

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de
consumo humano del distrito de Acos Vinchos.**

Ayacucho, 2012.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA**

Con mención en la especialidad de Microbiología

Presentado por:

BACH. OLIVERA NÚÑEZ, ANDREA ISABEL

AYACUCHO, PERÚ

2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

R.D. N° 062-13-FCB-D

Bach.: Andrea Isabel Olivera Núñez

En la ciudad de Ayacucho siendo las tres y veinticinco de la tarde del veinticuatro de mayo del año dos mil tres, reunidos en el Auditorio de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias Biológicas bajo la presidencia del Decano Dr. Tomás Castro Carranza y como miembros del Jurado de Sustentación el MS. Elmer Alcides Ávalos Pérez, Mg. Víctor Luis Cárdenas López, Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez y la Dra. Elya Safina Bustamante Sosa, actuando como secretario docente el Mg. Víctor Luis Cárdenas López en mérito de la R.D. N°062-13-FCB-D de fecha 15 de Mayo de presente año, quienes receptionaron la sustentación de la tesis titulada: Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos. Ayacucho, 2012, presentada por la Bachiller en Ciencias Biológicas Srta. Andrea Isabel Olivera Núñez, quien pretende optar el título profesional de Bióloga con mención en la especialidad de Microbiología.

Luego de verificar la documentación correspondiente el Decano instruye a la sustentante respecto a la exposición de la investigación para lo cual cuenta con cuarenta y cinco minutos según el reglamento.

Concluida la etapa de exposición de la sustentante el decano invita a los miembros del Jurado de Sustentación a realizar las preguntas o aclaraciones que crean conveniente.

Concluida la etapa de las preguntas y aclaraciones formuladas por los miembros del Jurado de Sustentación, el presidente del Jurado invita a la Srta. Sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias

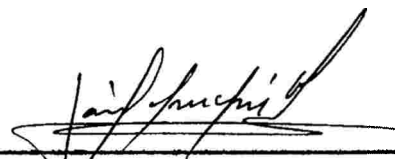
Biológicas, para que los miembros del Jurado de Sustentación puedan deliberar y calificar el trabajo de investigación en privado, arribándose al siguiente resultado:

MIEMBROS DE JURADO	EXPOSICIÓN	RPTA. A PREGUNTAS	PROMEDIO
MS. Elmer Alcides Ávalos Pérez	16	17	17
Mg. Víctor Luis Cárdenas López	17	17	17
Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez	17	18	18
Dra. Elya Salina Bustamante Sosa	17	17	17
		PROMEDIO	17

Luego de concluida la etapa de calificación la sustentante ha obtenido la calificación promedio aprobatoria de diecisiete (17) de la cual dan fe los miembros del jurado de sustentación siendo las cinco y cuarenta minutos de la tarde se dio por concluido el presente acto académica.



Dr. Tomás Castro Carranza
PRESIDENTE




Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez
MIEMBRO - ASESOR



MS. Elmer Alcides Ávalos Pérez
MIEMBRO



Dra. Elya Salina Bustamante Sosa
MIEMBRO



Mg. Víctor Luis Cárdenas López
MIEMBRO - SECRETARIO

DEDICATORIA

A mis padres y tíos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga "*Alma Mater*" de mi formación profesional, por haberme acogido en sus ambientes durante mi vida universitaria. A los docentes del Departamento Académico de Ciencias Biológicas quienes contribuyeron en mi formación académica y profesional.

Al Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez, asesor del presente trabajo por brindarme sus conocimientos y orientaciones académicas para desarrollar la tesis.

Al Blgo. José Risco Mendoza, Jefe del proyecto "Fortalecimiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial del distrito de Acos Vinchos Huamanga - Ayacucho" y a todos los integrantes de los estudios realizados en dicho proyecto.

Así mismo al Alcalde de la Municipalidad Distrital de Acos Vinchos y a todos los trabajadores de dicha institución, por su apoyo y facilidades brindadas durante el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESÚMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEORICO	03
2.1. Antecedentes	03
2.2. Marco conceptual	08
2.2.1. El agua	08
2.2.2. Agua subterránea	10
2.3. Bases teóricas	11
2.3.1. Calidad de agua	11
2.3.2. Indicadores microbianos de la calidad de agua	11
2.3.3. Indicadores fisicoquímicos de la calidad de agua	15
2.3.4. Agua de consumo humano	18
2.3.5. Efectos de la contaminación del agua en la salud	19
2.3.6. Situación institucional del servicio de saneamiento en el Perú	22
2.3.7. Los servicios de agua y saneamiento en el sector rural	23
2.3.8. Modelos de gestión de los servicios de agua y saneamiento	24
2.4. Marco legal	25
2.5. Agua en el ámbito rural	27
2.6. Descripción del distrito de Acos Vinchos	29
2.6.1. Límites y división política	29
2.6.2. Población	29
2.6.3. Servicios básicos	30
2.6.4. Acceso al servicio de agua	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. Zona de estudio	36
3.1.1. Ubicación política	36

3.1.2.	Ubicación geográfica	36
3.2.	Población objetivo	37
3.3.	Muestra	37
3.4.	Toma de muestra y transporte de muestras	38
3.5.	Análisis microbiológico de muestras de agua	40
3.6.	Análisis fisicoquímicos de muestras de agua	42
3.7.	Análisis de datos	44
IV.	RESULTADOS	45
V.	DISCUSIÓN	54
VI.	CONCLUSIONES	64
VII.	RECOMENDACIONES	66
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Límites máximos permisibles establecidos por organismos reguladores.	18
Tabla 2. Agentes patógenos y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua.	20
Tabla 3. Organismos y enfermedades relacionadas con agua contaminada.	21
Tabla 4. Distribución de la población y viviendas del distrito de Acos Vinchos.	30
Tabla 5. Abastecimiento de agua potable del distrito de Acos Vinchos.	31
Tabla 6. Vigilancia del sistema de agua de consumo en las localidades del distrito de Acos Vinchos.	34
Tabla 7. Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo según localidades del distrito de Acos Vinchos.	35
Tabla 8. Frecuencia de muestreo y número de muestras analizadas	38
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos determinados en el agua de consumo humano del Distrito de Acos Vinchos.	49
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos del agua de acequias del Distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.	50
Tabla 11. Frecuencia de muestreo en sistemas rurales.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Número promedio de UFC/100 ml de coliformes totales en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.	46
Figura 2. Número promedio de UFC/100 ml coliformes termotolerantes en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.	47
Figura 3. Número promedio de UFC/ml de bacterias heterotróficas mesófilas viables en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.	48
Figura 4. Porcentaje de comunidades respecto a parámetros microbiológicos y físicoquímicos del agua de consumo humano, octubre a diciembre del 2012.	51
Figura 5. Tipo de abastecimiento de agua de consumo humano en viviendas del Distrito de Acos Vinchos 2012.	52
Figura 6. Niveles de acceso al servicio de agua de la población de Acos Vinchos.	53

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1	Mapa del Distrito Acos Vinchos 74
Anexo 2	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua para consumo humano en el distrito de Acos Vinchos 75
Anexo 3	Flujograma para la determinación de coliformes totales y termotolerantes por la técnica de filtro de membrana. 76
Anexo 4	Flujograma de la técnica de recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables. 77
Anexo 5	Flujograma de los análisis fisicoquímicos volumétricos. 78
Anexo 6	Taller realizado en la comunidad de Huamanccochoa. 79
Anexo 7	Recolección de muestras de agua para consumo humano de reservorios de la comunidad de Ccacce y Paucarpata. 80
Anexo 8	Reservorios en mal estado de las comunidades de Lucaspata, Huamanccochoa, Ccacce y Pamparque, noviembre 2012. 81
Anexo 9	Vista panorámica del sistema de conducción del servicio de agua potable en la comunidad de Accomarca, octubre 2012. 82
Anexo 10	Condiciones actuales de los servicios de agua de consumo humano en la comunidad de Matarilla, diciembre 2012. 83
Anexo 11	Servicio de agua entubada en vivienda de la comunidad de Huamanccochoa, diciembre 2012. 84
Anexo 12	Equipos: Peachímetro ATC, Conductímetro, Turbidímetro, octubre del 2012. 85
Anexo 13	Procesamiento de muestras en el Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. 86
Anexo 14	Placas con medios de cultivo y crecimiento de microorganismos 87
Anexo 15	Frecuencia de muestreo en sistemas rurales 88
Anexo 16	Ficha de registro de muestreo 89
Anexo 17	Matriz de consistencia 90

RESÚMEN

La investigación responde al problema de la falta de información de la situación actual de la calidad de agua para consumo humano tanto microbiológica como fisicoquímica de todo el distrito de Acos Vinchos, de la provincia de Huamanga, es por ello que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en todo el distrito. Este trabajo es de régimen básico descriptivo que se ejecutó durante los meses de octubre a diciembre del 2012, donde se analizaron 138 muestras de agua procedentes de los reservorios y de grifos domiciliarios de 31 comunidades y de tres acequias (fuente de agua de consumo humano de las comunidades restantes), las que fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología de la UNSCH para su procesamiento. Para el análisis microbiológico se empleó la técnica de filtro de membrana, para enumerar coliformes totales y coliformes fecales y la técnica de siembra por incorporación para enumerar bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV). Para el análisis fisicoquímico se emplearon técnicas volumétricas, nefelométricas, colorimétricas y electrométricas, donde se analizaron los siguientes parámetros: pH, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, conductividad, cloruros, dureza total y cloro residual, los cuales fueron comparados con los valores guías establecidos en el D.S.N° 031-2010/DIGESA. El 100% de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes establecidos, encontrándose entre un rango de 1 a 1000 UFC/100 ml. Para el caso de BHMV el 59% de las muestras sobrepasa el LMP, hallándose dentro de un rango de 540 a 18×10^3 UFC/ml. En el 100% de 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 el caso de turbidez el 79% de muestras están dentro del LMP. Para el cloro residual se obtuvo 0,0 ppm en todas las muestras. Se concluye indicando que el 100% de muestras de agua para consumo humano de las 34 comunidades no cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, por ello no son aptas para el consumo humano.

Palabras clave: calidad de agua, coliformes, bacterias heterotróficas, agua de consumo humano, parámetros fisicoquímicos.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las corrientes actuales sobre el derecho humano a nivel mundial, se plantea que el agua es esencial para la vida del hombre, su disfrute constituye un derecho fundamental de toda persona y de toda comunidad, ya que de ella depende su subsistencia y su bienestar. El recurso hídrico para el consumo humano debe ser entregado a las comunidades con excelente calidad, la cual inicia desde la misma generación, protección de fuentes y recorrido hasta las plantas de tratamiento y posteriormente hasta el servicio domiciliario. A pesar de ello el acceso de los peruanos al agua potable aun es insuficiente, a ello cabe mencionar que las enfermedades de transmisión hídrica mantienen desde hace demasiado tiempo en el Perú, elevadas tasas de morbilidad inaceptables en las sociedades actuales.

