYRAPATA	238	124	114	92

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007.²⁷

3.2.7 Coordenadas Geográficas:

Latitud sur : 13° 09' 26"

Longitud oeste : 74° 13' 22"

3.2.8 Coordenadas proyectadas (UTM)

Tabla 9. Coordenadas proyectadas (UTM) de los puntos de muestreo de cinco comunidades del distrito de Anco, 2016.

Localidades	Puntos de muestreo	Altitud msnm	Este	Norte
Huayllahura	Captación	3668	640694	8556634
	Reservorio	3616	635502	8553884
	Domicilio	3560	636356	8554096
Chiquintirca	Captación	3454	645354	8555609
	Reservorio	3304	640213	8555544
	Domicilio	3224	640249	8555726
Ccollpa	Captación	3335	639465	8557736
	Reservorio	3093	640710	8556799
	Domicilio	3057	640705	8556749
Toccate	Captación	2219	655776	8569558
	Reservorio	2189	644909	8562611
	Domicilio	2162	644852	8562694
Huayrapata	Captación	1533	654010	8569185
	Reservorio	1406	655671	8569519
	Domicilio	1373	655776	8569558

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población son las aguas de consumo humano de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata, del distrito de Anco de la provincia de La Mar.

3.3.2 Muestra

Se tomó en consideración una sola muestra de agua de la fuente de captación por comunidad, obteniendo un total de cinco muestras de cinco comunidades, durante la evaluación, esto para ver los parámetros inorgánicos.

También se tomó muestra de agua de consumo humano, las cuales fueron tomadas en el reservorio y grifos domiciliarios, es decir, una muestra en reservorio y otra en domicilio por comunidad, teniendo un total de 50 muestras de agua de consumo humano en los cinco meses de evaluación de cinco comunidades.

3.4. Muestreo

a. Número de muestras

Se definieron los siguientes puntos de muestreo, que a continuación se detalla:

- **Fuente de captación:** se muestreo las fuentes de captación de cinco comunidades, solo una vez durante el periodo de muestreo.

- **Reservorio:** se muestrearon agua de consumo humano de cinco comunidades del distrito de Anco, los cuales abastecen de agua a las comunidades.
- **Grifos domiciliarios:** se muestreo un grifo domiciliario de cinco comunidades del distrito de Anco, ubicados distantes de los reservorios.

La frecuencia de muestreo se realizó cada mes, por un periodo de 5 meses, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 10. Número y la frecuencia de muestras de la evaluación de la calidad de agua de consumo humano de cinco comunidades del distrito de Anco.2016

Puntos de muestreo		Altitud msnm	Frecuencia de muestreo	N° de muestras	Sub total
Captación	Huayllahura	3668	Una muestra durante la evaluación	1	5
	Chiquintirca	3454		1	
	Ccollpa	3335		1	
	Toccate	2219		1	
	Huayrapata	1533		1	
Reservorio	Huayllahura	3616	Mensual por 5 meses	5	25
	Chiquintirca	3304		5	
	Ccollpa	3093		5	
	Toccate	2189		5	
	Huayrapata	1406		5	
Domicilio	Huayllahura	3560	Mensual por 5 meses	5	25
	Chiquintirca	3224		5	
	Ccollpa	3057		5	
	Toccate	2162		5	
	Huayrapata	1373		5	
Total					55

3.5 Toma de muestra y transporte de muestras

Se utilizaron los métodos recomendados en las guías de procedimientos normalizados de operación para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – DIRESA²⁰ y de la APHA (*American Public Health Association*).²⁹

Para el análisis microbiológico, la muestra de agua se recogió en frascos de vidrio estériles de 500 mL de boca ancha con tapa rosca, se dejó un espacio de aire en el frasco y se colocó la tapa con el papel kraft protector y el pabilo.

Para el análisis físico-químico, la muestra de agua se recogió en frascos de plásticos de 1000 mL y se llenó por completo para excluir el aire. Para los metales se utilizó botellas de polietileno con tapa herméticas estériles de un litro.

a. Muestreo en la captación: para ello se tomó la muestra de agua, en fuentes de captación haciendo uso de una botella de plástico de 1000 mL y se preservó con ácido nítrico; estas muestras se enviaron al laboratorio de Dirección General de Salud Ambiental- DIGESA.

b. Muestreo en el reservorio: se tomó la muestra de agua utilizando frasco de vidrio de tapa rosca estéril haciendo uso de un cordón limpio de tres metros aproximadamente, lo cual se ató para luego dejarlo descender al interior del reservorio a una profundidad de 30 cm del nivel de agua, sin tocar las paredes, obtenida la muestra se cerró el frasco, esto para el análisis microbiológico, en cambio para el fisicoquímico se utilizó un frasco de plástico de 1000 mL, antes de tomar la muestra se enjuaga tres veces el frasco con el agua del reservorio y se llenó por completo.

c. Muestreo en grifos: previo a la obtención de muestra se verificó que el grifo reciba agua directamente del sistema de distribución, y luego se retiró todos los materiales ajenos al grifo, seguido se abrió el grifo completamente y se dejó correr el agua durante tres minutos para eliminar impurezas y agua acumulada. Se enjuaga el frasco tres veces con el agua del grifo, para el análisis fisicoquímico y para el análisis microbiológico se cogió el frasco de vidrio y se deja un vacío de aproximadamente 2,5 cm en la parte superior, para la homogenización de la muestra antes de iniciar el análisis; luego ya tomada la muestra se cerró el frasco herméticamente para su acondicionamiento y transporte.

d. Transporte y preservación de la muestra

Las muestras fueron dispuestas en un cooler a una temperatura aproximada de 4 - 10 °C y con una cadena de custodia, las cuales se llevaron al Laboratorio de la Dirección de Salud Ambiental-DIRESA y al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.6 Análisis de los parámetros microbiológicos de muestras de agua

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de la Dirección de Salud Ayacucho-DIRESA, en un cooler a 4 °C para ser procesadas antes de las 24 horas que rige la norma de DIGESA²⁰, y APHA²⁹, considerándose los siguientes indicadores microbianos de calidad del agua para consumo humano: numeración de bacterias heterotróficas mesófilas viables por el método de siembra por incorporación en placas y numeración de coliformes totales y coliformes termotolerantes, por el método de filtro de membrana.

3.6.1 Recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables

Para ello se utilizó la técnica de incorporación, se utilizó la guías de procedimientos normalizados de operación para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – DIRESA.²⁰

Procedimiento:

- Se preparó agar Plate Count
- En una placa petri estéril de vidrio se adicionó 1mL de la muestra de agua previa agitado y se agregó el agar Plate Count, seguidamente se realiza la homogenización, haciendo girar la placa en forma de ocho repetidas veces sobre la mesa.
- Finalmente se dejó solidificar por 10 minutos y se incubó de forma, invertida 35 °C durante 48 horas
- El conteo de las colonias se expresa como UFC/mL

3.6.2 Recuento de coliformes totales y de coliformes termotolerantes.

El método consistió en utilizar como medio el agar m-ENDOLES y el caldo M-Lauryl sulfato para membrana y así detectar y enumerar coliformes totales y coliformes termotolerantes respectivamente, para ello se utilizó la guía de DIRESA.²⁰

Procedimiento:

- Se tomó un volumen de 100 mL de muestra de agua, se filtró mediante el equipo de filtración con la ayuda de una bomba de vacío.
- Luego se colocó con la ayuda de una pinza estéril la membrana de 0,45 µm de porosidad; seguidamente se retira la membrana de la unidad de filtración para ser colocada en una placa con el medio de cultivo el cual fue preparado y plaqueado previamente.
- Seguidamente se invirtieron las placas y se incubaron, para el caso de coliformes totales a 35 °C por 48 horas, y para coliformes termotolerantes 44,5 °C por 24 horas.
- Transcurrido el periodo de incubación se procedió a la lectura, para el recuento se consideraron las colonias color rojo oscuro con un brillo metálico en la superficie como coliformes totales y para el recuento de coliformes termotolerantes se consideraron las colonias color amarillo, reportando para ambos conteos como unidades formadoras de colonias por cien mililitros (UFC/100 mL).

3.7 Metodología para el análisis de los parámetros físico-químico a determinar

pH: se determinó por el método electrométrico, utilizando un pH-metro, con la prueba de test digital HI 8424 (HANNA). Se colocó 100 mL de muestra en un vaso precipitado de 150 mL seguidamente se sumergió el electrodo previamente lavado con agua destilada, y se esperó que la lectura sea estable para registrar.

Conductividad eléctrica: se determinó por el método electrométrico, para ello se efectuó la medición sumergiendo el sensor de conductividad dentro de un vaso que contiene la muestra, se agito el sensor en el fondo del vaso hasta estar seguro de que no haya burbujas de aire atrapada cerca del electrodo, se dejó por unos 10 segundos aproximadamente para que se pueda estabilizar antes de tomar la lectura, se registró la conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Turbidez: se realizó con un turbidímetro HI 93703 (HANNA), se calibró el equipo con agua destilada luego se colocó la muestra en la celda de medición (previamente se agita la muestra) se limpió la celda con una tela limpia, se cerró la tapa hasta que la medida se estabilice, seguidamente se anotó el resultado expresado en UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

Sólidos totales disueltos: se realizó mediante el método electrométrico, con la prueba de test digital HI 99311 (HANNA), primero se atemperó la muestra a temperatura ambiente, luego se efectuó la medición sumergiendo el sensor en la muestra, hasta que la medida de la muestra se estabilice. El resultado se expresa en mg/L .

Determinación de la dureza total

Se realizó mediante el método volumétrico con EDTA

- Se vertió 50 mL de muestra de agua en un recipiente de vidrio de 250 mL, se añade 2 mL de solución amortiguadora para el análisis.
- Seguidamente se añadió 0,2 g de Negro de Ericromo T.
- Finalmente se tituló con la solución con EDTA hasta obtener un color azul-verde.

$$\text{Dureza total mg/L} = \frac{\text{mL de solución de EDTA} \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Metodología para determinación del cloro residual

El análisis de cloro residual se realizó *in situ* con el comparador de cloro, el resultado no debe tener menos de 0,5 m/L de cloro residual libre.

- Se enjuagó la celda del comparador de cloro por tres veces con agua destilada seguidamente se llena la celda con la muestra de agua.
- Se colocó la pastilla de DPD (N, N-dietil-p-fenileno-diamina) dentro de la celda y se agita para disolver la pastilla, se cerró la tapa y se colocó a la celda.
- El resultado se expresa mg/L .

3.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados utilizando el programa estadístico SPSS, mediante la prueba de Kruskal-Wallis para comparar el promedio y desviación típica.

IV. RESULTADOS

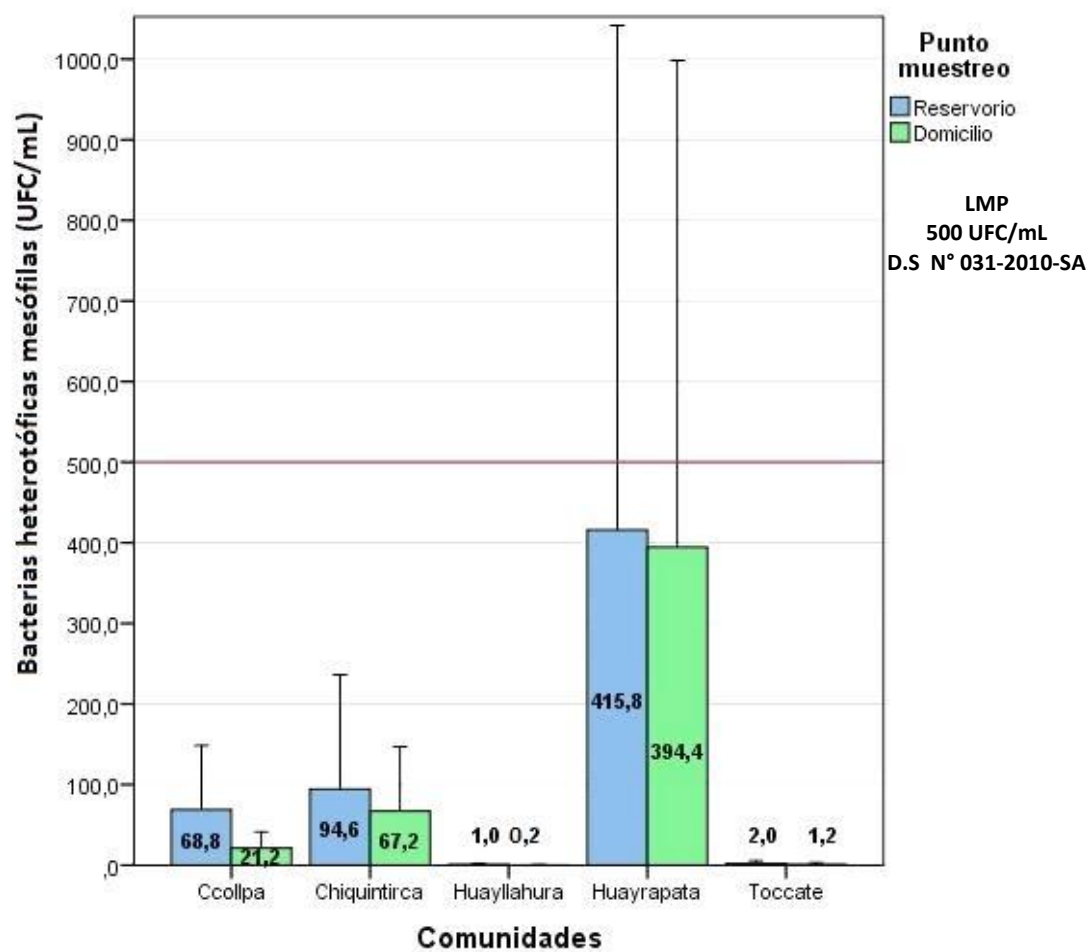


Figura 2. Promedio y desviación típica de UFC/mL de bacterias heterotróficas mesófilas viables de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

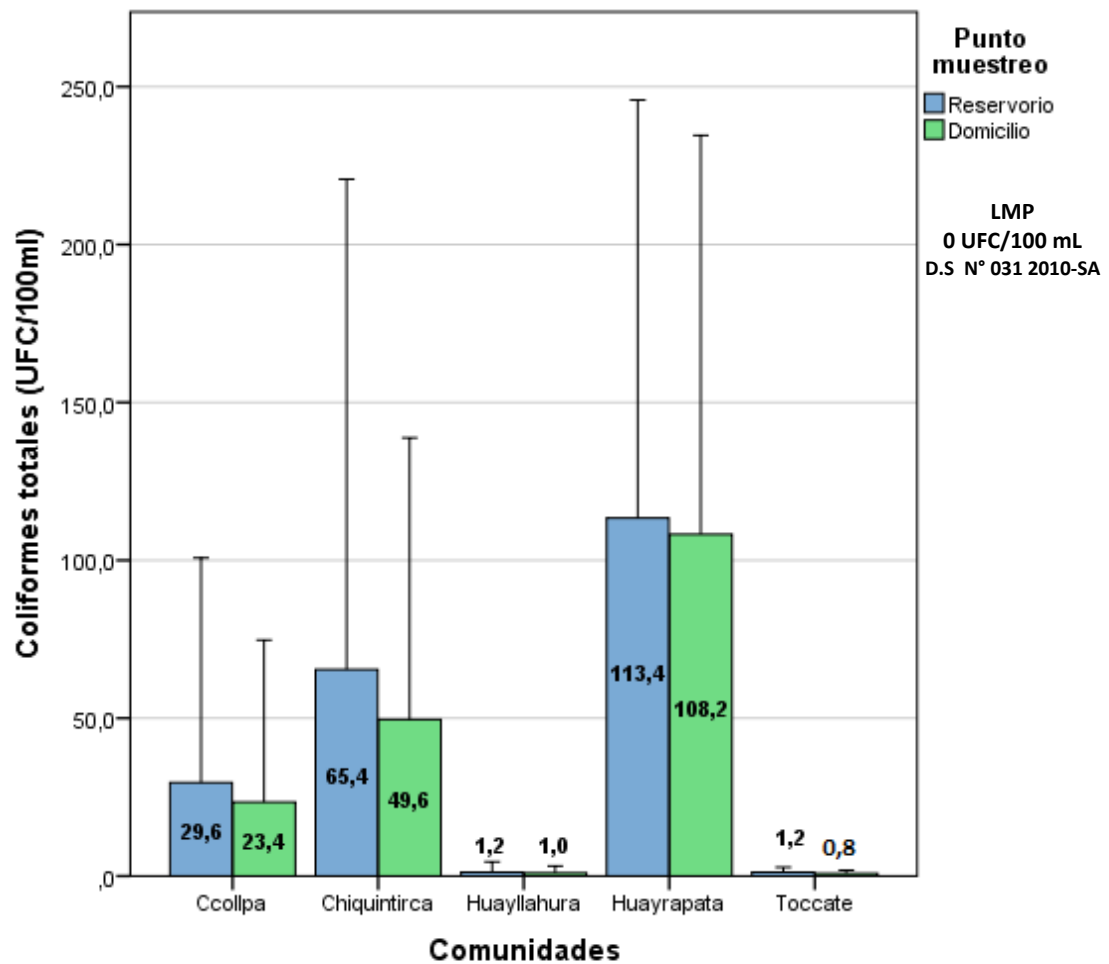


Figura 3. Promedio y desviación típica de UFC/100 mL de los coliformes totales de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

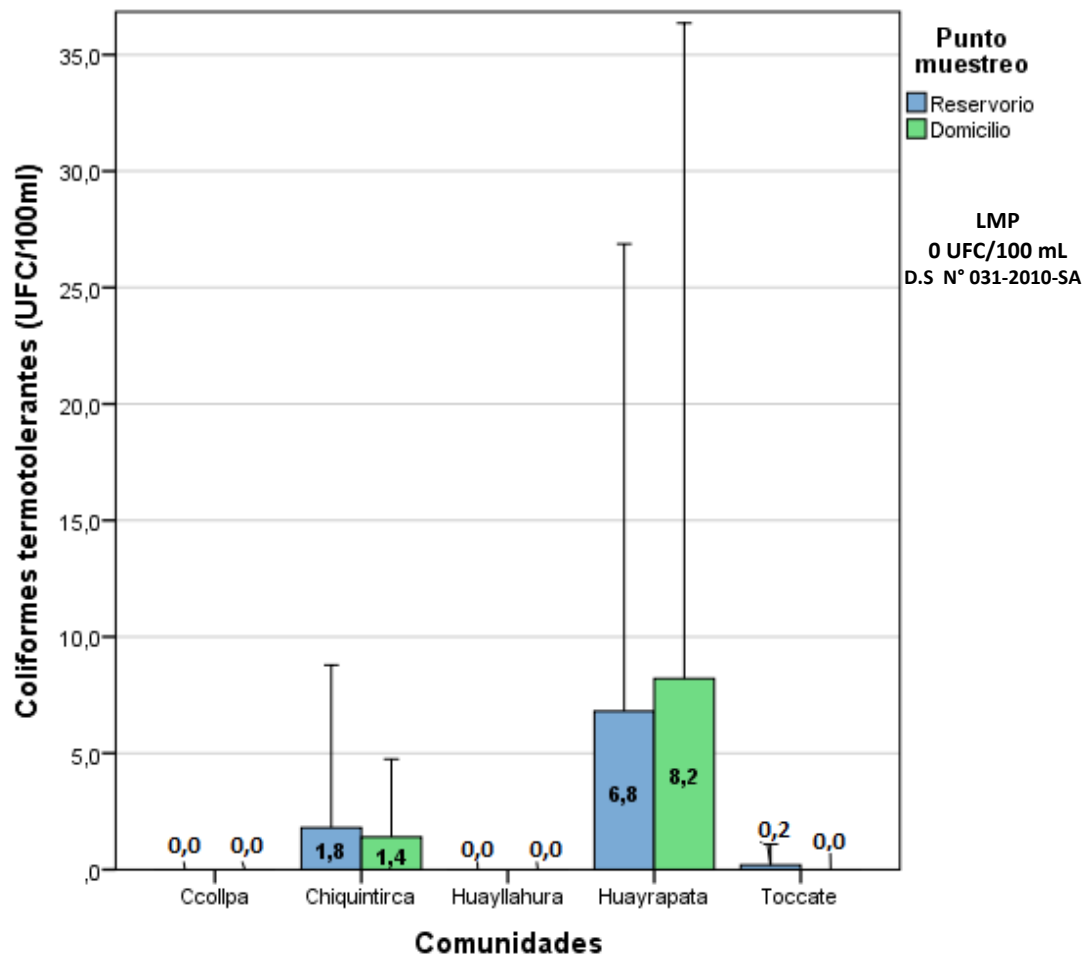


Figura 4. Promedio y desviación típica de UFC/100ml de los coliformes termotolerantes de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

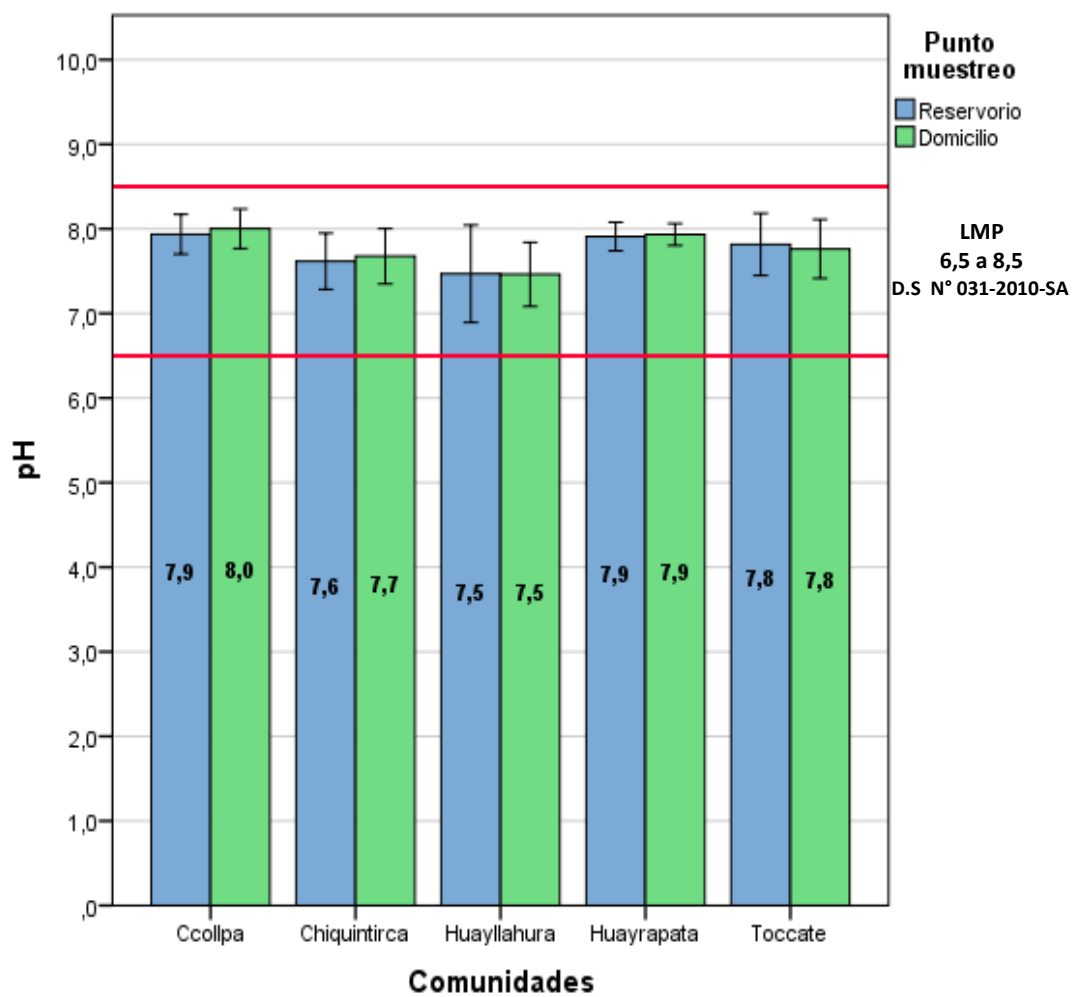


Figura 5. Promedio y desviación típica del pH de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

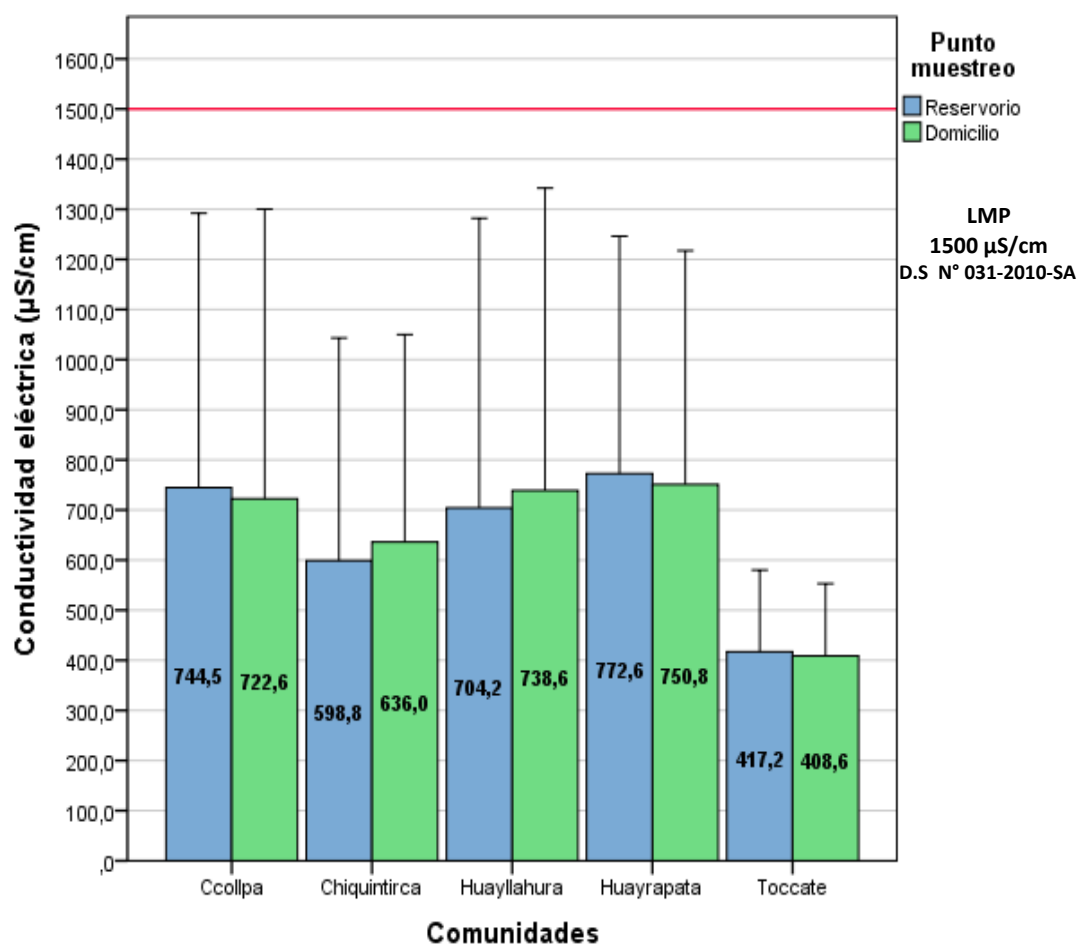


Figura 6. Promedio y desviación típica de la conductividad eléctrica de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