A lo largo de los años las instituciones públicas como otras 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 capacitación de los beneficiarios que garanticen la sostenibilidad del servicio y el adecuado manejo de las infraestructuras, condicionando la prevalencia de enfermedades infecciosas

transmitidas por el agua. En la provincia de Huamanga, la situación actual de muchos de sus distritos es desconocido debido a que no cuentan con estudios completos de servicios básicos, socioeconómicos, medio ambientales, etc., ya que Acos Vinchos es uno de ellos, además, que es considerado uno de los distritos en extrema pobreza, y teniendo la necesidad de revertir esta situación se inició el proceso de ordenamiento territorial con la voluntad política y participación de los actores locales para la cual se realizaron estudios por ejes temáticos y como parte de ello se consideró de vital importancia la determinación de la calidad de agua de consumo humano. El presente estudio de carácter básico descriptivo, es parte del proyecto “Fortalecimiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial del Distrito de Acos Vinchos Huamanga -Ayacucho” que ha sido elaborado con el financiamiento del Fondo Contravalor Perú - Alemania y en contrapartida por la Municipalidad Distrital de Acos Vinchos. Por lo cual para la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos.

Objetivos específicos:

- Enumerar coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas mesófilas viables en muestras de agua para consumo humano, del distrito de Acos Vinchos.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos: pH, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, conductividad, cloruros, dureza total y cloro residual en muestras de agua para consumo humano, del distrito de Acos Vinchos.
- Determinar si el agua para consumo humano cumple con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010/DIGESA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Las disponibilidades en agua constituyen un factor fundamental para el desarrollo económico y la salud pública. Los abastecimientos de agua se consideran en todos los países como inversiones básicas de interés general, en el sentido de que posibilitan actividades humanas e industriales directamente productivas que influyen en la tasa de crecimiento económico. (1)

Siendo el agua un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades podría producir un gran número de casos de infección, por ello el agua de consumo para la población debe ser potable. (2)

El control de la calidad del agua ha sido prioritario principalmente en zonas urbanas, para verificar una adecuada potabilización de la misma, o cuando se presentan brotes de enfermedades diarreicas en la población consumidora, donde una vez detectado el problema en el suministro de agua se resuelve a corto plazo mejorando las condiciones de desinfección de la misma. (3)

El agua, de calidad cada vez más pobre, puede transmitir una gran cantidad de enfermedades peligrosas y hasta mortales, entre ellas las enfermedades

diarreicas agudas (EDA), que constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil. Las EDA representan la primera causa de muerte en niños de 1 a 5 años de edad, en quienes ocasionan 3,2 millones de defunciones anuales en el mundo. Además se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes. (4, 5)

La contaminación es un proceso de alteración o de modificación más o menos importante de los equilibrios físicos, químicos o biológicos del agua que son responsables de su calidad y la hacen inadecuada para sus numerosos usos y aplicaciones. No debe olvidarse que recibe y arrastra partículas cargadas de bacterias, de tal modo que en cercanías de las grandes poblaciones incluso el agua de lluvia es portadora de un elevado número de microorganismos. (1)

La diseminación de los patógenos ambientales causantes de enfermedades a través del agua, depende principalmente de su supervivencia en el ambiente, de la exposición de los individuos al agua contaminada, del grado de susceptibilidad de los individuos, de la concentración de los microorganismos entéricos en el ambiente como consecuencia del número de personas y animales infectados en las comunidades, de la cantidad de agua que cada individuo ingiere y de la dosis infecciosa del microorganismo. (6)

La contaminación del agua con excretas ha sido, a través del tiempo, una de las principales preocupaciones humanas. Es importante que la disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable sean adecuados, así como los medios higiénicos, los cuales constituyen partes integrales de la atención primaria de salud, lo que ayuda a evitar o limitar la propagación de muchas enfermedades infecciosas, tanto en los seres humanos como en animales. La contaminación del agua también, puede ser a través de la fuente, de su distribución o en los depósitos comúnmente empleados para almacenarla,

puesto que se ha comprobado que la contaminación de los botellones destinados para la distribución del agua potable a las comunidades es un factor importante en la transmisión de enfermedades diarreicas. (7)

Por lo antes expuesto, se puede afirmar que la falta de un tratamiento adecuado de las aguas puede producir las llamadas enfermedades entéricas, en las que la infección se origina en el tubo digestivo y los microorganismos causantes se eliminan por las heces; es por esta razón que la infección resulta del contacto directo entre material fecal infectante y la boca de una persona susceptible, causando un riesgo de salud importante. (7)

En un estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud en 1984, se determinó que aproximadamente 75% de los sistemas de aguas locales y municipales en América Latina y el Caribe estaban mal desinfectados o carecían de sistemas de desinfección. Cabe destacar que el monitoreo de la calidad del agua potable, vinculado a la vigilancia epidemiológica, pone al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre la causa de cualquier brote o epidemia de EDA, permitiéndoles establecer prioridades y saber qué medidas tomar en cada caso. (4)

Las enfermedades transmisibles, como el cólera y otras diarreas, siguen siendo una causa importante de morbilidad y mortalidad en varios de los países en vías de desarrollo. Gran parte de la transmisión de estas enfermedades está asociada a la falta de acceso al agua potable y saneamiento básico, así como a deficientes programas de protección de alimentos. Varios de los países de la región no han logrado hasta el momento alcanzar condiciones ambientales satisfactorias, para disminuir el riesgo de ocurrencia de estas enfermedades. (8)

Las enfermedades diarreicas que afectan a los niños menores de cinco años tienen gran importancia en salud pública por la elevada morbilidad y mortalidad

que ocasionan y por su repercusión negativa sobre el crecimiento y desarrollo de los niños. (9)

La OPS en 1998 realizó un análisis en el que se evidenció que 15 de los países de las Américas reportaron casos de cólera para ese año. Sólo Perú notificó el 73,1% del total de los casos reportados (57 104). Colombia, que notificó un aumento de los casos en 1996, fue presentando una reducción en 1997 y mayor todavía en 1998. Venezuela también reportó un menor número de casos de cólera en 1998, comparado con 1997, de 313 y 2 551 casos, respectivamente. En 1997, los cinco países de la región con la tasa de incidencia más elevada fueron: Nicaragua, Bolivia, Perú, Venezuela y Guatemala. (8)

La evaluación de contaminación de origen fecal del agua de consumo permite determinar la presencia de microorganismos cuya presencia indica que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieran determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos, permitiendo la proliferación de especies patógenas. Estos grupos de microorganismos se denominan indicadores de calidad sanitaria. Se usan como microorganismos indicadores de calidad sanitaria los siguientes grupos: coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos, entre otros. (7)

Las bacterias del grupo coliforme, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra, se usa como criterio de contaminación y, por lo tanto, de la calidad sanitaria de la misma, son de fácil detección y cultivo en laboratorio y presentan un tiempo de supervivencia que excede al de los patógenos en ese ambiente. (1)

Otro grupo de indicadores de calidad sanitaria, que se han utilizado en el análisis microbiológico del agua, es el de los aerobios mesófilos, los cuales son microorganismos heterótrofos, aerobios o anaerobios facultativos, mesófilos o

psicotróficos capaces de crecer en cualquier medio de agar nutritivo. Estas bacterias se estudian, junto con el índice de coliformes, con el propósito de controlar un proceso de tratamiento de agua y para verificar su calidad. (7)

Es conocido a nivel mundial que la calidad de las fuentes de agua destinadas para el consumo humano ha representado una problemática importante para los investigadores. En un estudio del agua realizado en la ciudad de Campeche, México, se investigó la calidad sanitaria de los suministros (pozos) que abastecen a la población de la ciudad, y se encontraron bacterias mesófilas aerobias, microorganismos coliformes totales y coliformes fecales; demostrando la existencia de potentes factores de contaminación, tanto en los pozos como en su entorno inmediato. Los resultados indicaron la necesidad de implementar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución para el consumo humano. (10)

En la primera mitad de siglo XX, los países industrializados usaron criterios y normas regionales y nacionales para evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas para consumo humano. En la segunda mitad, las Naciones Unidas, mediante la OMS, estableció estándares o normas internacionales para evaluar la calidad del agua para consumo humano. Sin embargo, estos estándares se realizaban en países desarrollados, los cuales contaban con tecnologías avanzadas que impedían su real aplicación en países en desarrollo. Debido a esta debilidad, la misma OMS estableció en 1984 las primeras "Guías para la Calidad del Agua Potable"; una década después publicaron la segunda edición y en el 2004 la tercera edición. Estas tres ediciones tienen como objetivo establecer los fundamentos científicos, con el propósito de fijar valores guías fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos para que cada país los adapte a sus condiciones socioeconómicas, culturales,

geográficas y avances tecnológicos, y así se concreten normas nacionales para evaluar el agua para consumo humano. (11)

Entre los criterios que se deben cumplir para verificar la calidad de agua de consumo, se especifica que deben estudiarse las características microbiológicas del agua con la finalidad de hallar bacterias indicadoras de contaminación fecal como *Escherichia coli*, coliformes totales y bacterias coliformes termotolerantes. *Escherichia coli* debe estar ausente en muestras de 100 ml, tanto en agua de consumo en condiciones normales, como en el agua luego de desastres naturales y emergencias; las concentraciones mínimas de cloro para desinfección en condiciones normales debe ser 0,2 mg/l y 0,5 mg/l en caso de desastres y emergencias respectivamente. (12)

En países desarrollados puede considerarse como un delito la provisión de agua contaminada para uso humano. En los países en desarrollo, por el contrario, la calidad de agua puede ser variable y no existen los mecanismos para asegurar que llegue en buenas condiciones a los puntos de uso. Si bien es riesgoso distribuir agua contaminada para consumo de la población abierta, el riesgo es aún mayor en las poblaciones cerradas, como la de los hospitales. Además, no existen elementos para decidir cuál es el mejor método de cultivo para determinar si existe contaminación en el agua hospitalaria. Puesto que es impráctico llevar un control rutinario con cultivos del agua, la vigilancia de los niveles de cloro libre constituye un buen índice subalterno. (13)

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El agua

El agua es una sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y más o menos puro,

forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos. (14)

Este recurso constituye uno de los elementos esenciales para la existencia del hombre, sus múltiples usos como el abastecimiento público, agropecuario, industrial, recreación y transporte, demuestran su vital importancia. Además, cabe resaltar que el 71% de nuestro planeta es agua, y solo el 2,5% corresponde al agua dulce y lo demás es agua salada, la mayor parte del agua dulce (68,7%) se presenta en forma de hielo perenne ubicado en la Antártida, Groenlandia y en profundos acuíferos de aguas subterráneas; las principales fuentes de agua para uso humano son los lagos, ríos, la humedad del suelo y en cuencas de aguas subterráneas relativamente poco profundas, unos 200 000 km³, es decir, menos del 1% del total de agua dulce y solo el 0,01% de todo el agua del planeta. (15)