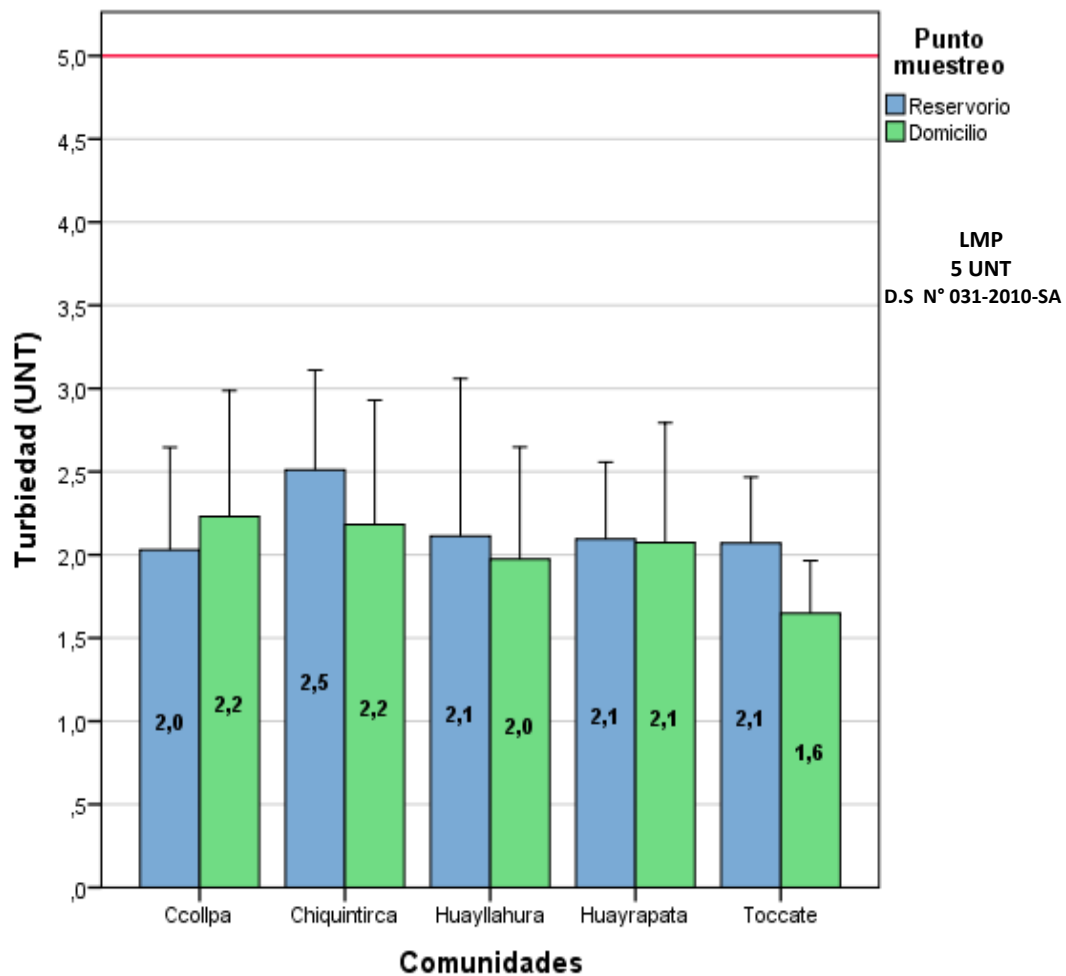


Figura 7. Promedio y desviación típica de turbidez de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

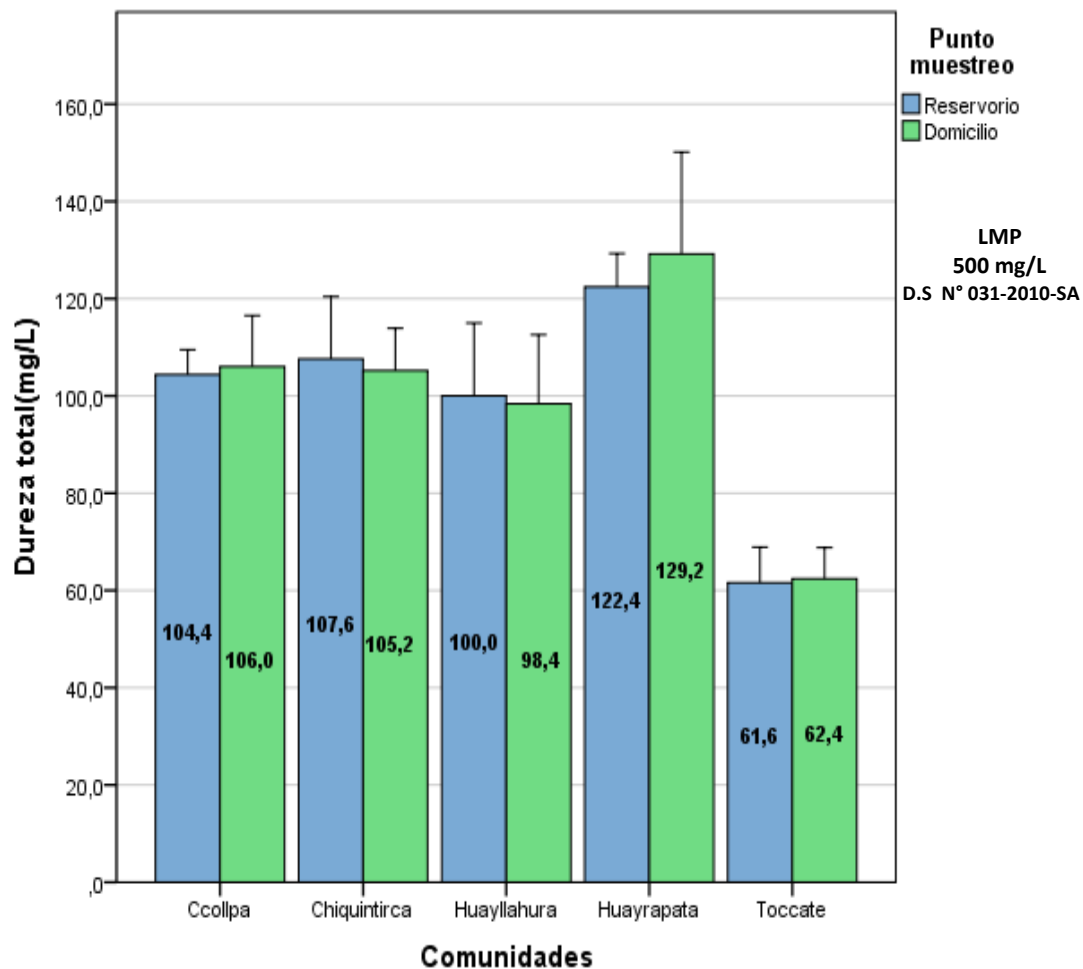


Figura 8. Promedio y desviación típica de la dureza total de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016.

Tabla 11. Parámetros químicos inorgánicos de las muestras de agua de captación de cinco comunidades del distrito de Anco, febrero de 2016.

Parámetros inorgánicos	Comunidades					ECA*
	Huayllahura	Chiquintirca	Ccollpa	Toccate	Huayrapata	
Aluminio (mg/L)	<0.025	<0.2	0.03	<0.025	<0.2	0.9
Arsénico (mg/L)	<1	<0.005	<1	2.6	<0.005	0.01
Cadmio (mg/L)	<0.0005	<0.003	<0.0005	<0.0005	<0.003	0.003
Cobre (mg/L)	<0.002	<0.045	<0.002	<0.002	<0.045	2.0
Cromo (mg/L)	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	<0.05	0.05
Hierro (mg/L)	0.01	<0.3	0.02	0.008	<0.3	0.3
Manganeso (mg/L)	<0.0005	<0.05	0.001	<0.0005	<0.05	0.4
Plomo (mg/L)	<0.007	<0.010	<0.007	<0.007	<0.01	0.01
Selenio (mg/L)	<0.023	<0.01	<0.023	<0.023	<0.01	0.04
Zinc (mg/L)	0.01	<0.03	<0.008	<0.008	<0.03	3.0
Sodio (mg/L)	3.6	2.08	2.02	2.72	4.32	

*Estándares nacionales de calidad ambiental D.S N° 015-2015-MINAN

V. DISCUSIÓN

En la Figura 2 se observa el promedio y desviación de UFC/mL de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) de las muestras de agua de consumo humano (reservorios y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016; los resultados muestran presencia de estas bacterias <1 a 415,8 de unidades formadoras de colonia por 100 mililitros de muestra (UFC/100 mL) sin superar el Límite Máximo Permisible (LMP) establecidos en el D.S 031-2010 SA de 500 UFC/mL. La presencia de estas BHMV se encontró en menor cantidad en Huayllahura y Toccate con <2 UFC/mL, seguida de Ccollpa con 68,8 UFC/mL, Chiquintirca con 94,6 UFC/mL y en mayor cantidad en Huayrapata con 415,8 UFC/mL; este parámetro es un indicador del nivel de eficiencia del tratamiento y desinfección del agua,³⁰ con los resultados obtenidos podemos afirmar que no hay una buena desinfección en los sistema de agua. Las BHMV, nos indican la calidad higiénica del agua, los resultados obtenidos reflejan la deficiente calidad higiénica del agua que se suministra a la población como consecuencia de un inadecuado tratamiento de la misma. Estas están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución.³⁰ También la mayor desviación típica se encuentra en la comunidad de Huayrapata, lo cual indica que hay valores muy extremos en comparación al promedio obtenido en los muestreos, en meses de febrero se obtuvo mayor valor de 1100 UFC/mL en comparación de los otros meses.

En la Figura 3 se observa el promedio y desviación típica de UFC/100 mL de los coliformes totales de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016; los resultados muestra que los pobladores de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata están

consumiendo agua contaminada que no cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos y recomendados por la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Norma Técnica Peruana para agua de consumo humano, todas las muestras de agua presentan coliformes totales, este parámetro es un indicador que determina la calidad sanitaria del agua ³⁰, lo que podría conducirnos a afirmar que el agua es potencialmente peligrosa para la salud humana. Por otro lado la mayor desviación típica se encuentra en la comunidad de Huayrapata, lo cual indica que hay valores muy extremos en comparación al promedio de 113,4 UFC/100 mL, en el mes de febrero presenta el mayor valor con 285 UFC/100 mL en comparación con otros meses, esto debido a que este mes hubo presencia de lluvia, de igual modo la comunidad de Chiquintirca registra valores muy extremos en comparación al promedio obtenido de 65,4 UFC/100 mL en los muestreos siendo el mes de abril que registra el mayor valor de 232 UFC/100 mL; esto es debido a las condiciones insalubres que tienen los reservorios y la falta de cloración en los sistemas de agua como se puede visualizar en el anexo 24.