En Sudamérica se concentra aproximadamente el 29% de los recursos hídricos del mundo, siendo las mayores fuentes de agua: la cuenca del Amazonas, la del Paraná – La Plata, el acuífero del Guaraní y el lago Titicaca; el Perú es un país con grandes recursos hídricos localizadas principalmente en su región amazónica y contrasta significativamente con las condiciones de extrema aridez de la mayoría de sus áreas pobladas (Costa) la que podría originar un estrés hídrico, más que por la falta de recursos hídricos, es por el planteamiento de sus sistemas de ocupación territorial y por los modelos de desarrollo que tenemos en el país, no es porque no dispongamos de recursos hídricos, el problema es que el 53% de nuestra población esta abastecida sólo por el 2% del agua que está en la costa y el resto se encuentra en la selva, a esto debe sumarse el gran impacto que ocasiona el deterioro del medio ambiente originando un cambio climático que afectará notablemente en la distribución de los recursos hídricos. (16)

La región Ayacucho está ubicada en la cordillera central de los Andes y cuya red hidrográfica fluye de las vertientes del Océano Pacífico y del Atlántico, la región cuenta con numerosas lagunas que en conjunto ocupan una superficie de 15 493,82 Ha. Las lagunas de interés por su extensión, ubicadas en las provincias sureñas de Lucanas y Parinacochas. Con respecto a las cuencas hidrográficas la región cuenta con ocho cuencas principales (Pampas, Mantaro – Apurímac, Ocoña, río Grande, Yauca, Acari, Chala y una intercuenca Santa Lucía) y otras de poca significación por su área (Ene, Caraveli, Chaparra). La cuenca del río Yucaes abarca cuatro distritos de la provincia de Huamanga siendo estos: Acocro, Acos Vinchos, Tambillo y Quinua, cuyas nacientes se encuentran en las partes altas del distrito de Acocro y culmina al confluir con el río Huatatas-Alameda para luego conformar el río Muyurina; al interior del territorio del distrito de Acos Vinchos discurren riachuelos que son tributarios del río Yucaes, siendo este río el principal que recorre de sur a norte desembocando aguas abajo en el río Cachi. (17)

2.2.2. 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 instalación de equipos de bombeo generalmente son menores que los costos de construcción de un almacenamiento superficial que provea un caudal similar. Además como el 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. (18)

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Calidad de agua

La calidad de agua es relativa, cobra sentido en función del uso que se va a dar al agua, es decir, para decidir si una fuente de agua es apta para un propósito particular, debe cumplir los requisitos de calidad relacionados con su uso; una fuente de agua puede estar suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar ser inadecuada para la industria, bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que modifican su uso real o potencial, por lo tanto consideramos calidad del agua para consumo humano aquella que cumple con los valores guías y normas establecidas para esta. (19)

El agua tal como se presenta en la naturaleza no reúne las condiciones para el consumo humano directo, pues muchas veces se halla contaminada con sólidos, gases, minerales disueltos y microorganismos patógenos en suspensión causantes de muchas enfermedades las cuales deben ser reducidas y destruidas por tratamientos físicos y químicos que permitan mejorar la calidad de la misma. (20)

2.3.2. Indicadores microbianos de la calidad de agua

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. (5)

Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua.

Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia. (5)

Coliformes totales

Los coliformes totales son un grupo de microorganismos que comprende varios géneros de la familia Enterobacteriaceae, como: Klebsiella, Escherichia, Enterobacter, Citrobacter y Serratia, cuatro de este grupo (Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter y Serratia) se encuentra en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), además, algunas son habitantes normal del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente; no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud; estas bacterias no deben estar presentes en los sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, y si así ocurriese ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior. (21)

Hasta hace pocos años se consideraba a los coliformes totales como indicadores de contaminación del agua, sin embargo, se ha demostrado que solamente algunas de las especies que conforman este grupo son de origen fecal mientras que las otras pueden estar presentes en forma natural en diferentes ambientes acuáticos, por lo que actualmente los coliformes totales se emplean para evaluar la calidad higiénica del agua. (22)

Las bacterias coliformes totales se detectan con las técnicas de prueba en tubos múltiples (fermentación) y la filtración con membrana, en medio m-Endo o agar

Endo LES las colonias típicas de coliformes totales presentan una coloración de rosado a rojo oscuro con brillo metálico superficial, el área brillante varía de tamaño recubriendo toda la superficie de la colonia o parte de ella, las colonias rosadas, incoloras, blancas y sin brillo metálico son consideradas como no coliformes. (22)

Los coliformos totales se caracterizan por ser bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, son oxidasa negativa, no formadores de esporas y son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas a 35°C +/- 2°C en un tiempo máximo de 48 horas. (23)

Coliformes fecales

Los coliformes fecales, también denominados coliformes termotolerantes, se caracterizan por soportar temperaturas hasta de 45°C; comprende un grupo muy reducido de microorganismo, entre los que se destaca *Escherichia coli* siendo el más reconocido representante de contaminación por origen fecal, por tanto es el principal indicador de higiene de los alimentos y agua. (23)

Escherichia coli se caracteriza por ser una bacteria Gram negativa, capaz de fermentar la lactosa a una temperatura entre 44°C y 44.5°C, es indol positivo y tiene un origen específicamente fecal, pues está siempre presente en grandes cantidades en las heces de los seres vivos de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido contaminación fecal. (23)

Desde hace tiempo se reconoce que los microorganismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua potable, debido principalmente que son de fácil detección y se pueden enumerar en el agua. La presencia de *Escherichia coli* en muestra de agua potable, indica la existencia de fallas en la eficacia del tratamiento de aguas, en la integridad del sistema de distribución, y por tanto evidencia de contaminación de diferente origen; suelo, superficies de agua dulce y tracto digestivo. (24)

Bacterias heterotróficas

Están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, éstas son indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento, principalmente de la desinfección. Son indicadores simples cualitativos que estima la densidad de bacterias viables heterótrofas, aerobias y anaerobias facultativas en el agua, capaz de desarrollarse en condiciones de nutrición, temperatura y tiempo de incubación de 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. El recuento en placa de bacterias heterótrofas 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. El método se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido, en el que se ha sembrado un volumen conocido de agua, transcurrido un tiempo y una temperatura de incubación determinados. (22, 25)

Además de los patógenos fecales, pueden tener importancia para la salud pública en determinadas circunstancias otros peligros microbianos (por ejemplo, el dracunculo (*Dracunculus medinensis*), las cianobacterias tóxicas y las legionelas). Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de consumo. El agua de consumo no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección. (5)

2.3.3. Indicadores fisicoquímicos de la calidad de agua

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo es que pueden producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables. (19)

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula. (19)

Indicadores físicos

Las características físicas de agua, llamadas así porque pueden impresionar los sentidos (vista, olfato, etcétera.), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes: pH, turbiedad, sólidos solubles e insolubles, color, olor y sabor. (19)

Turbiedad. La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcilla, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales, es decir, aquellas que por su tamaño se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. Se ha demostrado que al menor incremento de la turbiedad en el agua tratada, aumenta el riesgo de transportar partículas de un

tamaño semejante al de los quistes de protozoarios parásitos como la Giardia y el Cryptosporidium. Por otro lado, las partículas pueden enmascarar a los virus y bacterias y, por consiguiente, dificultar su inhibición por acción del desinfectante. Asimismo, el incremento de la turbiedad en el agua tratada aumenta la posibilidad de transmisión de enfermedades hídricas. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son unidades nefelométricas de turbiedad (NTU). (19)

Sólidos totales disueltos (STD). Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que obtiene después de la evaporación de una muestra previamente filtrada. Comprende sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro, se reporta como ppm. (19)

pH. El pH es un factor que mide el grado de acidez. No tiene un efecto directo sobre la salud, pero sí influye en los procesos de tratamientos de agua. Por lo general las aguas generales (no contaminadas) muestran un pH en el rango entre cinco y nueve. (19)

Indicadores químicos

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. (19)

Conductividad. El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Se determina mediante electrometría con un electrodo conductímetro, expresándose el resultado en microsiemenes cm^{-1} ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$). (19)

Alcalinidad. Es un parámetro que está relacionado con el contenido de aniones: carbonato (CO_3^{-2}), bicarbonato (HCO_3^{-1}) y oxidrilo (OH^{-1}). La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la presencia de iones disueltos. La alcalinidad es necesaria en el tratamiento de agua porque reacciona con los coagulantes favoreciendo los procesos de eliminación de sólidos coloidales. (19)

Dureza. Indica el contenido de cationes Ca^{+2} y Mg^{+2} . No está comprobado que afecte la salud. Afecta el lavado de la ropa y propicia la formación de sarro en las tuberías de metal. (19)

Cloruros. Imparten sabor al agua. Las aguas superficiales no tienen problemas, solamente aquellas fuentes que pasan por capas salinas o que provienen de acuíferos con influencia de corrientes marinas. (19)

Cloro residual. El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los microorganismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedara luego un poco en el agua luego que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre, este permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre, se comprueba que la mayoría de organismos peligrosos ya fueron eliminados y, por tanto, es segura consumirla. La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura. (26)

c. Contaminante biológico

El consumo de agua contaminada con agentes patógenos ha producido diversas consecuencias en la salud, tales como enfermedades gastrointestinales, es decir, enfermedades del estómago y del intestino, muchas de las cuales no solo se producen por la ingesta de esta agua, sino también por cocinar y lavar los alimentos con agua contaminada con microbios (Tabla 2). Además, debido a los altos costos de los sistemas de desinfección, las familias más humildes consumen agua de calidad notablemente más baja, lo que conlleva importantes riesgos para la salud de personas con un acceso limitado a la atención sanitaria.