En la Figura 4 se observa el promedio y desviación típica de UFC/100 mL de los coliformes termotolerantes de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016, estos resultados muestran que en las comunidades de Huayllahura y Ccollpa no hay presencia de coliformes termotolerantes en comparación de Toccate, Chiquintirca y Huayrapata que sí presentan; en algunos casos el número de coliformes termotolerantes en los reservorios es menor en comparación al domicilios, esto debido que en el recorrido del agua por las tuberías, se presentan averías y a la vez la falta de mantenimiento y limpieza de estos reservorios, hacen que se contaminen hasta la llegada a los domicilios, la comunidad de Huayrapata registra un promedio de 6,8 UFC/100 mL en reservorio en comparación de 8,2 UFC/100 mL del domicilio. En otros casos la cantidad de coliformes termotolerantes es mayor en el reservorios y menor en los domicilios, esto debido a que el agua que ingresa al reservorio presenta cierta turbiedad y al permanecer estancado por un tiempo, pierde por decantación y los microorganismo suspendidos en las partículas reposan y se proliferan haciendo de que se incremente. Para ser consideradas agua destinada para consumo humano, los valores de la guía de la OMS y el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S 031-2010 SA ¹⁸,

las cuales mencionan la ausencia total de estos microorganismos las cuales no se cumplen en las comunidades mencionadas. Los coliformes termotolerantes es un indicador de la calidad sanitaria del agua relacionada con la transmisión de patógenos. Por otro lado la mayor desviación típica se encuentra en la comunidad de Huayrapata, con valores muy extremos en comparación al promedio obtenido de 8,2 UFC/100 mL en los muestreos, el mes de marzo registra el mayor valor de 9 UFC/100 mL, en los otros meses se encontraron valores 0 a 3 UFC/100 mL. La ausencia de los coliformes termotolerantes en la comunidad de Huayllahura se dio principalmente porque los coliformes fecales no se desarrollan en climas templados pero si en zonas tropicales ³¹, la comunidad de Huayllahura se encuentra a una altitud de 3560 msnm por ello a la ausencia de los coliformes fecales, en la comunidad de Ccollpa tampoco se desarrolló los coliformes fecales puesto que de una u otra forma su sistema de cloración de agua está en funcionamiento haciendo de que el cloro actúe sobre estos microorganismos, pero no lo suficiente encontrándose $< 0,5$ mg/L. Las 5 comunidades mencionadas anteriormente tienen un sistema de abastecimiento de agua por gravedad simple y su fuente de captación es subterránea por manantial, los cuales son captados desde su punto de origen. Las comunidades de Chiquintirca, Ccollpa y Toccate cuentan con sistema de cloración por goteo, la comunidad de Huayllahura y Huayrapata utiliza un hipoclorador como sistema de cloración. Las aguas subterráneas normalmente no requieren más tratamiento que una desinfección común, los costos de operación y mantenimiento de una fuente de abastecimiento de agua subterránea comúnmente son mucho menores que los de agua superficial, ya que este normalmente requiere un proceso de tratamiento más complicado para filtrar y clarificar el agua, constituyendo la mejor opción cuando se tiene la cantidad y calidad requerida. ²⁹ Rodier ³², señala que una gran mayoría de los gérmenes patógenos habitualmente transmitidos por el agua viven en el intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, los coliformes un gran número abundan en materiales fecales y son resistentes a los agentes antisépticos principalmente al cloro, los coliformes se encuentran en el suelo, agua y en hábitat fecal; por otro lado Allen ³⁰, señala que dentro de los coliformes totales (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citobacter*, *Serratia* y *Escherichia*) algunos géneros se encuentran en grandes cantidades en el ambiente acuático, terrestre y en la vegetación, estos no están asociados necesariamente a una contaminación de origen fecal,

sin embargo estas bacterias no deberían hallarse en los sistemas de abastecimiento de agua y si en caso hubiese nos indicaría que el tratamiento del agua es deficiente. Aurazo ¹¹, denomina como coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo de coliformes totales como el género *Escherichia* y ocasionalmente *Klebsiella*, las que se encuentran naturalmente en el sistema digestivo de los animales y hombres que esta relacionados con la contaminación de origen fecal y por consiguiente con la transmisión de agentes patógenos por el agua. Al hallarse estas bacterias en el agua tal como se observa en los resultados obtenidos nos indica que sufrió algún tipo de contaminación de origen fecal y que no recibió tratamiento, por lo tanto representa un alto riesgo para los consumidores. Los manantiales de los cuales es obtenida el agua para consumo humano en su punto de origen es relativamente limpia pero en el recorrido hasta los reservorios se contamina por el mal estado de las tuberías, además la falta de limpieza y mantenimiento de los reservorios, que algunos de ellos no presentan una tapa sanitaria o no se encuentran en buen estado, haciendo que el agua se contamine.

En la Figura 5, 6, 7, 8 y 9 se observa el promedio y desviación típica de pH, conductividad eléctrica, turbidez, dureza total y sólidos disueltos totales de las muestras de agua de consumo humano (reservorios y domicilios) de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016, los valores promedios del parámetro pH están entre 7,5 a 8,0; la conductividad eléctrica se encuentra entre 417,2 a 772,6 uS/cm; la turbidez esta entre 1,6 a 2,5 UNT, la dureza total entre 61,6 a 129,2 mg/L y los sólidos disueltos totales (SDT) 265,6 a 502,2 mg/L; todos los parámetros mencionados se encuentran dentro de los rango de los LMP establecidos en el reglamento de la calidad del agua de consumo humano en el D.S N° 031-2010- SA. En los resultados la mayoría de las comunidades del distrito existe un descuido en la cloración del agua, al realizar el análisis del cloro residual arrojo valores de cero, es decir no presentan cloro residual libre, se asume debido a diversos factores, la Junta Administradora de Servicio de Saneamiento (JASS) no están debidamente capacitados en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable, la carencia de recursos económicos para la compra del cloro, lo cual es muy preocupante por el mal uso de clorador y malos cálculos para la cloración, también el pago o llamada la cuota familiar, que no se está cumpliendo a cabalidad en las comunidades de Toccate, Chiquintirca y Huayrapata. Por otro lado, la limpieza que se realiza en

los reservorios en su mayoría de los casos es una vez al año como en las comunidades de Chiquintirca, Toccate y Huayrapata, y en otras comunidades dos veces como Huayllahura y Ccollpa, la desinfección de todo el sistema de agua es solo una vez al año, según la bibliografía la limpieza del sistema de agua debe ser realizada cada mes, el mantenimiento y operación cada tres meses y la desinfección de los componentes del sistema cada seis meses ³³, lo cual no están cumpliendo. La mayoría de los sistemas en operación no reciben un tratamiento de cloración tal como se observa en la comunidad de Chiquintirca y Huayrapata en las comunidades restantes están realizando la cloración ocasional debido que el encargado no está permanente y a la vez la dosis de cloro deficiente con la ineficacia en la eliminación de los microorganismos. Cabe mencionar que el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente³⁴, recomienda que el agua al momento de agregar el desinfectante debe contener un promedio de turbiedad de 1 UNT, para que actúe de manera eficiente en la remoción de la carga microbiana, la turbiedad reduce la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo del desinfectante, condicionando a su vez que estas partículas orgánicas reaccionen con el cloro y formen subproductos de la desinfección como los trihalometanos que constituyen sustancias nocivas para la salud. Al realizar la prueba estadística de Kruskal Wallis, no se halló significancia estadística ($p > 0,05$) en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, lo cual indica que los valores obtenidos son estadísticamente similares a lo largo de los meses de muestreo en cada comunidad.

En la Tabla N° 11 se observa los parámetros químicos inorgánicos de las muestras de agua de captación de cinco comunidades del distrito de Anco, febrero de 2016, en los resultados obtenidos el arsénico se encuentra por encima de los valores permitidos en los estándares naciones de calidad ambiental (ECA) que da un valor de 0,01 mg/L, en las comunidades de Huayllahura y Ccollpa se encontró <1 mg/L y en Toccate de 2,6 mg/L de arsénico en las muestras de agua, lo cual es muy preocupante para la salud de los consumidores, Rodier ³², menciona de que el arsénico actúa en el organismo bloqueando el grupo tiol ocasionando perturbaciones en el proceso de oxidorreducción celular y provocando trastornos del metabolismo y tiene acción cancerígeno; Romero, ¹⁵ indica del arsénico metaloide de química compleja que puede existir como sólidos, líquido y gaseoso, es el vigésimo elemento más

común en la corteza terrestre, distribuido ampliamente en la naturaleza y transportado por el agua, su forma mineral más común es arsenopirita y es notoriamente toxico para los seres humanos. Una alta dosis causa irritación gastrointestinal, dificultad para tragar, sed, presión sanguínea baja y convulsiones, su efecto es acumulativo y su eliminación demasiado lenta, está asociada al cáncer de la piel. La presencia de arsénico en estas tres comunidades seria porque algunas aguas subterráneas presentan en forma natural, contenidos indeseables de arsénico, esto puede originarse en la disolución de magma y de rocas sedimentarias cuaternarias, generalmente proviene de la contaminación por fumigación contra insectos de madera y árboles.¹⁵ La población tiene acceso al servicio de agua en sus viviendas, este servicio de agua está definido como suministro de agua entubada, aun no se puede denominar servicio de agua potable, ya que por los análisis realizados y por los resultados de estos, el agua no cumple con los estándares regidos por el D.S N° 031-2010 SA, se pudo observar que el cuidado y administración de los reservorios en las cinco comunidades, no es el óptimo para lograr servicio de calidad, ya que hay muchas deficiencias en la administración, operación y mantenimiento del sistema del agua, lo que lleva a poner más atención en estos puntos. El agua es el principal medio para poder tener una buena calidad de vida y de igual forma realizar sus actividades de higiene, preparación de alimentos entre otros sin la menor preocupación de que le pueden causar daño. La DIGESA mediante la DIRESA-Ayacucho, viene realizando trabajos de vigilancia y monitoreo de la calidad de agua de consumo humano mediante la oficina de Salud Ambiental, en el informe del 2014 ¹ menciona que de todos los centros poblados o comunidades de la región de Ayacucho solo un 7% consumen agua clorada y a la vez cabe mencionar que del distrito de Anco la comunidad de Paterine, Seis de Agosto y Villa Vista, consumen agua clorada, según las determinación de cloro residual en los grifos de las viviendas, en las demás comunidades están por debajo de los rangos establecidos (0,5 ppm) lo cuales trae riesgos a la salud del consumidor. Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son similares al trabajo que realizó la DIGESA en el año 2006 ⁷, sobre los servicios de agua para consumo humano y saneamiento en las comunidades de San Antonio, Mejorada, Huayrapata, Cajadela, Toccate, Ccollpa, Chiquintirca, Huayllahura, Osqoccocha y Pacobamba, ubicadas en el distrito de Anco provincia de La Mar de la región Ayacucho en los cuales, hay

ausencia de coliformes termotolerantes en las muestras de los reservorios las comunidades de Huayllahura, Ccollpa, Cajadela y Pacobamba y en los domicilios Ccollpa y Osqoccocha, encontró mientras que en Chiquintirca, Toccate, Huayrapata, San Antonio y Mejorada se obtuvo un promedio de 5 UFC/100 mL, 4 UFC/100 mL, 12 UFC/100 mL, 3 UFC/100 mL y 11 UFC/100 mL; en caso de los coliformes totales en los reservorios de las comunidades de Huayllahura y Ccollpa en caso de domicilios en la comunidad de Ccollpa y Pacobamba hay ausencia de coliformes totales, mientras en Chiquintirca, Toccate, Huayrapata, San Antonio, Mejorada y Cajadela se obtuvo 25 UFC/100 mL, 70 UFC/100 mL, 75 UFC/100 mL, 55 UFC/100 mL, 108 UFC/100 mL y 12 UFC/100 mL; en los análisis fisicoquímico los valores de pH, conductividad y sólidos disueltos totales, se encuentran dentro del rango permisible, en cambio los valores de turbidez en la mayoría de las muestras están < 2 UNT, excepto en las comunidades de San Antonio y Mejorada siendo 11,3 y 35,8 UNT respectivamente, adicional a ello realizó el análisis de parámetros inorgánicos en caso del cadmio todas las comunidades están por encima de 0,005 mg/L, donde en comparación con nuestros resultados a pesar de haber pasado 9 años los resultados obtenidos son similares, lo cual indica que hay una deficiencia en el servicio de agua para consumo humano de estas comunidades, lo cual es preocupante debido a que la calidad del agua es de carácter importante debido a que influye en la salud de las personas. Cabe mencionar que Ecofluidos Ingenieros S.A.² en 2012, evaluó la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco, donde se encontró altos contenidos de coliformes fecales y coliformes totales, donde en comparación con nuestros resultados son similares al que se obtuvo, habiéndose encontrado la presencia de BHMV, coliformes totales y termotolerantes en las muestras de agua en las comunidades evaluadas; en otro estudio realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)³, donde encontró presencia de coliformes termotolerantes con una tendencia creciente entre la captación y las conexiones domiciliarias, también hay una baja cobertura de cloración en los sistemas evaluados, comparando nuestro resultados a pesar de haber pasado tantos años aún hay deficiencia en el servicio del de agua para consumo humano. En un trabajo similar realizado por Olivera⁴, los resultados obtenidos son parecidas al trabajo de investigación realizado, habiéndose encontrado BHMV, coliformes totales y

termotolerantes por encima de los LMP establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S N° 031-2010-SA, donde se reportó que el 100% de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes, encontrándose entre un rango de 1 a 1000 UFC/100 mL. Para el caso de BHMV el 59% de las muestras sobrepasan el LMP, el 100 % de las muestras los valores de dureza, alcalinidad y cloruros se encuentran dentro de los LMP, en el caso de pH el 85% cumple con el parámetro, en caso de turbidez el 79 % de muestras están dentro de los LMP, para el cloro residual se obtuvo 0,0 ppm en todas las muestras, concluyó que las 34 comunidades Acos Vinchos no cumplen con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al igual que las 5 comunidades de Anco no cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos DS N° 031-2010-SA, por ello no son aptas para el consumo humano. En otro estudio realizado por Tineo ⁵, quien en el trabajo de investigación en el distrito de Sivia del valle del río Apurímac, los resultados indican que el 100 % de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles de bacterias heterótrofas mesófilas viables, cuantificándose en un rango de 85×10^2 a 15×10^3 UFC/ mL y para los coliformes totales y termotolerantes de la misma manera en el 100% de las muestras se cuantificaron en un rango de 20×10^4 a 67×10^4 UFC/100 mL y 17×10^4 a 42×10^4 UFC/100 mL. Respectivamente, en los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, SDT, alcalinidad, conductividad eléctrica, cloruros y dureza total, se obtuvo promedios de 8,5; 4,0 UNT; 156,85 ppm; 155,92 mg/L; 299,1 μ S; 5,0 mg/L y 164,5 mg/L, respectivamente y en el caso de cloro residual se obtuvo un valor de 0,0 ppm. Los resultados obtenidos en este trabajo se asemejan a los reportados por Méjico ⁶, quien al efectuar el análisis del agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa (Ayacucho) concluye que el 100% de muestras analizadas hay presencia de coliformes totales y fecales reportados que después del proceso de tratamiento del agua provenientes de las fuentes de captación de Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal del río Cachi los coliformes totales y fecales se reducen de 171 NMP/100 mL hasta <2 NMP/100mL, lo que indica el agua que consumen la comunidad presenta contaminación microbiológica, en zonas urbanas cumple con las normas establecidas, contrario a la zona rural, donde se encontraron recuento de los indicadores de contaminación fecal superior a lo establecido, ninguna de las muestras en las zonas rurales es apta para consumo humano.