(23)

Tabla 2. Agentes patógenos y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua. (5)

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en abastecimiento de agua	Resistencia al cloro	Fuente animal
Bacterias				
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alta	Moderada	Baja	Si
<i>Escherichia coli</i> patógena ^c	Alta	Moderada	Baja	Si
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Si
<i>Legionella</i> spp.	Alta	Prolifera	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Puede proliferar	Moderada	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Moderada	Baja	No
<i>Shigella</i> spp.	Alta	Corta	Baja	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Corta	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Larga	Baja	Si
Virus				
Adenovirus	Alta	Larga	Moderada	No
Enterovirus	Alta	Larga	Moderada	No
Virus de la Hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	No
Virus de la Hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Potencial
Notovirus y sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Potencial
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	No
Protozoos				
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Si
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	No
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	No
<i>Giardia intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Si
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Larga	Alta	Si
Helmintos				
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	No
<i>Schistosoma</i> spp.	Alta	Corta	Moderada	Si

Principales enfermedades hídricas

La transmisión de agentes patógenos por el agua de consumo es sólo uno de los vehículos de contagio por la vía fecal-oral (Tabla 3). Pueden ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general. (29)

Tabla 3. Organismos y enfermedades relacionadas con agua contaminada. (29)

Organismos	Enfermedades
Salmonella	Fiebre tifoidea y paratifoidea
Vibrio	Cólera
Shiguella	Disentería bacilar, Shigelosis
<i>Escherichia coli</i>	Enterocolitis
Campylobacter	Diarreicas
Yersinia	Diarreicas
Enterovirus	Diarreicas
Virus de la Hepatitis A	Hepatitis A
Rotavirus	Enfermedades diarreicas infantiles
Virus de la poliomielitis	Poliomielitis
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiosis
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiosis
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiosis
<i>Echinococcus sp.</i>	Hidatidosis
<i>Áscaris lumbricoides</i>	Ascariosis
<i>Trichuris trichura</i>	Trichurosis
<i>Hymenolepis nana</i>	Teniosis
<i>Taenia solium</i>	Teniosis

2.3.6. Situación institucional del servicio de saneamiento en el Perú

En varios países de América Latina, los gobiernos locales (principalmente municipios) han sido tradicionalmente los responsables de los servicios de agua y saneamiento. Además, desde los años ochenta, la tendencia general de las reformas efectuadas en el sector ha sido hacia la descentralización, en muchos casos a nivel jurisdiccional más bajo (municipal). Los argumentos principales que sustentaron este tipo de reformas se basaban en la necesidad de acercar la solución de los problemas locales a los niveles de base de la población, con el fin de aprovechar las iniciativas locales y la proximidad de los usuarios. (30)

En la década de 1990, como parte de la reforma del Estado, se definió como ente rector del sector al Ministerio de la Presidencia (PRES), se desactivó el SENAPA y sus filiales fueron transferidas a los gobiernos municipales provinciales a través de las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS), instituciones creadas por la Ley General de Servicios de Saneamiento (N°26338) de 1994. La misma ley derivó la atención del área rural a las municipalidades y su explotación, por Reglamento de la Ley (D.S. N° 24-94-PRES), a las Juntas Administradoras en los pequeños centros poblados del ámbito rural, las que debieran ser financiadas por "cuotas familiares". (31)

Igualmente la reforma en el sector saneamiento, siguiendo la corriente imperante promovida por los organismos financieros multilaterales, separó las funciones del Estado en diversas instituciones y niveles de gobierno : un órgano rector MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), un órgano regulador (SUNASS), los organismos responsables de servicio (Gobiernos locales) y un conjunto de entidades prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento (EPS públicas, privadas y mixtas). (16)

2.3.7. Los servicios de agua y saneamiento en el sector rural

El estudio de sostenibilidad realizado por el Programa de Apoyo al Saneamiento del Banco Mundial (PAS-BM), en 104 sistemas de agua rural en el Perú en 1999, el estado peruano invirtió en agua y saneamiento 306 millones. Sin embargo, concluyó que únicamente el 32% de los sistemas son sostenibles, el 66% están en proceso de deterioro y el 12% está calificado en estado de colapso. Los sistemas en proceso de deterioro presentan fallas en la continuidad, cantidad y calidad del servicio, debido al incremento de la población beneficiaria, el mal estado de la infraestructura y la carencia de una gestión adecuada, la operación y mantenimiento de los servicios es deficiente. (32)

Un estudio de evaluación realizado por la Dirección Nacional de Saneamiento (DNS) en 70 comunidades rurales del Perú en el año 2001, señala que el 79% de los sistemas son administrados por una junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), un comité u otro tipo de manejo local, el 13% de los servicios son administrativos por el municipio y el 8% no tiene ningún tipo de administrador. (32)

Estas cifras expresan un desbalance: por un lado la intención de algunas instancias del gobierno, en el sector agua y saneamiento, en solucionar el problema invirtiendo sumas importantes de recursos financieros, y en el otro extremo la poca sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento en las comunidades. (32)

Es evidente que existen serias debilidades en la gestión de los servicios de agua y saneamiento rural y son los municipios en la nueva normatividad, los responsables de planificar y promover el desarrollo de los servicios de agua y saneamiento en su jurisdicción, velando por la sostenibilidad de los servicios. La modificatoria al reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento (LGSS – D.S. 016-2005-VIVIENDA) la cual se incorpora al Texto Único

Ordenado del reglamento de la LGSS (D.S. 023-2005- VIVIENDA), cubre importantes vacíos normativos, estableciendo disposiciones respecto a las municipalidades distritales. (32)

2.3.8. Modelos de gestión de los servicios de agua y saneamiento

Según las diferentes experiencias analizadas en la gestión de servicios de agua se pueden mencionar hasta tres modelos de gestión.

a. A través de administración directa o unidades municipales. Los gobiernos locales, de acuerdo con la ley orgánica de municipalidades pueden adoptar cualquier modalidad consentida por ley para la organización de sus servicios, desde unidades municipales, empresa municipal, asociación de usuarios, empresa mixta o adaptarse a la ley general, implementándose una EPS. (32)

b. A través de juntas administradoras de servicios de saneamiento u otras organizaciones comunales. Los gobiernos locales según la nueva normatividad promueven la organización comunal para la administración de los servicios de saneamiento, estas organizaciones se registran ante la municipalidad distrital de su jurisdicción y son los responsables de administrar, operar y mantener los servicios de agua y saneamiento en su comunidad, bajo la asistencia técnica y supervisión del gobierno local. (32)

c. A través de operadores especializados.- igualmente de acuerdo a la nueva normatividad los gobiernos locales contratan los servicios de operadores especializados para la administración y prestación de los servicios de saneamiento en pequeñas ciudades, para tal efecto la municipalidad toma la decisión de incorporar operadores especializados en la prestación de servicios de saneamiento mediante un contrato de acuerdo a las normas establecidas en la ley orgánica de municipalidades. (32)

2.4. Marco legal

En la actualidad existen muchas normas nacionales, reglamentos; así como también existen ordenanzas municipales dadas bajo marco del agua para consumo humano.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente

Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. (33)

Ley N° 26842, Ley General de Salud

Establece las normas generales sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. El artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud concordante con la Décima Primera Disposición Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento disponen que el abastecimiento de agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento. (34)

Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento

- El artículo 2° establece que «la prestación de los servicios de saneamiento comprende: servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial y disposición de excretas, tanto en el ámbito urbano como en el rural».
- El artículo 5° señala que «las municipalidades provinciales son responsables de la prestación de los servicios de saneamiento.
- Según el artículo 9°, corresponde a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento garantizar a los usuarios la prestación de los servicios de saneamiento en las mejores condiciones de calidad, contribuyendo a la salud de la población y a la preservación del ambiente para lo cual debe ejercer las funciones establecidas en la Ley N° 26284. En los pequeños centros

poblados del ámbito rural la explotación, operación y mantenimiento de los servicios se realizará en acción comunal, mediante la organización de Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, cuyo funcionamiento está regulado por la Superintendencia. (35)

Decreto Supremo N° 031-2010-SA/DIGESA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

El presente reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. Se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad. (36)

Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM

Tiene por objetivo aprobar las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, estándares aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. (37)

Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

El reglamento tiene por objeto regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden al agua continental: superficial y subterránea, y los bienes asociados a esta; asimismo, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, todo ello con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338. (38)

2.5. Agua en el ámbito rural

Se estima que en América Latina y el Caribe 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. (39)

Por otro lado, se ha demostrado que las enfermedades hidrotransmisibles como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, entre otras, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina. Hay una relación directa entre la mortalidad infantil y la cobertura y calidad del agua de consumo humano debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse con diarrea, que es la primera causa de muerte entre los niños de entre uno y cuatro años de edad, con dos millones de defunciones al año en todo el mundo (40). En general, la diarrea es transitoria en personas bien alimentadas y persistente en las malnutridas. La infección repetitiva puede aumentar la desnutrición, que, a su vez, incrementa la vulnerabilidad ante nuevas infecciones. 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 superficial (ríos, lagunas, lagos) se encuentran aun 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. (22)

Según información del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en el año 2005 el Perú registro un crecimiento del 6% del PBI, el quinto mas alto de América latina; sin embargo la brecha en la distribución de la riqueza se constituya en un problema estructural. Es importante notar que el 40% de la

población pobre accede al agua directamente desde el río, acequia, manantial, pozo o similar, sin ningún tipo de tratamiento previo. (41)

Una pequeña parte de la población rural cuenta con servicios de abastecimiento y, en muchos casos, el servicio de agua es discontinuo. Por este motivo, los pobladores la suelen almacenar en recipientes. La constante manipulación de estos recipientes incrementa las posibilidades de que el agua se vuelva a contaminar y, por consiguiente, que aumente el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales. El tratamiento y la desinfección efectiva del agua de consumo humano mejoran la calidad del agua. Pero en las áreas rurales se presenta una serie de factores que dificultan su ejecución. Estos factores están relacionados con aspectos políticos, económicos, sociales y culturales. Entre ellos están la ubicación geográfica; las dificultades en las vías de comunicación; una limitada inversión en infraestructura sanitaria y programas de desinfección, en personal de operación y mantenimiento de los sistemas de servicios de agua; los problemas de logística; un marco institucional no definido y la falta de líderes en las comunidades. En las zonas rurales los factores mencionados también dificultan la aplicación eficiente de los programas de vigilancia y control de la calidad del agua de consumo humano. Se requiere, entonces, identificar la forma de efectuar un monitoreo básico de la calidad del agua, lo que permitirá tomar decisiones en forma oportuna y evitar la transmisión de enfermedades hídricas. (42)

En los últimos años la OPS/CEPIS, el Programa de agua y Saneamiento del Banco Mundial (PAS - BM) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), están propiciando la realización de estudios para el mejoramiento de la calidad del agua en las áreas rurales, cuyos resultados puedan ser la base para un programa nacional de control de la calidad del agua, para desarrollar una metodología para evaluar la calidad del agua y seleccionar

indicadores del estado de la misma en los sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad, sin tratamiento. (19)

2.6. Descripción del distrito de Acos Vinchos

2.6.1. Límites y división política

El distrito de Acos Vinchos que tiene por capital y centro de gobierno la ciudad de Acos Vinchos. La superficie del distrito de Acos Vinchos es de 15 429,20 Ha y cuenta con una población de 6000 habitantes. (43)

El distrito de Acos Vinchos tiene por límites políticos administrativos los siguientes: por el norte con los distritos de Quinua y San Miguel, por el sur con el distrito de Acroco, por el este con el distrito de San Miguel, y por el oeste con los distritos de Quinua y Tambillo. (43)

2.6.2. Población

La población del distrito de Acos Vinchos se distribuye en 34 localidades, de las cuales sólo 8 son Comunidades Campesinas, con personería jurídica reconocida, estas son: Pamparque, La Colpa, Huaychao, Huamacocha, Matarilla, Ayahuarco, Pampana y Urpay; las restantes son 26 localidades, entre las cuales también existen caseríos y anexos, que tienen en su ámbito población con un importante aporte social y económico. (43)

La mayor cantidad de población se concentra en la zona urbana de Acos Vinchos y en Urpay (Bajo y alto). La población se encuentra en igual proporción de género (49,85 % son hombres y el 50,15% mujeres), prevaleciendo el mayor porcentaje de la población en el sector rural (Tabla 4). (43)

Tabla 4. Distribución de la población y viviendas del distrito de Acos Vinchos.

(43)

Localidades	N°.de habitantes		Cantidad 2011	Número de viviendas habitadas
	H	M		
Accomarca	55	57	112	20
Acos Vinchos Zona Urbana	380	376	756	170
Ccacce	87	89	176	30
Chasquiccata	74	76	150	50
Fundo Sanya	45	42	87	26
Huamanpampa	30	36	66	20
Huinchupata	190	183	373	60
Larampata	42	42	84	20
San Antonio de Yahuarcco	42	44	86	50
San Exaltacion Colpa	75	79	154	50
San Lucas	100	89	189	40
San Martin de Pamparque	96	99	195	20
San Pedro de Santa Lucía	15	17	32	30
Santa Cruz de Buena Vista.	125	128	253	20
Wiraccochan	23	25	48	7
Ccollpa	20	22	42	18
Chaupirara	2	3	5	3
Huayhuas	70	74	144	17
Paucarpata	72	74	146	28
San Juan de Pampana	58	62	120	38
Virgen del Carmen - Urpay	504	507	1011	169
Capillapata	45	41	86	30
Ccanobamba	99	105	204	26
Huaychao	195	198	393	80
Matarilla	82	85	167	45
Mayupampa	69	71	140	40
Ollucopampa	23	24	47	10
Quichcapata	24	20	44	10
Ustuna	44	45	89	15
Gómez	20	18	38	10
Lucas Pata	53	55	108	25
San Francisco de Chacabamba	25	28	53	10
San Pastor de Huamanccochoa	142	131	273	30
Santa Rosa de Huancarama	65	64	129	20
TOTAL	2991	3009	6000	1205

2.6.3. Servicios básicos

Según el censo del 2007 realizado por el INEI, en el distrito existen 2 255 viviendas, de las cuales el 84 % están ocupadas permanentemente, y de estas el 87% se ubican en la zona rural. Los servicios de saneamiento básico con los que cuenta la población es insuficiente, sobre todo en el área rural muchos de los

sistemas instalados no funcionan adecuadamente, los cuales repercuten en los inadecuados hábitos de higiene y los indicadores negativos de salud, influyendo básicamente en el incremento de la tasa de morbilidad infantil. (43)

En la capital distrital de Acos Vinchos, existen viviendas de material noble, aquellas que se ubican alrededor de la plaza. En el resto del distrito las viviendas son de material rustico, es decir, las paredes son de adobe, los techos son principalmente de teja o calamina, y generalmente el piso es de tierra. (43)

2.6.4. Acceso al servicio de agua

En el ámbito distrital la mayoría de los poblados (1 199 viviendas) tiene abastecimiento de agua, pero el agua que llega a sus hogares es agua sin tratar: Red pública dentro de la vivienda, red pública fuera de la vivienda, y pilón de uso público, la cual representa el 57 % mientras que el 43 % tiene acceso al agua de pozo, río, acequia, manantial o del vecino (Tabla 5). (43)

Tabla 5. Abastecimiento de agua potable del distrito de Acos Vinchos. (43)

Categorías	Viviendas	Urbana	Rural
Red pública dentro de la vivienda	344	110	234
Red pública fuera de la vivienda	247	12	235
Pilón de uso público	98	11	87
Pozo	158	9	149
Río, acequia, manantial o similar	230	3	227
Vecino	117	13	104
Otro	5	3	2
Total	1199	161	1038

Sobre el acceso de la población a las redes de agua potable, el estado garantiza a todas las personas el derecho de acceso a los servicios de agua potable, en cantidad suficiente y en condiciones de seguridad y calidad para satisfacer necesidades personales y domesticas. (28)

Según refiere la Municipalidad Distrital de Acos Vinchos en el ámbito distrital la mayoría de las comunidades cuentan con servicio de agua entubada, el 80% de

las viviendas cuentan con piletas públicas sin el tratamiento adecuado y el 20% de las familias tienen conexión a red domiciliario. (43)

De acuerdo al censo del Instituto Nacional Estadística e Informática realizado en el año 2005, de un total de 1 173 viviendas, solo el 11% de las viviendas del distrito de Acos Vinchos cuentan con servicio de agua potable dentro de la vivienda, el 31% de las viviendas utilizan el agua de los ríos, acequias, manantiales y el mayor porcentaje capta de otras fuentes lo cual son índices alarmantes, que ponen en riesgo la salud pública. (44)

Según el censo realizado el 2007 por el Instituto Nacional Estadística e Informática, de un total de 1 100 viviendas, el 29% de las viviendas del distrito de Acos Vinchos cuentan con servicio de agua potable dentro de la vivienda, el 32% de las viviendas utilizan el agua de los ríos, acequias, manantiales y el mayor porcentaje capta de otras fuentes lo cual son índices que siguen siendo alarmantes, que ponen en riesgo la salud pública. (45)

En los últimos años, algunos centros poblados han experimentado un crecimiento poblacional importante, de modo que la cobertura del servicio es deficitaria, por lo que se requiere la ampliación de los sistemas. Las poblaciones que no acceden a este servicio de agua son principalmente poblaciones de pequeños caseríos y anexos que no tienen acceso de carretera y en muchos casos se encuentran alejados. (43)

Se ha reportado que la mayoría de las localidades del distrito existe un descuido en la cloración del agua que se consume en las localidades debido a diversos factores: primero las JASS (Juntas de Administración de Servicios de Saneamiento) no están debidamente capacitados en administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable y sistema alcantarillado y en segundo lugar falta de factor económico para la compra del cloro. (43)

2.6.4.1. Sistema de abastecimiento de agua en el distrito de Acos Vinchos

El sistema de abastecimiento en el distrito de Acos Vinchos es esencialmente por gravedad simple sin planta de tratamiento, las fuentes de abastecimiento son manantiales en su mayoría. El sistema consta de: captación, conducción, reservorios, distribución y conexión domiciliaria y/o pileta pública. (43)

La Dirección General de Salud Ambiental Ayacucho ente representativa del Ministerio de Salud, realiza los trabajos de vigilancia y monitoreo a la población sobre la calidad de agua de consumo humano en el distrito de Acos Vinchos como parte de sus lineamientos de trabajo y de acuerdo a las normativas sanitarias de salud pública, en la que reporta los siguientes resultados: del total de la población del distrito de Acos Vinchos, el 52,7 % cuenta con el servicio de agua en su vivienda y el 18,8% tienen agua segura del cual solo el 14 % de la población beneficiada pertenece a la zona urbana y el 86 % a la zona rural. Lo más alarmante es que en el sector urbano no se da el servicio de agua segura para los usuarios. En las comunidades rurales de un total de 2 372 habitantes el 77,6 % de la población son parte del monitoreo y vigilancia que realiza el ministerio de salud a través de dirección de salud ambiental Ayacucho y 39,9 % tienen agua segura. (46)

Según la Tabla 6, las comunidades indicadas tienen el sistema de abastecimiento por gravedad simple y continuidad del servicio las 24 horas del día, el cual según referencia de los pobladores, el abastecimiento de agua es irregular debido que siempre se presenta las interrupciones del servicio en las temporadas de lluvia y/o secanos por daños en alguna parte del sistema. (46)

Tabla 6. Vigilancia del sistema de agua de consumo en las localidades del distrito de Acos Vinchos. (46)

Localidad	Población			Sistema de abastecimiento		Fecha de muestreo
	Total/hab	Servida/hab	%pob. servida	Tipo	Continuidad horas/día	
Capillapata	100	70	70,0	Gravedad simple	24	Mar-10
Ccanobamba	232	200	86,2	Gravedad simple	24	Mar-Jun 2010
Colpa	185	136	73,5	Gravedad simple	24	Feb-10
Hiunchupata	362	96	26,5	Gravedad simple	24	Mar-10
Huamampampa	20	18	90,0	Gravedad simple	24	Jun-10
Huaychao	336	320	95,2	Gravedad simple	24	Dic-10
Matarilla	201	185	92,0	Gravedad simple	24	Mar, May, Jun y Oct 2010
San Lucas	276	132	47,8	Gravedad simple	24	Jun-10
Sanya	109	95	87,2	Gravedad simple	24	Mar-10
Urpay	450	420	93,3	Gravedad simple	24	Mar, may y dic.2010
Ustuna	101	89	88,1	Gravedad simple	24	Mar, May, Jun, Jul Nov 2010
Acos Vinchos (urbana)	2653	300	11,3	Gravedad simple	24	Mar 2010
Población vigilada	5025	2142	42,62	Población con agua segura 948		

La mayoría de las comunidades rurales monitoreadas del distrito de Acos Vinchos, tienen en sus viviendas el servicio de agua en promedio 77% y lo que llama la atención es que en la capital del distrito de Acos Vinchos solo el 11% de la población cuenta con el servicio de agua para consumo humano (46). Según las determinaciones de cloro residual por la DIGESA en los grifos de las viviendas, se tienen que los resultados negativos siendo los trabajos de operación y mantenimiento nulos lo cual trae riesgos a la salud. (46)

Tabla 7. Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo según localidades del distrito de Acos Vinchos. (46)

Localidad	Parámetros bacteriológicos		pH	Cloro residual (ppm) 0.0-0.5 mg/l	Turbiedad mg/l	Conductividad
	Col. Total NMP/100 ml	Col. Fecales NMP/100ml				
Capillapata	2	4	9,1	1	---	529
Ccanobamba	---	---	---	1	---	---
Colpa	---	---	---	3	---	---
Hiunchupata	---	---	---	1	---	---
Huamampampa	---	---	---	1	---	---
Huaychao	---	---	---	1	---	---
Matarilla	---	---	---	7	---	---
San Lucas	12	24	8,1	1	9,48	3990
Sanya	---	---	---	1	---	---
Urpay	---	---	---	1	---	---
Ustuna	---	---	---	6	---	---
Acos Vinchos (urbana)	---	---	---	9	---	---

La concentración de cloro está en función al pH. Para un pH entre 6,5 y 7,4 la concentración de cloro residual combinado no debe superar 1 mg/l. Para un pH entre 7 y 8, no debe superar 1,5 mg/l. Finalmente si el pH está entre 8 y 9, el cloro combinado no puede superar 1,8 mg/l. En general, un valor de referencia para la concentración de cloro residual en agua potable es de 1,5 mg/l. De acuerdo esta lógica los niveles de cloro superan los límites máximos permisibles para población de Ustuna y Acos Vinchos lo cual es muy perjudicial para la salud. La turbiedad y la conductividad es otro de los parámetros que superan los límites máximo permisibles (Tabla 7). (43)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

El trabajo se realizó en el distrito de Acos Vinchos entre los meses de octubre a diciembre del año 2012.