VI. CONCLUSIONES

1. El número promedio de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) en muestras de agua de consumo humano de cinco comunidades del distrito de Anco están por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) establecidas en el D.S N° 031-2010-SA.
2. El número promedio de coliformes totales en muestras de agua de consumo humano están por encima de los LMP establecidos en el D.S N° 031-2010-SA en cinco comunidades del distrito de Anco.
3. Para coliformes termotolerantes hay presencia en muestras de agua de consumo humano en las comunidades de Chiquintirca, Toccate y Huayrapata del distrito de Anco.
4. El análisis del cloro residual libre en el agua, es de 0,0 mg/L, lo cual indica que no están cumpliendo con el reglamento establecido el D.S N° 031-2010- SA.
5. Con respecto al pH, conductividad eléctrica, turbidez, dureza total y los sólidos disueltos totales se encuentran por debajo de los LMP establecidos en las normas para agua de consumo humano en el D.S 031-2010 SA.
6. Con relación a los valores de los parámetros químicos inorgánicos el arsénico se encuentra por encima de los valores permitidos en los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA), en muestras de agua de fuentes de captación mostrando un valor <1 mg/L en las comunidades de Huayllahura y Ccollpa y en Toccate de 2,6 mg/L respectivamente.
7. El 100 % de las muestras de agua de consumo humano analizadas provenientes de cinco comunidades del distrito de Anco no cumplen con los parámetros estudiados establecidos en el D.S N° 031-2010 - SA.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con estudios sobre calidad de agua de consumo humano en otras comunidades del distrito y de metales pesados.
2. Buscar apoyo en municipalidades u otras entidades para facilitar el trabajo de investigación y de esta forma agilizar los muestreos.
3. Se recomienda realizar capacitaciones en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua con participación de toda la comunidad y de igual forma los miembros del JASS.
4. Realizar investigaciones que permita hacer el diagnóstico de las JASS para determinar cuáles son los factores por cual no están funcionando apropiadamente y así mejorar la calidad de agua que se consume en las comunidades.
5. Determinar actitudes sobre el cuidado y manejo del agua de consumo humano por los integrantes de las comunidades.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Dirección Regional de Salud Ayacucho. Vigilancia de la calidad de agua de consumo humano, 2014. Ayacucho; 2014.
2. Ecofluidos Ingenieros S.A. Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco; 2012.
3. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Estudio de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento rural en los departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco; 1999.
4. Olivera Nuñez A. Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos, 2012 [Tesis de pregrado de bióloga con mención en microbiología]. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2012
5. Tineo Huamani. V. Calidad bacteriológica, parasitológica y fisicoquímica del agua de consumo humano y prevalencia de enteroparasitismo en niños de 4 a 10 años de edad del distrito de Sivia del valle del río Apurímac, agosto del 2005 a febrero del 2006. [Tesis de pregrado de biólogo con mención en microbiología]. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2006.
6. Méjico Orozco E. Recuento de coliformes fecales, coliformes totales y colífagos en agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa, 2009. [Tesis de pregrado de bióloga con mención en microbiología]. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2009.
7. Dirección General de Salud Ambiental. Informe de evaluación de la calidad del agua de consumo humano, de los servicios de agua y saneamiento básico realizado por la DIGESA en el área de la Comunidad Campesina de Chiquintirca y Anexos distrito de Anco-La Mar- Ayacucho, 2006. Ayacucho: DIGESA; 2007.
8. Rojas Vargas, R. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima; 2002.
9. Un Water; Unep. 2010. Día Mundial del Agua 2010: Agua limpia para un mundo sano; 2010.
10. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. ©Organización Mundial de la Salud; 2006.
11. Aurazo de Zumaeta, M. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. Lima; 2004.
12. Guevara Vera, A. Control de Calidad del Agua: Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. Lima; 1996.
13. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. ©Organización Mundial de la Salud; 2004.
14. Organización Mundial de la Salud Suiza. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2010. Ginebra, Suiza, OMS; 2010.
15. Romero Rojas, J. Calidad de agua. 3^{er} ed. Colombia. Escuela colombiana de Ingeniería; 2009
16. Price M. Aguas subterráneas. 1^{era} ed. México: Limusa; 2007.
17. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. ©Organización Mundial de la Salud; 2008.
18. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S 031-2010-SA, 2010. Ayacucho: DIGESA; 2010.

19. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Guía para la evaluación de laboratorios bacteriológicos de análisis de agua; 1983.
20. Laboratorio de control ambiental - DIGESA. Procedimiento normalizado de operación para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, 2010. Lima: DIGESA; 2010.
21. Roldan Pérez, G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 1992.
22. Chávez de Allaín, A. Origen y efectos de la contaminación Piura; 2012.
23. Dirección General de Salud Ambiental. calidad de agua de consumo humano. lima. 2010; disponible en:
http://www.digesa.sld.pe/depa/informes_tecnicos/grupo%20de%20uso%201.pdf
24. Ponce Ochoa, E. Colección de Tesis Digitales Universidad de las Américas Puebla; 2005.
25. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua con el D.S. N° 015-2015-MINAN; 2010. Lima. 2010
26. Municipalidad Distrital de Anco. Plan de desarrollo concertado del distrito (PDC) 2013 - 2022. Anco. 2013
27. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Informe Censo Población y de Vivienda, 2007. Ayacucho: INEI; 2007.
28. Gobierno Regional de Ayacucho-Gerencia Regional de Recursos Naturales y gestión del medio ambiente. Sub modelo: valor productivo de los recursos no renovables. Proyecto: Desarrollo de capacidades en zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial en la Región de Ayacucho, 2012. Ayacucho: GRA; 2012.
29. American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed. USA: American Public Health Association; 2005.
30. Allen Martin, J. la importancia para la salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en agua potables. Reunion sobre la calidad de agua potable CEPIS, OMS; Lima, Perú: 2000; disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/010206/010206-07.pdf>
31. Staley C, Reckhow KH, Lukasik J, Harwood VJ. Evaluación de las fuentes de patógenos humanos y la contaminación fecal en un lago de agua dulce de la Florida. Investigación del Agua. 2012.
32. Rodier, J. Análisis de las aguas. Edición Omega S.A, Casanova. Barcelona. 1981.
33. Dirección General de Salud Ambiental. Guía para la desinfección. 1^{er} Edit. Lima; 2012
34. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, organización panamericana de la salud. Manual de análisis básico de calidad de agua de bebida. Lima: cepis /OPS; 2004

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis estadístico de Kruskal Wallis para comparar las características microbiológicas de agua de consumo humano en cinco comunidades del distrito de Anco según mes, 2016.

Estadísticos de prueba^{a,b}

Comunidad		coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	coliformes totales (UFC/100mL)	bacterias heterotróficas (UFC/mL)
Ccollpa	Chi-	0,000	4,000	4,000
	cuadrado			
	gl	4	4	4
Chiquintirca	Sig.	1,000	0,406	0,406
	asintótica			
	Chi-	4,000	4,000	4,000
Huayllahura	cuadrado			
	gl	4	4	4
	Sig.	0,406	0,406	0,406
Huayrapata	asintótica			
	Chi-	0,000	4,000	4,000
	cuadrado			
Toccate	gl	4	4	4
	Sig.	1,000	0,406	0,406
	asintótica			
Toccate	Chi-	4,000	4,000	4,000
	cuadrado			
	gl	4	4	4
Toccate	Sig.	0,406	0,406	0,406
	asintótica			
Toccate	Chi-	4,000	4,000	4,000
	cuadrado			
	gl	4	4	4
Toccate	Sig.	0,406	0,406	0,406
	asintótica			

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes

No hay significancia estadística ($p > 0,05$)

Anexo 2.

Análisis estadístico de Kruskal Wallis para comparar las características fisicoquímicas de agua de consumo humano en cinco comunidades del distrito de Anco según mes, 2016.

Estadísticos de prueba^{a,b}

Comunidad		pH	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Turbiedad (UNT)	Cloro residual (mg/L)	Dureza total (mg/L)	STD (mg/L)
Ccollpa	Chi-cuadrado	4,000	4,000	4,000	0,000	4,000	4,000
	gl	4	4	4	4	4	4
	Sig. asintótica	0,406	0,406	0,406	1,000	0,406	0,406
Chiquintirca	Chi-cuadrado	4,000	4,000	4,000	0,000	4,000	4,000
	gl	4	4	4	4	4	4
	Sig. asintótica	0,406	0,406	0,406	1,000	0,406	0,406
Huayllahura	Chi-cuadrado	4,000	4,000	4,000	0,000	4,000	4,000
	gl	4	4	4	4	4	4
	Sig. asintótica	0,406	0,406	0,406	1,000	0,406	,406
Huayrapata	Chi-cuadrado	4,000	4,000	4,000	0,000	4,000	4,000
	gl	4	4	4	4	4	4
	Sig. asintótica	0,406	0,406	0,406	1,000	0,406	0,406
Toccate	Chi-cuadrado	4,000	4,000	4,000	0,000	4,000	4,000
	gl	4	4	4	4	4	4
	Sig. asintótica	0,406	0,406	0,406	1,000	0,406	0,406

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes

No hay significancia estadística ($p > 0,05$)

Anexo 3.

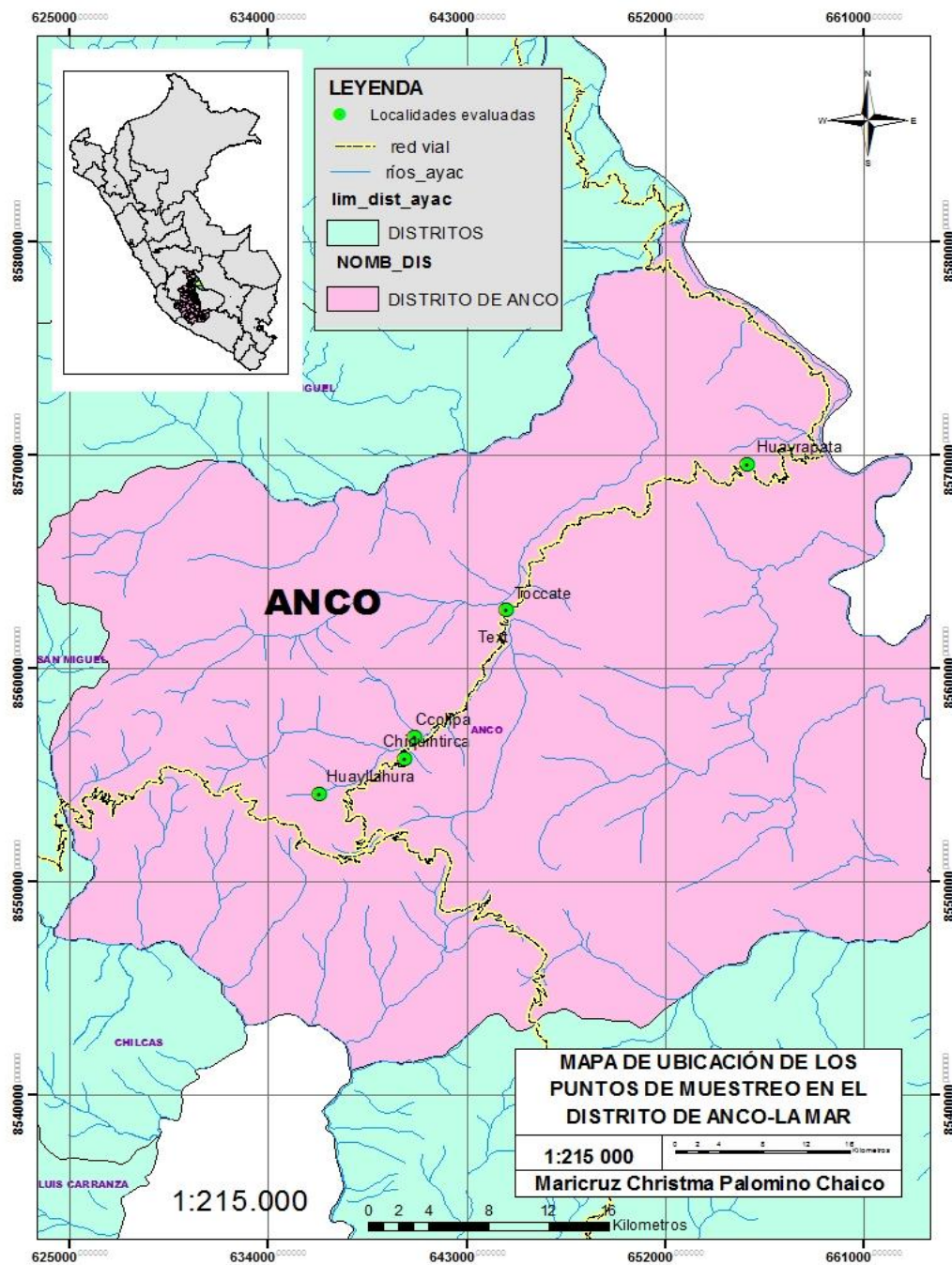
Frecuencia de muestreo en sistemas rurales en relación con el tamaño de la población, CEPIS, 2004.

Parámetros	Población abastecida	Número de muestras	Frecuencia de muestreo
En planta de tratamiento y fuentes de agua subterránea: análisis fisicoquímico*		Una muestra por fuente	Agua de origen superficial: cada 2 años Agua de origen subterráneo: cada 5 años
En reservorios de servicios:*		Una muestra por componente	Tres por año
pH			
turbiedad			
coliformes			
termotolerantes			
En red de distribución:*	<de 1.000	3	Anual
pH	1.001 a 2.000	4	Anual
turbiedad	2.001 a 5.000	6	Anual
coliformes			
termotolerantes			

Fuente: CEPIS, 2004.³⁴

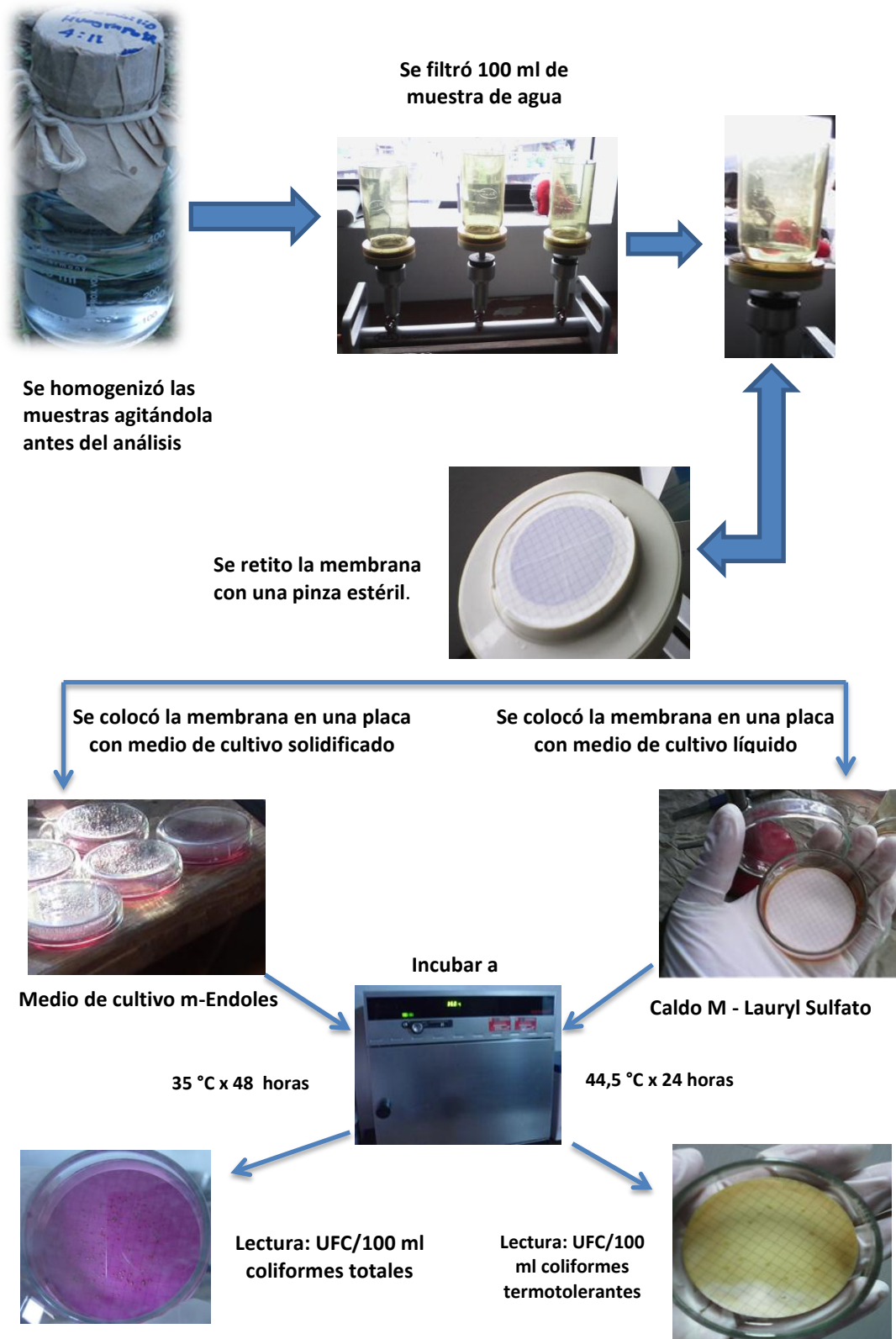
Anexo 4.

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en el distrito de Anco, 2016.



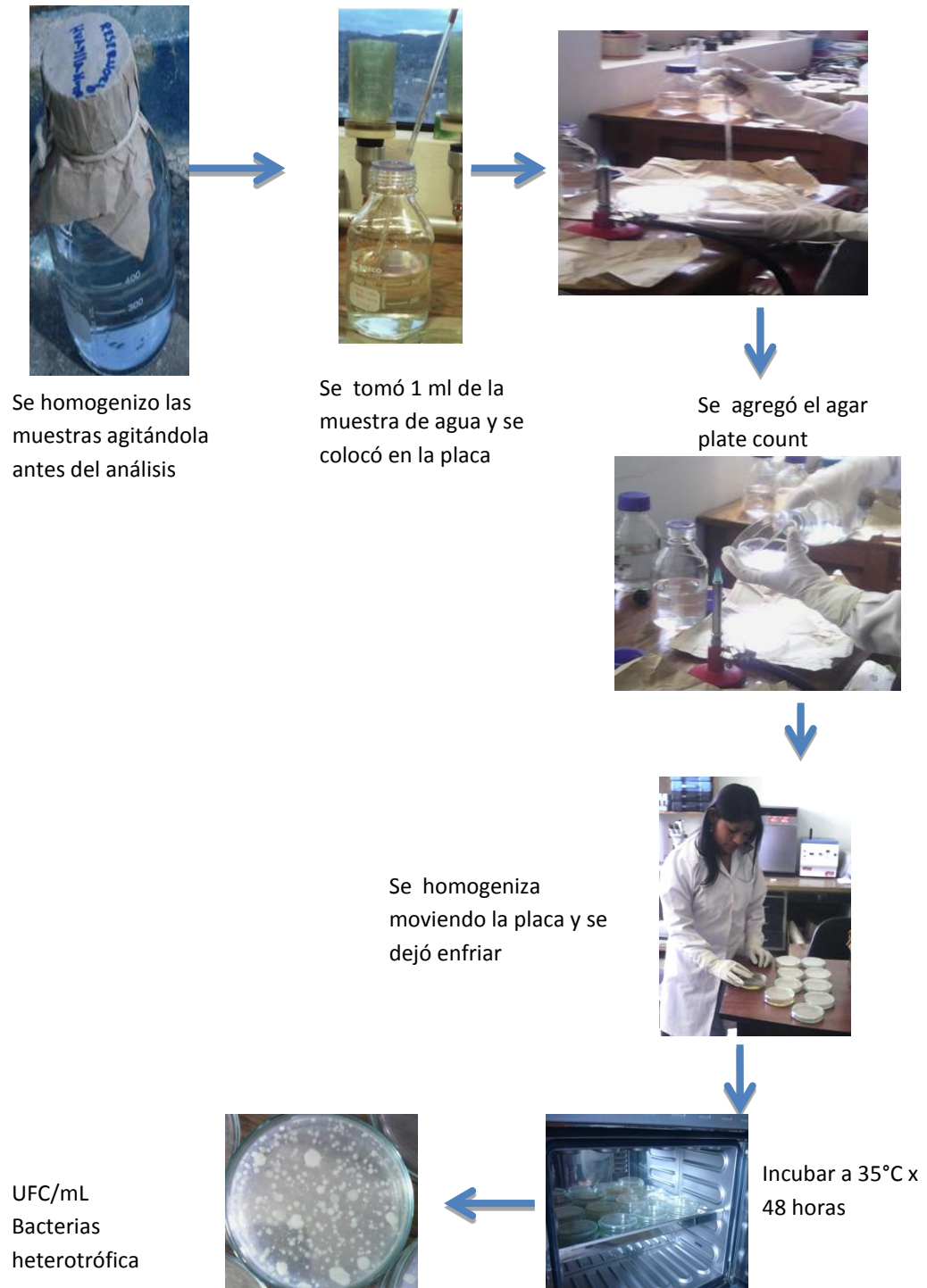
Anexo 5.

Procesamiento microbiológico de las muestras de agua de consumo humano en el Laboratorio de Control Ambiental-DIRESA, 2016.



Anexo 6.

Flujograma del análisis de bacterias heterotróficas mesófilas viables de muestras de agua de consumo, en el Laboratorio de Control Ambiental de la DIRESA, 2016.



Anexo 7.

Procesamiento de las muestras de agua de consumo humano para el análisis microbiológico, para los coliformes termotolerantes en el Laboratorio de Control Ambiental –DIRESA, Ayacucho 2016.



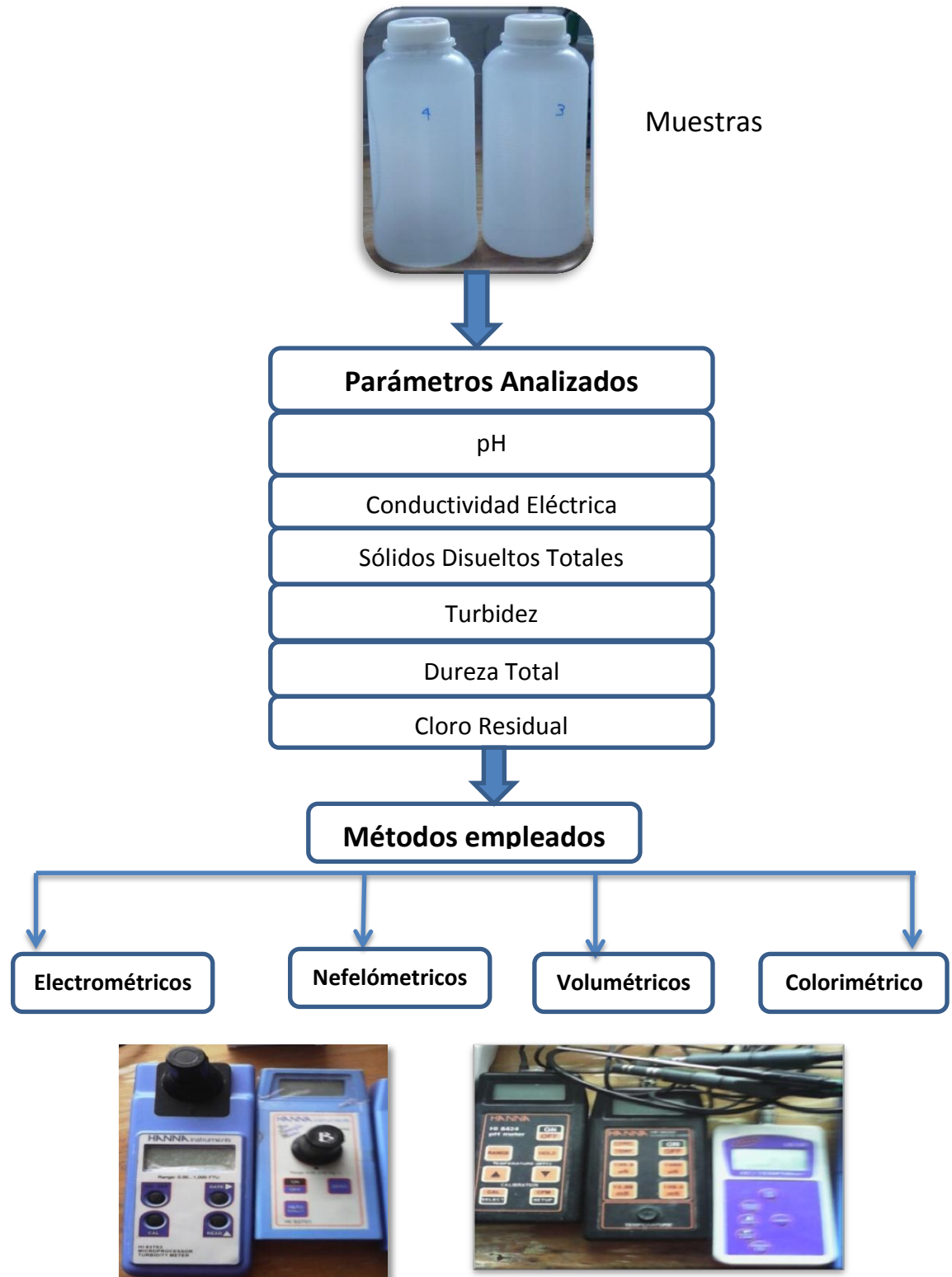
Incorporación del medio de cultivo a las placas petri