3.1.1. Ubicación política

País : Perú
Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Acos Vinchos

3.1.2. Ubicación geográfica

El Distrito de Acos Vinchos se encuentra ubicado en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, al Nor-Este de la provincia de Huamanga y en el área septentrional del departamento de Ayacucho, entre los paralelos 13° 02' 00" y 13° 12' 30" de latitud sur y entre los meridianos 73° 58' 30" y 74° 07' 30" de longitud oeste. Se determinó la altura máxima en 4000 m.s.n.m. en el centro poblado de Machaycancha y una altura mínima de 2570 m.s.n.m. en el centro poblado de Pamparque. El distrito de Acos Vinchos se encuentra a 38 Km al NE de la ciudad de Ayacucho aproximadamente, y es accesible por vía terrestre.

3.2. Población objetivo

En el distrito de Acos Vinchos existen 34 comunidades de las cuales 31 poseen reservorios de agua para consumo humano en uso, sin planta de tratamiento, las tres comunidades restantes no cuentan con reservorios, ya que, los pobladores consumen agua de acequias aledañas, estas también fueron tomadas en cuenta.

3.3. Muestra

Se tomó en consideración el agua de consumo humano que proviene de los manantiales de las zonas altas del distrito que son almacenadas en reservorios (que se distribuyen a parte de la población) y los grifos domiciliarios y/o públicos de las comunidades del distrito de Acos Vinchos.

Además, se consideró las acequias, que es fuente de agua de algunas comunidades que carecen de agua entubada.

a. Número de muestras

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

- **Reservorios:** se muestrearon agua de consumo humano de todos los reservorios del distrito de Acos Vinchos, los cuales abastecen de agua a las comunidades o centros poblados.
- **Grifos domiciliarios y/o públicos:** se muestreó un grifo domiciliario de cada comunidad, ubicados distantes de los reservorios.
- **Acequias:** se muestrearon tres acequias que son utilizados como fuente de agua de consumo humano de tres centros poblados (Ccollpa, Gómez y Chaupirara) que no cuentan con agua entubada.

Se definieron 65 muestras (31 muestras de agua de los 31 reservorios, 31 muestras de agua de grifos domiciliarios y/o públicos (un domicilio por reservorio) y tres muestras de agua de acequia), el muestreo se realizó entre los meses de octubre a diciembre del 2012, haciendo un total de 138 muestras que

se distribuyeron de la siguiente manera: 10 reservorios y 10 grifos domiciliarios en tres oportunidades, 15 reservorios y 15 domicilios en dos oportunidades, seis reservorios y 6 domicilios con una sola muestra, además se muestrearon tres acequias en dos oportunidades cada una. La frecuencia del muestreo se realizó cada mes, en algunos casos por la lejanía y la inaccesibilidad a los reservorios y domicilios solo se tomó una muestra por comunidad, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 8. Frecuencia de muestreo y número de muestras analizadas.

Puntos de muestreo	Distribución de muestreo	Número de muestras	Frecuencia de muestreo	Subtotal de muestras
31 reservorios	10 reservorios	Una muestra por reservorio	3 veces	30
	15 reservorios		2 veces	30
	6 reservorios		1 vez	6
31 domicilios	10 domicilios	Una muestra por grifo domiciliario	3 veces	30
	15 domicilios		2 veces	30
	6 domicilios		1 vez	6
3 acequias	-	Una muestra por acequia	2 veces	6
65	TOTAL			138

Según CEPIS/OPS, (Anexo 15) la frecuencia de muestreo en sistemas rurales para una población abastecida menor de 1000 habitantes es tres muestras por año, es decir una muestra trimestral, por tal razón se determinó el número de muestra y la frecuencia.

3.4. Toma de muestra y transporte de muestras

Se utilizaron los métodos recomendados en las guías de la OMS (12) y de la APHA (*American Public Health Association*) (47), para el muestreo se dispuso de botellas de polietileno resistentes con tapa hermética estériles, las muestras fueron colectadas entre las 8:00 y 17:00 horas, el volumen final de cada muestra fue aproximadamente de 600 ml.

a. Muestreo en el reservorio. Para ello se dispuso de un cordón limpio de tres metros aproximadamente, se ató el frasco taparrosca estéril para luego dejarlo descender al interior del reservorio, sin tocar las paredes, se enjuagó el frasco de dos a tres veces con el agua del reservorio, luego ya tomada la muestra se cerró el frasco herméticamente para su acondicionamiento y transporte.

b. Muestreo en grifos. Previo a la obtención de muestra se verificó que el grifo reciba agua directamente del sistema de distribución y no de cisternas, tanques, etc., luego se retiró todos los materiales ajenos al grifo como: mangueras, jebes, hilos, etc. Seguidamente usando guantes quirúrgicos descartables se realizó la desinfección del grifo utilizando una solución de hipoclorito de sodio para eliminar cualquier tipo de contaminación; luego de la desinfección se removió completamente el hipoclorito antes del muestreo. Seguido se abrió el grifo completamente y se dejó correr el agua durante dos ó tres minutos para eliminar impurezas y agua acumulada en el interior de las tuberías, se enjuagó el frasco de dos a tres veces con el agua del grifo, en el momento de la toma de muestra se restringe el flujo de la llave para que no salpique al frasco. Se cogió el frasco de la base, dejando un vacío de aproximadamente 2,5 cm del borde, espacio que posibilita 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.

c. Muestreo en acequias

Se enjuagó el frasco de dos a tres veces con el agua de la acequia, se cogió el frasco de la base, dejando un vacío de aproximadamente 2,5 cm del borde, espacio que posibilita la homogenización de la muestra antes de iniciar el análisis, luego ya tomada la muestra se cerró el frasco herméticamente, se rotuló para su acondicionamiento y transporte.

d. Transporte y preservación de muestras

Las muestras fueron dispuestas en un “cooler” a una temperatura aproximada de 4 – 10°C, para su preservación y transporte a los Laboratorios de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su respectivo análisis.

3.5. Análisis microbiológicos de muestras de agua

Las muestras fueron llevadas al laboratorio en un *cooler* a 4°C, para ser procesadas antes de las 24 horas que rige la norma, para realizar la detección y numeración de gérmenes siguiendo las recomendaciones de los Métodos estándar para análisis de agua (47), considerándose los siguientes indicadores microbianos de calidad del agua para consumo humano: Numeración de coliformes totales y coliformes termotolerantes (fecales), por el método de filtro de membrana y numeración de bacterias heterotróficas mesófilas viables por el método de siembra por incorporación en placa.

3.5.1. Recuento de coliformes totales y coliformes termotolerantes (fecales). (47)

El método consistió en utilizar como medio de cultivo el agar m-Endo y el agar m-FC para detectar y enumerar coliformes totales y coliformes termotolerantes respectivamente.

Procedimiento:

- Se tomó un volumen de 100 ml de muestra, sin hacer diluciones, la cual se filtró mediante el equipo de filtración (debidamente esterilizado) con la ayuda de una bomba de vacío a través del filtro de membrana de 0,45 µm de porosidad.
- Luego con ayuda de la pinza estéril se retiró la membrana de la unidad de filtración para ser colocada con cuidado en una placa con medio de cultivo el

cual fue preparado y plaqueado previamente, los medios de cultivo utilizados fueron m-ENDO y medio m-FC para detectar y cuantificar coliformes totales y coliformes termotolerantes, respectivamente.

- Seguidamente se envolvieron las placas en papel en posición invertida para que no pierdan humedad y se incubaron, para el caso de coliformes totales 35 °C por 48h. y para coliformes termotolerantes a 44,5°C por 24h.
- Transcurrido el periodo de incubación se procedió a la lectura, para el recuento se consideraron las colonias color rosa a rojo oscuro con un brillo metálico dorado o verde amarillento como coliformes totales y para el recuento de coliformes termotolerantes se consideraran las colonias color azul, reportando para ambos conteos como unidades formadoras de colonias por cien mililitros (UFC/100ml).

3.5.2. Recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables. (47)

Para ello se empleó la técnica siembra por incorporación (*pour plate method*).

Procedimiento:

- Se preparó agar *Plate Count* necesario, luego se esterilizó en autoclave y se preservó en refrigeración. Se marcaron las placas con el número de muestras, la dilución y fecha.
- Se agitó el frasco con la muestra de agua y se realizaron diluciones en agua peptonada estéril al 0,1%, dependiendo del grado de contaminación o turbidez que tenga la muestra, en este caso se realizó hasta 10^{-3} para algunas muestras.
- Luego se adicionó un volumen de 1ml de la muestra diluida a una placa estéril para luego agregar agar *Plate Count* licuado y temperado a 45°C a la placa.
- Seguidamente se homogenizó la placa tapada mediante movimientos rotatorios (en forma de ocho) repetidas veces sobre la mesa, luego se dejó

solidificar, se envolvieron las placas con papel y se incubaron de forma invertida a 35°C por espacio de 48 horas.

- Al cabo de este tiempo se hizo el recuento de las colonias que desarrollaron y se reportaron en UFC/ml.

3.6. Análisis fisicoquímicos de muestras de agua

Los análisis se realizaron a través de métodos volumétricos, colorimétricos, electrométricos y nefelométrico, recomendados la SUNASS. (47,48)

pH. Se determinó por el método electrométrico, utilizando un pH-metro, con la prueba de test digital HI 993127 (HANNA). Se colocó 100 ml de muestra en un vaso de 150 ml luego se sumergió el electrodo previamente lavado con agua destilada dentro de ella, y se esperó que la lectura sea estable para registrar.

Sólidos totales disueltos. Se realizó mediante el método electrométrico (48), 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 de sólidos totales disueltos en la muestra, hasta que la medida que se muestra se estabilice. El resultado se expresó en ppm.

Conductividad eléctrica. Se determinó por el método electrométrico (48). Para ello se efectuó la medición sumergiendo el sensor de conductividad dentro de un vaso que contenía la muestra, se agitó el sensor en el fondo del vaso hasta estar seguro de que no haya burbujas de aire atrapadas cerca del electrodo, se dejó pasar aproximadamente 10 segundos para que la celda se estabilice antes de tomar la lectura, luego se leyó la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Turbidez. Se realizó con un turbidímetro HACH modelo 2100^a, mediante el método nefelométrico (48). 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 NTU (unidades nefelométricas de turbidez).

Alcalinidad. Se determinó por el método volumétrico (48) con ácido sulfúrico estándar (H_2SO_4) a una concentración de 0,02 N. Se colocó 100 ml de la muestra de agua en un matraz y se le adicionó 4 gotas de fenolftaleína, en todas las muestras la alcalinidad fenolftaleínica fue 0. Luego se le añadió dos gotas de anaranjado de metilo, se homogenizó. Por último se tituló con ácido sulfúrico estándar (H_2SO_4) hasta el viraje de color a un amarillo anaranjado, se registró el gasto de ácido en ml (B) para aplicar la fórmula. Los resultados fueron expresados en mg $CaCO_3/L$.

$$\text{Alcalinidad total: mg } CaCO_3/L = \frac{B \times N \times 50\,000}{ml \text{ muestra}}$$

Donde:

B: ml de H_2SO_4 estándar usado en la segunda titulación.

N: normalidad del ácido sulfúrico utilizado en la titulación (estándar).

Dureza total. Se determinó por el método volumétrico con EDTA (48).

Se puso 50 ml de muestra de agua en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml, luego se añadió 3 ml de solución tampón para análisis de dureza, seguido se le agregó 4 gotas de negro de eriocromo T, y se agitó cuidadosamente para homogenizar.

Luego se tituló con EDTA (0,01M) hasta que se obtenga un color azul verdoso, se anotó el gasto del EDTA y se le aplicó la fórmula. Los resultados fueron expresados en mg $CaCO_3/L$.

$$\text{Dureza total: mg } CaCO_3/L = \frac{A \times 1000}{ml \text{ muestra}}$$

Donde:

A: Gasto de solución de EDTA (0,01M).

Cloruros. Se determinó por el método volumétrico (48).

Se tomó 100 ml de agua destilada como blanco y 50 ml de cada muestra en un matraz y se le añadió 1 ml de solución indicadora (K_2CrO_4), el color se tornó a un amarillo brillante.

Luego se tituló con solución de $AgNO_3$ 0,0141 N hasta obtener un color amarillo rosáceo se anotó el gasto del blanco "B" y de las muestras "A" para los cálculos respectivos. Los resultados se expresaron en mg Cl/L.

$$\text{Cloruros: } mg \text{ Cl/L} = \frac{(A-B) \times N \times 35450}{ml \text{ muestra}}$$

Donde:

A: ml de $AgNO_3$ 0,0141 N gasto de muestra.

B: ml de $AgNO_3$ 0,0141 N gasto del blanco.

(A-B) = Gasto real de solución de $AgNO_3$

N = Normalidad de la solución de $AgNO_3$

Cloro residual. Este parámetro fue medido al momento de la toma de muestra, por el método colorimétrico del DPD (dietil-1,4-fenilendiamina) (22), la intensidad del color del indicador se comparó en forma visual con una escala de estándares. El cloro libre residual reacciona directamente con el DPD y forma un compuesto de color rojo grosella. El resultado se reportó como mg/l.

3.7. Análisis de datos

Los resultados obtenidos fueron ordenados y analizados en fichas, calculándose promedios los cuales se presentan en tablas y figuras.

IV. RESULTADOS

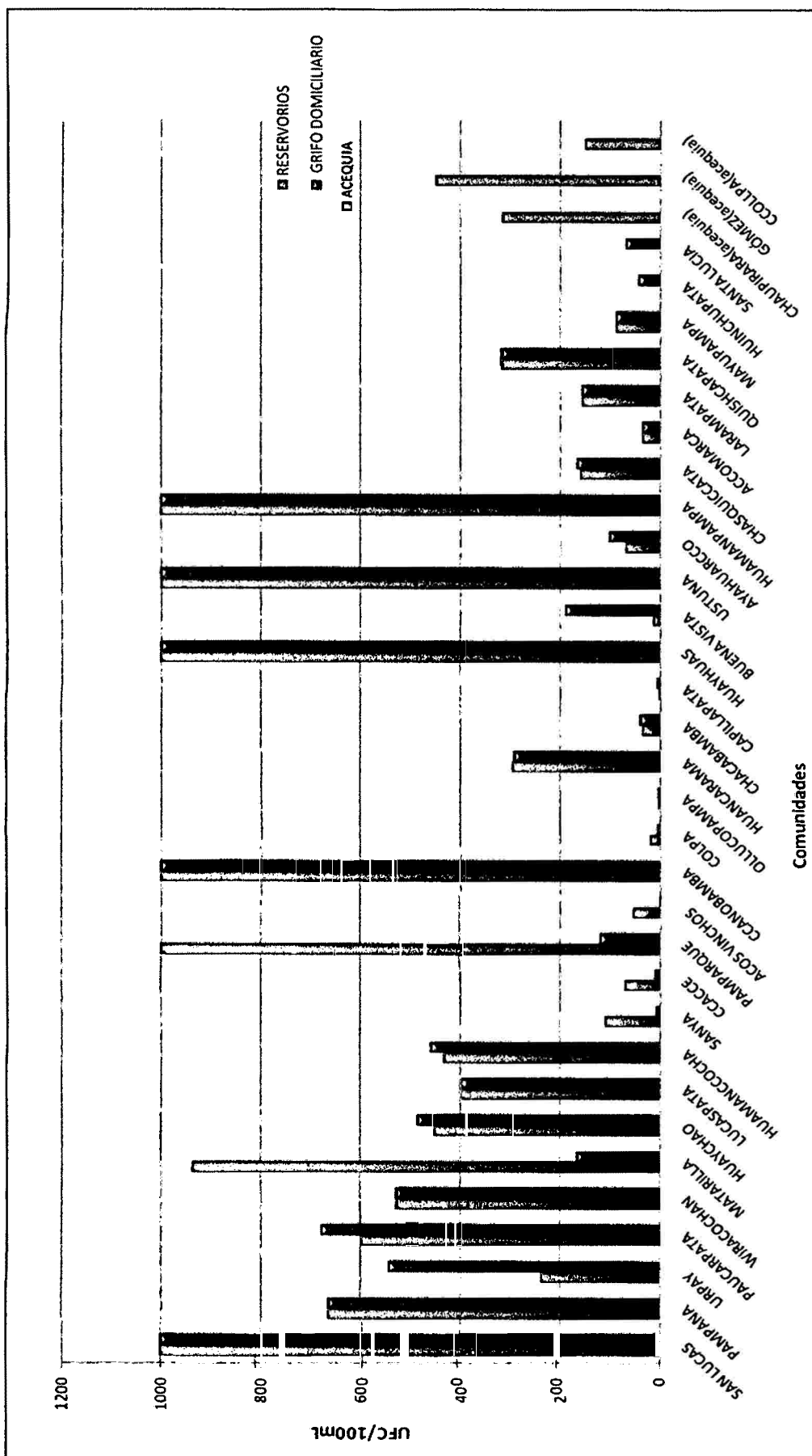


Figura 1. Número promedio de UFC/100 ml de coliformes totales en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.

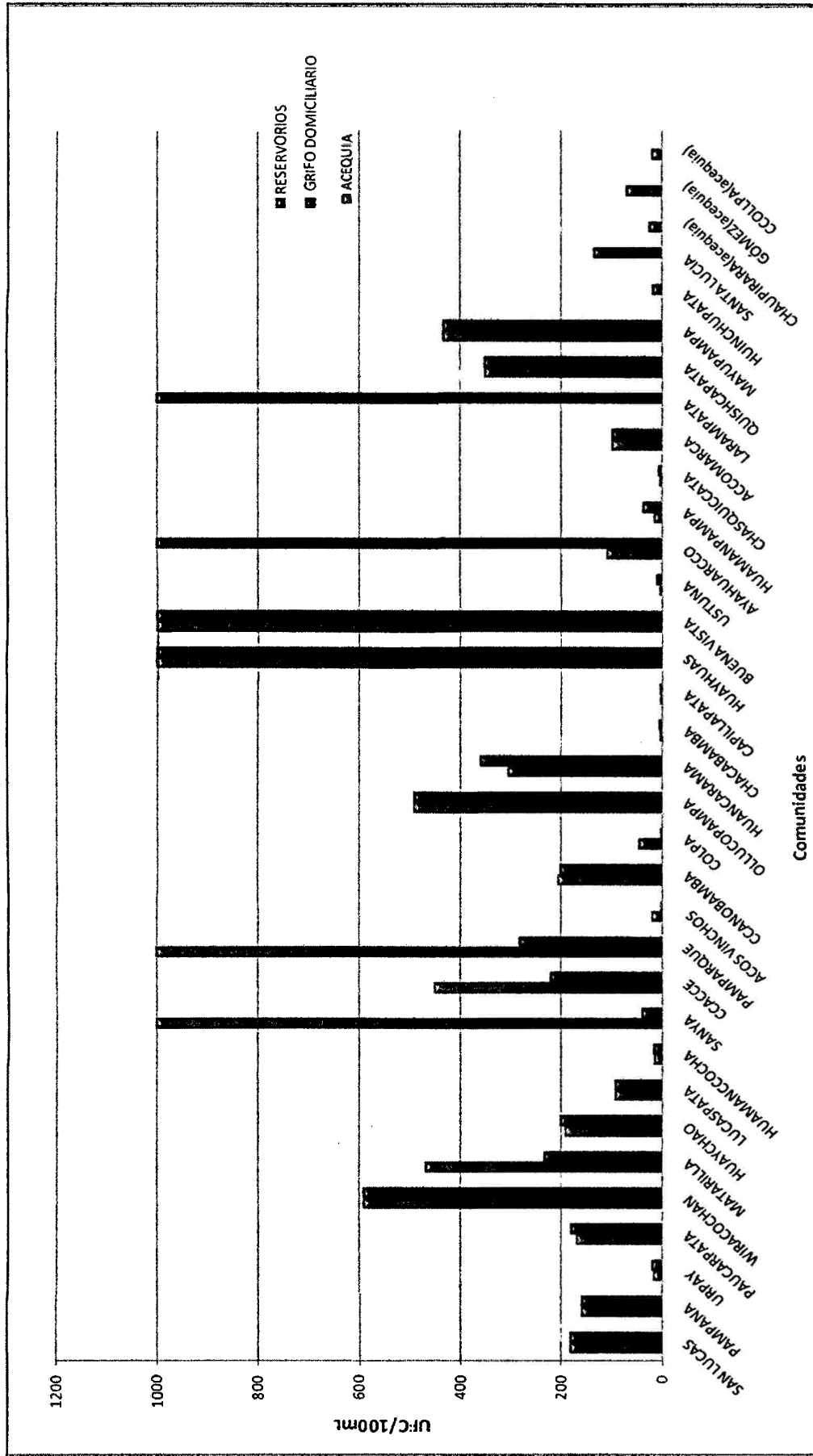


Figura 2. Número promedio de UFC/100 ml coliformes termotolerantes en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.