Incubación de las muestras de agua

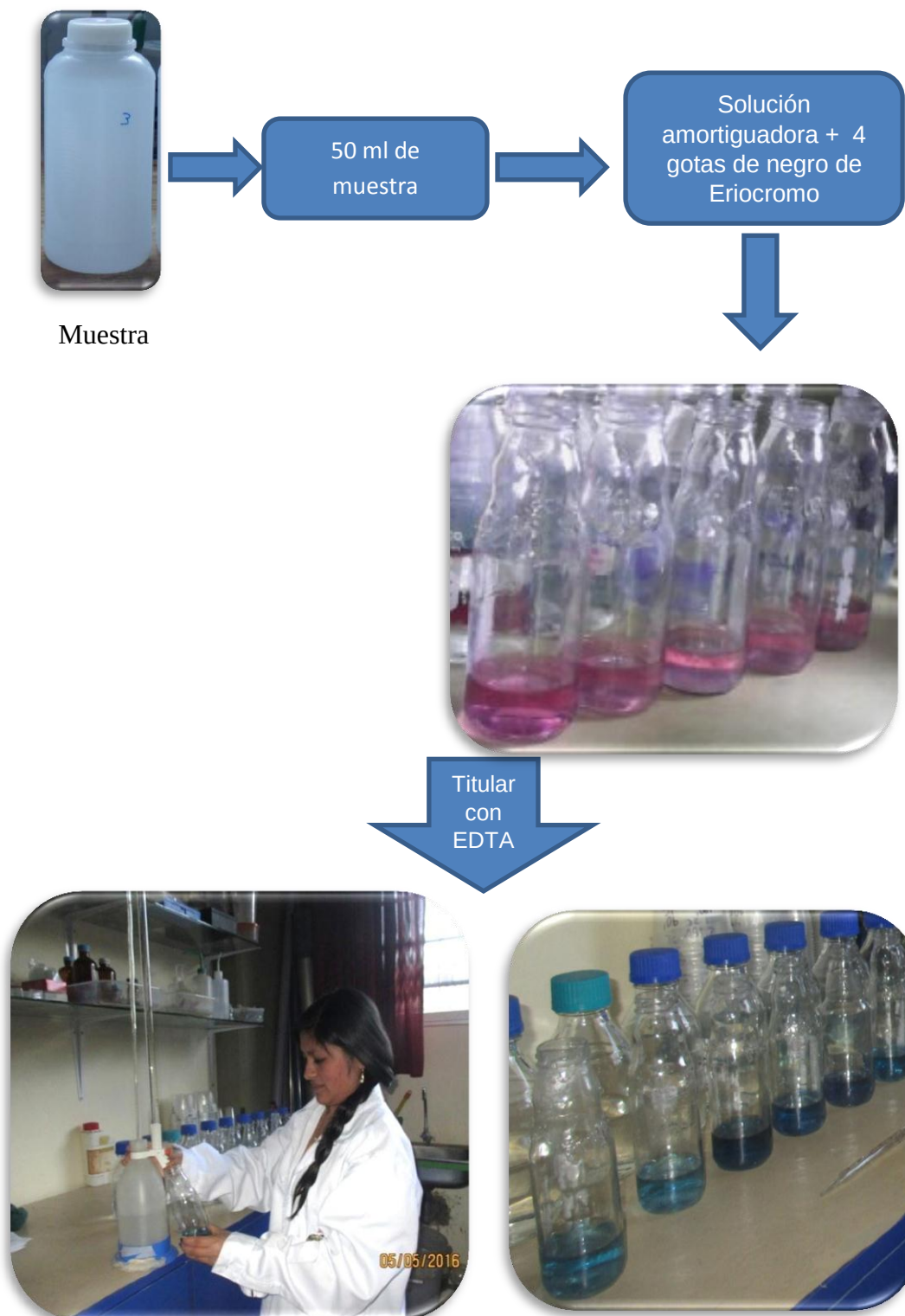
Anexo 8.

Flujograma del análisis fisicoquímico de muestras de agua de consumo humano, en el Laboratorio de Control Ambiental-DIRESA, 2016.



Anexo 9.

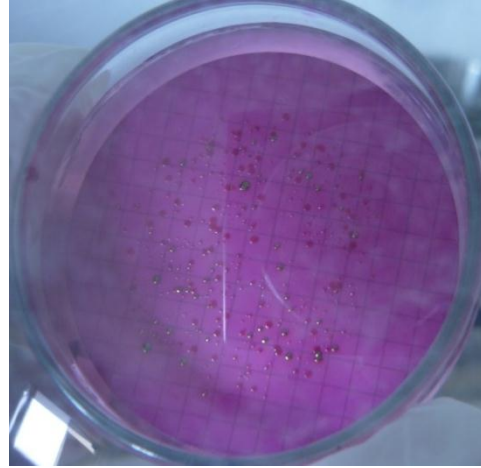
Flujograma del análisis de la dureza total de muestras de agua de consumo, en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica -UNSCH, 2016.



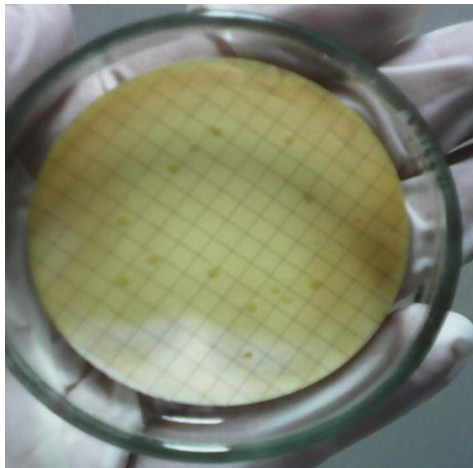
Anexo 10.

Fotografías de colonias de coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas mesófilas.

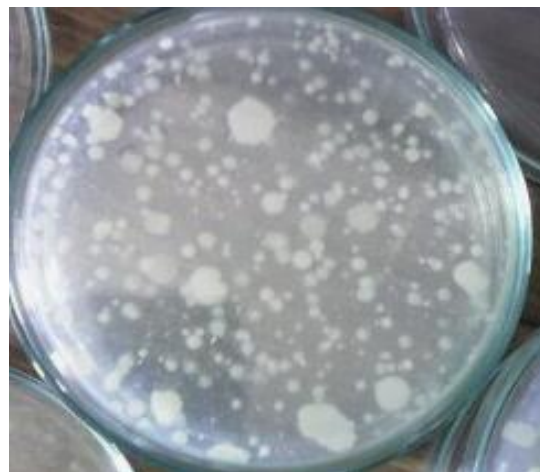
Colonias de coliformes totales
en Agar m-Endoles



Colonias de coliformes
termotolerante en caldo M-
Lauryl Sulfato



Colonias de bacterias
heterotróficas mesófilas viables
en Agar Plate Count



Anexo 11.

Toma de muestra de agua en la captación para el análisis de parámetros inorgánicos de comunidades de Huayllahura, Ccollpa, Toccate y Chiquintirca del distrito de Anco, 2016.

Comunidad de Huayllahura



Comunidad de Ccollpa



Comunidad de Toccate



Comunidad de Chiquintirca



Anexo 12.

Toma de muestra de agua de consumo humano en los reservorios de comunidades de Huayrapata y Toccate, domicilio en Ccollpa del distrito de Anco, 2016.

Reservorio de Huayrapata



Reservorio de Toccate



Domicilio de Ccollpa



Anexo 13.

Estado del reservorio de comunidades de Huayllahura y la utilización de un hipoclorador para la cloración del agua, 2016.

Reservorio de Huayllahura



Hipoclorador en el reservorio de Huayllahura



Anexo 14.

Análisis del cloro residual libre *in situ* con el comparador de cloro en reservorio y domicilio de las comunidades de Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, 2016.

Análisis del cloro residual libre en el
reservorio de Toccate



Análisis del cloro residual libre en el
domicilio de Huayrapata



Anexo 15.

Estado del reservorio de la comunidad de Huayrapata del distrito de Anco, 2016.



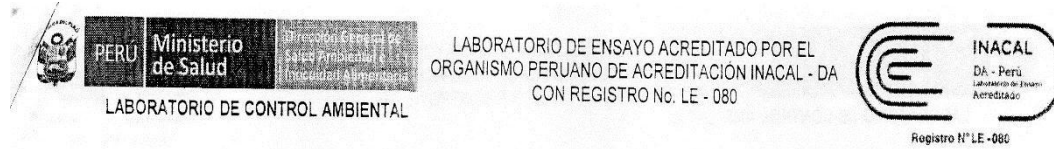
Anexo 16.

Muestras de agua de consumo humano para los análisis fisicoquímicos y microbiológico de las comunidades del distrito de Anco, 2016.



Anexo 17.

Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de las comunidades de Huayllahura, Ccollpa y Toccate del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.



INFORME DE ENSAYO N.º 0122-2016

Pág. 1 de 3

Expediente N.º 12583-2016-DV

Solicitante: DSA-DIGESA/DIRESA AYACUCHO
 Domicilio: Las Amapolas 350 Lince, Lima
 Muestra declarada: Agua. Muestra proporcionada por el solicitante
 Cantidad de muestras: 14 frascos proporcionados por la DIRESA
 Fecha de ingreso: 2016-03-10
 Lugar de ensayo: Laboratorio sede La Molina

Identificación de la muestra

Código laboratorio	Código campo	Matriz / Punto de muestreo / Localidad / Distrito / Provincia / Departamento	Fecha de muestreo
00756	M-01	Agua natural ¹ / Arroyo Negro-captación / Ayna / La Mar / Ayacucho	2015-10-27
00757	M-02	Agua natural ¹ / Sivia-Rio Balsamuyoc / Sivia / Huanta / Ayacucho	2015-10-27
00758	M-03	Agua natural ¹ / Arizona-Planta de tratamiento / Ayna / La Mar / Ayacucho	2015-10-27
00759	M-04	Agua natural ¹ / Sivia - Entrada planta de tratamiento / Sivia / Huanta / Ayacucho	2015-10-27
00760	M-05	Agua para uso y consumo humano ² / Sivia - Local Municipal / Sivia / Huanta / Ayacucho	2015-10-27
00761	M-06	Agua natural ¹ / Camavenca - Riachuelo Ccaccasmayo / Santa Rosa / La Mar / Ayacucho	2015-10-28
00762	M-07	Agua natural ¹ / Nuevo Jerusalem - Rio Niño Ccasa / Sivia / Huanta / Ayacucho	2015-10-28
00763	M-08	Agua natural ¹ / Nuevo Jerusalem - Rio Niño Ccasa / Sivia / Huanta / Ayacucho	2015-10-28
00764	M-10	Agua natural ¹ / Llohegua - Captación / Llohegua / Huanta / Ayacucho	2015-10-29
00765	M-11	Agua natural ¹ / Nueva Esperanza Alta - Captación Albino Medina / Llohegua / Huanta / Ayacucho	2015-10-29
00766	M-12	Agua para uso y consumo humano ² / Llohegua - Red de Distribución / Llohegua / Huanta / Ayacucho	2015-10-29
00767	M-13	Agua natural ¹ / Huayllahura - Captación / Chungui / La Mar / Ayacucho	2015-10-30
00768	M-14	Agua natural ¹ / Ccollpa - Captación / Chungui / La Mar / Ayacucho	2015-10-30
00769	M-15	Agua natural ¹ / Toccate - Captación / Chungui / La Mar / Ayacucho	2015-10-30

Nota: Los datos de las muestras son proporcionados por el solicitante.



PERÚ

Ministerio
de SaludDirección General de
Salud Ambiental e
Inocuidad Alimentaria

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No. LE - 080INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 080

INFORME DE ENSAYO N.º 0122-2016

Pág. 2 de 3

Resultados

Código laboratorio	Aluminio (mg/L)	Boro (mg/L)	Bario (mg/L)	Berilio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Litio (mg/L)	Magnesio (mg/L)
00756	0.14	0.02	0.09	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.002	0.06	<0.01	30.4
00757	0.10	0.01	0.09	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.03	0.01	<0.01	7.34
00758	0.20	0.02	0.08	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.02	<0.01	29.2
00759	1.11	<0.01	0.05	<0.0002	<0.0005	0.004	0.001	0.003	1.12	<0.01	5.99
00760	0.16	0.01	0.10	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.03	0.02	<0.01	7.53
00761	0.13	<0.01	0.003	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.07	<0.01	2.43
00762	0.03	<0.01	0.13	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.02	<0.01	10.7
00763	0.04	<0.01	0.13	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.03	<0.01	10.5
00764	0.21	<0.01	0.01	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.18	<0.01	5.71
00765	0.15	<0.01	0.008	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.19	<0.01	10.3
00766	0.62	<0.01	0.01	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	0.004	0.45	<0.01	6.56
00767	<0.025	<0.01	0.006	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.01	<0.01	1.69
00768	0.03	<0.01	0.006	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.02	<0.01	1.56
00769	<0.025	<0.01	0.16	<0.0002	<0.0005	<0.003	<0.001	<0.002	0.008	<0.01	3.69
LC	0.025	0.01	0.0005	0.0002	0.0005	0.003	0.001	0.002	0.005	0.01	0.008
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Fecha de ensayo	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
e Inocuidad Alimentaria
"DIGESA"BLGA. ELENA DEL ROSARIO GIL MERINO
CBP: 10777

Jefa del Laboratorio de Control Ambiental

Carlos Richard Lavado Atoc

QUIMICO
CQP 728



INFORME DE ENSAYO N.º 0122-2016

Pa

Código laboratorio	Manganeso (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Sodio (mg/L)	Níquel (mg/L)	Plomo (mg/L)	Antimonio (mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsénico* (µg/L)
00756	0.003	<0.002	5.48	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.07	<1.0
00757	0.003	<0.002	4.06	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.10	<1.0
00758	<0.0005	<0.002	5.40	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.06	<1.0
00759	0.09	<0.002	2.97	0.007	<0.007	<0.015	<0.023	0.003	0.12	<1.0
00760	0.002	<0.002	4.24	<0.005	<0.007	<0.015	#	0.003	0.13	<1.0
00761	0.002	<0.002	2.54	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.05	<1.0
00762	0.001	<0.002	4.28	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.14	<1.0
00763	0.002	0.002	4.23	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.13	<1.0
00764	0.007	<0.002	5.06	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	0.004	0.06	1.2
00765	0.005	<0.002	6.42	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	0.003	0.17	<1.0
00766	0.009	<0.002	5.87	<0.005	<0.007	<0.015	#	0.004	0.07	1.1
00767	<0.0005	<0.002	3.60	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	0.01	<1.0
00768	0.001	<0.002	2.02	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	<0.008	<1.0
00769	<0.0005	<0.002	2.72	<0.005	<0.007	<0.015	<0.023	<0.002	<0.006	2.6
LC	0.0005	0.002	0.065	0.005	0.007	0.015	0.023	0.002	0.008	1.0
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	3114C *
Fecha de ensayo	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-16

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

El límite de cuantificación para este elemento es mayor que el límite máximo permisible para la matriz agua de consumo humano.

1. Agua natural es equivalente al alcance acreditado agua superficial.

2. Agua para uso y consumo humano es equivalente al alcance acreditado agua potable.

LC: Límite de cuantificación

Métodos:

EPA Method 200.7, Rev 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry

SMEWW Method 3114C, 22nd Edition, 2012. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

SMEWW: Standard Method for Examination of Water and Wastewater. APHA-AWWA-WEF.

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
e Inocuidad Alimentaria
"DIGESA"
BLGA. ELENA DEL ROSARIO GIL MERINO
C.B.P. 10777
Jefe del Laboratorio de Control Ambiental

Carlos Richard Lavado Atoc
QUÍMICO
CQP 728

Anexo 18.

Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de la comunidad de Huayrapata del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA MA140-02	UNIDADES
Aluminio Total*	< 0.2	mg/L
Arsénico Total*	< 0.005	mg/L
Cadmio Total*	< 0.003	mg/L
Cobre Total*	< 0.045	mg/L
Cromo Total*	< 0.05	mg/L
Cloruros (Cl)*	0.50	mg/L
Cloro Total (Cl ₂)*	0.02	mg/L
Dureza Total (como CaCO ₃)	63.43	mg/L
Hierro Total*	< 0.3	mg/L
Manganeso Total*	< 0.05	mg/L
Mercurio Total*	< 0.001	mg/L
Nitrato (NO ₃ -N)*	0.4	mg/L
Plomo Total*	< 0.010	mg/L
Selenio Total*	< 0.01	mg/L
Sodio Total*	4.32	mg/L
Sulfatos (SO ₄ - ²⁻)*	1.14	mg/L
Zinc Total*	< 0.03	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES:

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Aluminio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-D. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Pag.3-20. 22nd Ed. 2012.
- Arsénico Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd Ed. 2012.
- Cadmio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Cobre Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Cromo Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.

Anexo 19.

Resultados de los análisis de parámetros inorgánicos de muestras de agua de fuentes de captación de la comunidad de Chiquintirca del distrito de Anco, realizado en la DIRESA, 2016.

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA MA147	UNIDADES
Aluminio Total*	< 0.2	mg/L
Arsénico Total*	< 0.005	mg/L
Cadmio Total*	< 0.003	mg/L
Cobre Total*	< 0.045	mg/L
Cromo Total*	< 0.05	mg/L
Cloruros (Cl)*	0.47	mg/L
Cloro Total (Cl ₂)*	0.02	mg/L
Dureza Total (como CaCO ₃)	108.94	mg/L
Hierro Total*	< 0.3	mg/L
Manganeso Total*	< 0.05	mg/L
Mercurio Total*	< 0.001	mg/L
Nitrato (NO ₃ -N)*	< 0.3	mg/L
Plomo Total*	< 0.010	mg/L
Selenio Total*	< 0.01	mg/L
Sodio Total*	2.08	mg/L
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)*	6.54	mg/L
Zinc Total*	< 0.03	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES:

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Aluminio Total

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-D. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Pag.3-20. 22nd Ed. 2012.

- Arsénico Total

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd Ed. 2012.

- Cadmio Total

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.

- Cobre Total

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.

- Cromo Total

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.

Anexo 20.

Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Huayllahura durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.

		HUAYLLAHURA									
		enero		febrero		marzo		abril		mayo	
		reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil
Parámetros Microbiológicos	coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	coliformes totales (UFC/100mL)	0	0	0	0	6	4	0	0	0	1
	bacterias heterotroficas UFC/mL	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	1	1	3	< 1
Parámetros fisicoquímicos	pH	8,14	7,89	7,02	7,14	7,55	7,49	7,04	7,2	7,6	7,59
	Conductividad (μS/cm)	1010	1253	189	160	1162	1063	215	287	945	930
	Turbiedad (UNT)	1,18	1,38	1,58	1,68	2,8	2,83	2,95	1,95	2,05	2,03
	cloro residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	dureza total (mg/L)	118	116	104	96	100	102	90	92	88	86
	STD (mg/L)	656,5	814,45	122,85	104	755,3	690,95	139,75	186,55	614,25	604,5

Anexo 21.

Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Chiquintirca durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.

		CHIQUINTIRCA									
		enero		febrero		marzo		abril		mayo	
		reserv	domic	reserv	domici	reserv	domici	reserv	domici	reserv	domici
Parámetros Microbiológico	coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0	2	0	0	0	0	8	4	1	1
	coliformes totales (UFC/100mL)	4	3	4	38	0	13	288	176	31	18
	bacterias heterotroficas UFC/mL	40	33	290	170	1	1	94	79	48	53
Parámetros fisicoquímicos	pH	7,96	8,05	7,36	7,39	7,55	7,6	7,39	7,51	7,83	7,83
	Conductividad (µS/cm)	618	689	152	149	911	898	334	476	979	968
	Turbiedad (UNT)	1,67	1,5	2,68	2,1	2,77	3,07	2,87	1,82	2,56	2,42
	cloro residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	dureza total (mg/L)	118	116	104	102	104	108	94	98	118	102
	STD (mg/L)	401,7	447,85	98,8	96,85	592,15	583,7	217,1	309,4	636,35	629,2

Anexo 22.

Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Ccollpa durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.

		CCOLLPA									
		enero		febrero		marzo		abril		mayo	
		reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil
Parámetros Microbiológico	coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	coliformes totales(UFC/100mL)	1	0	2	4	132	97	5	12	8	4
	bacterias heterotróficas UFC/mL	10	< 1	160	30	21	19	110	43	43	14
	pH	8,21	8,3	7,77	7,78	7,86	7,98	7,79	7,95	8,05	8
Parámetros fisicoquímicos	Conductividad (µS/cm)	1398	1433	198,5	192	674	667	573	475	879	846
	Turbiedad (UNT)	1,98	1,58	2,37	2,13	2,13	3,07	1,21	1,77	2,46	2,6
	cloro residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	dureza total (mg/L)	108	110	104	106	104	118	108	98	98	98
	STD (mg/L)	908,7	931,45	129,03	124,8	438,1	433,55	372,45	308,75	571,35	549,9

Anexo 23.

Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Toccate durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.

		TOCCATE									
		enero		febrero		marzo		abril		mayo	
		reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil
Parámetros Microbiológico	coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	coliformes totales(UFC/100mL)	1	1	0	2	3	0	0	0	2	1
	bacterias heterotróficas UFC/mL	< 1	< 1	1	< 1	2	< 1	7	4	< 1	1
Parámetros fisicoquímicos	pH	8,28	8,23	7,46	7,52	7,75	7,75	7,77	7,57	7,82	7,74
	Conductividad (µS/cm)	628	602	456	428	370	365	320	332	312	316
	Turbiedad (UNT)	1,56	1,52	2,34	1,35	2	1,9	2,33	1,54	2,12	1,93
	cloro residual (mg/L)	0	0	0,23	0,05	0	0	0	0	0	0
	dureza total (mg/L)	70	66	62	64	64	68	56	58	56	56
	STD (mg/L)	406,25	391,3	296,4	278,2	240,5	237,25	208	215,8	202,8	205,4

Anexo 24.

Resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano de la comunidad de Huayrapata durante los cinco meses evaluación, Anco de 2016.

		HUAYRAPATA									
		enero		febrero		marzo		abril		mayo	
		reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil	reserv	domicil
Parámetros Microbiológico	coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	24	32	7	6	0	0	3	2
	coliformes totales(UFC/100mL)	35	38	280	285	160	102	34	49	58	67
	bacterias heterotróficas UFC/mL	650	710	1200	1100	50	47	97	81	82	34
	pH	8,1	7,98	7,73	7,75	7,9	7,97	7,86	7,97	7,96	8
Parámetros fisicoquímicos	Conductividad (μS/cm)	1175	1165	172	165	965	938	882	830	669	656
	Turbiedad (UNT)	1,6	1,54	1,87	1,92	2,09	2,9	2,42	1,59	2,49	2,42
	cloro residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	dureza total (mg/L)	120	118	132	128	120	158	122	126	118	116
	STD (mg/L)	763,75	757,25	111,8	107,25	627,25	609,7	573,3	539,5	434,85	426,4

Anexo 25.

Matriz de consistencia

TITULO: Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016 AUTOR: Maricruz Christma Palomino Chaico ASESOR: Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio Coasesor: Blgo. Hugo Infanzón Escobar					
PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la calidad de agua de consumo humano en las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata?	Objetivos generales: Evaluar la calidad de agua de consumo humano de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, La Mar- Ayacucho. Objetivos específicos: - Determinar bacterias heterotróficas mesófilas, coliformes totales y termotolerantes del agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco. - Determinar la turbidez, pH, conductividad eléctrica, dureza y sólidos disueltos totales (SDT) del agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco. - Determinar el cloro residual presente en las muestras de agua de consumo humano de las comunidades del distrito de Anco. - Determinar parámetros químicos inorgánicos: cobre, hierro, zinc, sodio, manganeso, mercurio, plomo, plata, aluminio, arsénico en las fuentes de captación de las comunidades del distrito de Anco. - Comparar los resultados físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua de las comunidades del distrito de Anco con el LMP del D.S N° 031-2010-SA.	Antecedentes Marco conceptual Calidad del agua Agua para consumo Calidad microbiológica del agua Calidad físico-química del agua Normas legales	La calidad físico-química y microbiológica del agua que se consume en las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata, está catalogado como no apta para consumo humano.	VARIABLE Variable en estudio Parámetro de Calidad Microbiológico Indicadores: •Coliformes totales (UFC/100 mL) •Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL) •Bacterias heterotróficas mesófilas viables (UFC/mL). Parámetro de Calidad físico-químico Indicadores: •Turbidez (UNT) •pH •conductividad eléctrica (µmho/cm) •SDT (mg/L-1). •Cloro residual (mg/L) •Cloro residual (mg/L) •Cloro residual (mg/L) •Hierro •Manganeso •Aluminio •Cobre •Zinc •Sodio •Mercurio •Plomo •Plata •arsénico	Tipo de investigación: Básica Nivel de investigación: Descriptiva MÉTODO: -Estadístico DISEÑO: - Descriptiva MUESTREO Población: Son las aguas de consumo humano de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata. Muestra: Las muestras son tomadas en el reservorio y domicilio, 2 muestras de agua por localidad y por cada evaluación, las muestras serán tomadas una vez al mes, por un lapso de 5 meses, siendo un total de 50 muestras.