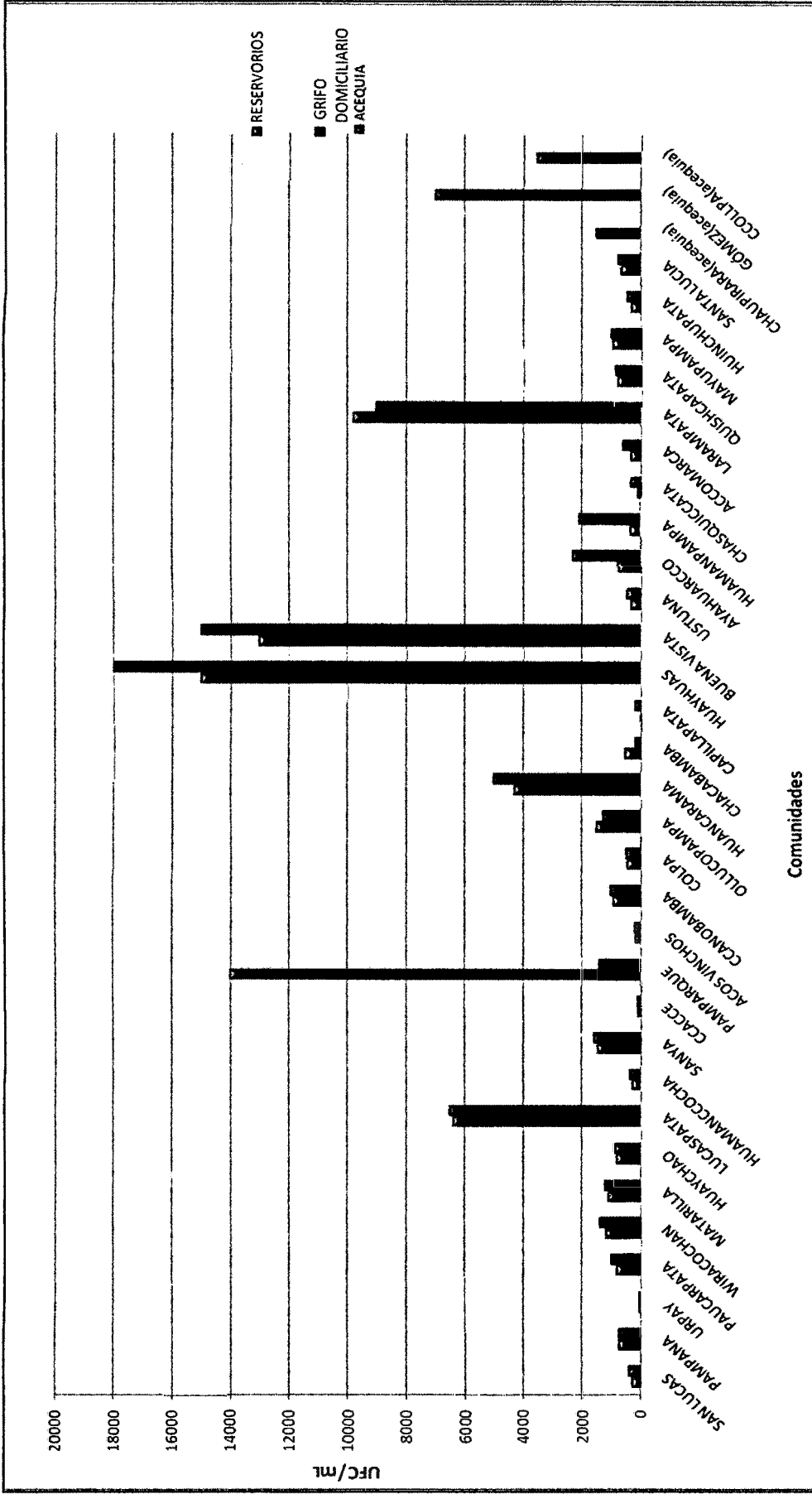


Figura 3. Número promedio de UFC/ml de bacterias heterotróficas mesófilas viables en muestras de agua de las comunidades del distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos determinados en el agua de consumo humano del Distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.

Comunidad	pH		Conductividad $\mu\text{s/cm}$		Sólidos totales disueltos ppm		Alcalinidad mgCaCO_3/L		Dureza total mgCaCO_3/L		Cloruros mgCl/L		Turbidez NTU		Cloro residual mg/l
San Lucas	8,8	8,8	174	174	87	87	107	107	110	110	0,14	0,14	5,4	2,9	0
Pampana	9,0	8,8	211	206	105	103	110	124	160	118	0,14	0,20	6,2	2,5	0
Urpay	8,0	7,6	171	165	87	82	90	90	170	84	0,28	0,11	2,8	1,2	0
Paucarpata	7,5	7,2	52	24	26	12	34	20	72	56	0,17	0,28	3,8	1,8	0
Wiracochan	7,5	7,5	25	25	13	13	20,5	20,5	70	70	0,11	0,11	1,8	0,9	0
Matarilla	7,3	7,7	111	77	55	38	70	44	134	90	0,08	0,14	1,4	1,1	0
Huaychao	7,6	7,6	43	43	21	21	30	30	98	98	0,14	0,14	1,9	1,2	0
Lucaspata	7,3	7,3	20	20	13	13	21	21	42	42	0,14	0,14	3,0	1,1	0
Huamanccocha	7,6	8,7	93	10	46	5	54	31	90	14	0,17	0,17	12,3	1,7	0
Sanya	7,6	7,9	174	92	87	45	24	52	100	48	0,18	0,14	1,1	0,6	0
Ccacce	7,9	7,9	34	35	17	17	22	19	80	32	0,18	0,17	1,5	1,1	0
Pamparque	7,7	7,7	496	492	247	248	28	28	320	280	0,34	0,28	5,4	0,8	0
Acosvinchos	8,2	6,3	325	206	163	102	96	126	200	124	0,20	0,20	15,9	8,4	0
Ccanobamba	7,5	8,2	137	140	68	70	75	74	68	78	0,23	0,23	1,9	1,6	0
Colpa	7,8	7,9	54	66	27	33	30,5	31	24	52	0,28	0,17	2,9	0,7	0
Ollucopampa	7,8	7,8	44	44	22	22	24	24	56	56	0,14	0,14	13,2	7,6	0
Huancarama	7,8	7,5	40	42	20	21	23	24	54	36	0,14	0,20	4,5	1,9	0
Chacabamba	7,6	7,6	20	20	10	10	5	5	14	14	0,17	0,17	0,5	0,9	0
Capillapata	9,2	9,2	34	34	17	17	20	20	36	36	0,17	0,17	18,2	10,3	0
Huayhuas	7,9	7,9	31	31	15	15	22	22	42	42	0,14	0,14	18,4	9,7	0
Buena vista	7,9	8,0	164	165	82	83	90	87	92	92	0,14	0,14	3,8	3,8	0
Ustuna	10,3	10,3	177	177	88	88	22	22	42	42	0,34	0,34	1,5	0,9	0
Ayahuarcco	7,7	7,8	75	76	37	38	35	36	44	46	0,14	0,17	18,1	2,6	0
Huamanpampa	8,3	7,7	251	65	125	32	140	36	150	34	0,17	0,20	1,2	0,9	0
Chasquiccata	7,8	7,8	216	216	108	108	94	94	76	76	0,51	0,51	4,7	1,7	0
Accomarca	8,0	8,0	205	205	107	107	95	95	122	122	0,54	0,54	4,9	2,0	0
Larampata	7,6	7,6	356	356	178	178	190	190	220	220	0,28	0,28	5,8	2,2	0
Quishcapata	8,1	8,1	128	128	64	64	75	75	76	76	0,20	0,20	2,2	0,8	0
Mayupampa	8,1	8,1	47	47	23	23	25	25	24	24	0,20	0,20	7,1	3,86	0
Huinchupata	7,9	7,8	160	146	80	73	21	33	45	100	0,54	0,42	2,0	2,11	0
Santa Lucia	7,4	7,3	145	198	73	96	27	64	23	122	0,56	0,51	0,1	0,43	0
PROMEDIO	8,0	7,9	136	120	68,1	60	55,5	53,9	121	78,5	0,23	0,22	5,6	2,5	0
LMP (DIGESA)	6,5-8,5		1500		1000		--	--	< 500		<250		< 5		0,4-0,6

GRIFOS DOMICILIARIOS

RESERVIOS

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos del agua de acequias del Distrito de Acos Vinchos, octubre a diciembre del 2012.

Parámetros Comunidad	pH	Conductivida d μs/cm	STD ppm	Alcalinidad mgCaCO3/L	Dureza total mgCaCO3/L	Cloruros mgCl/L	Turbidez NTU
Chaupirara	8.5	35	17	30	64	0.141	65.4
Gómez	7.9	34	17	22	80	0.1833	14.8
Ccollpa	7	39	19	17	24	0.334	9.5
LMP (DIGESA)	6,5 - 8,5	1500	1000	--	< 500	<250	< 5

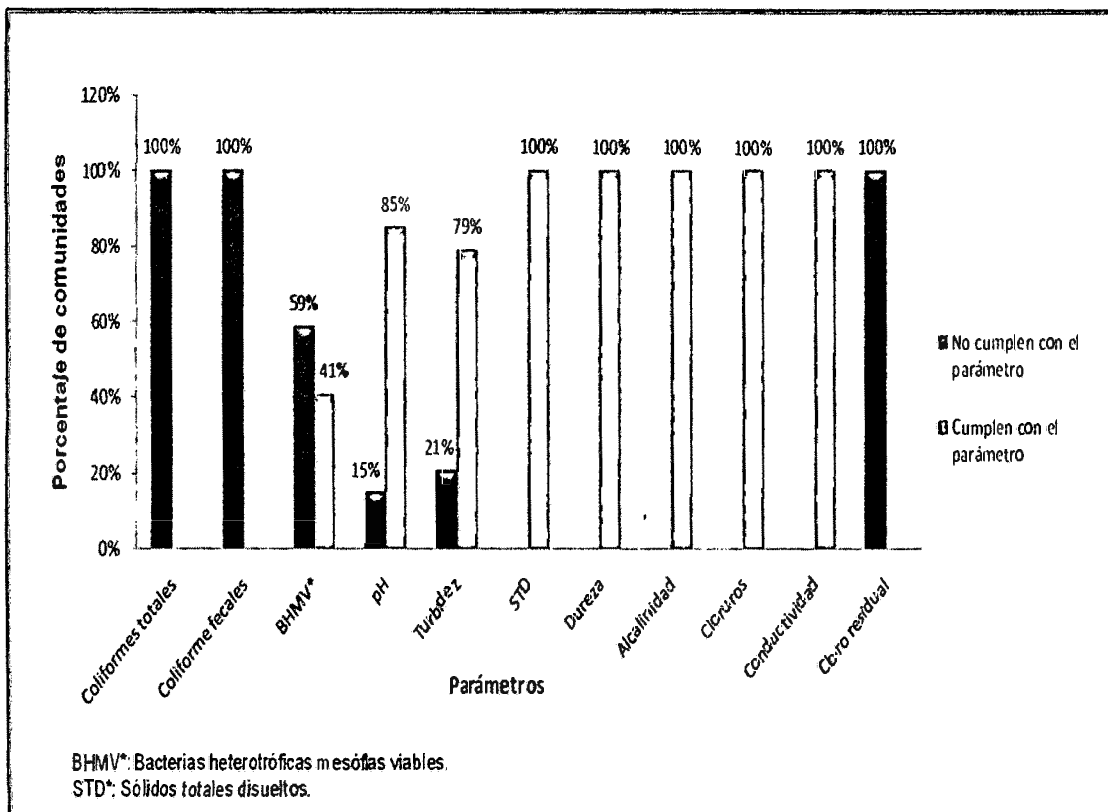


Figura 4. Porcentaje de comunidades respecto a parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua de consumo humano, octubre a diciembre del 2012.

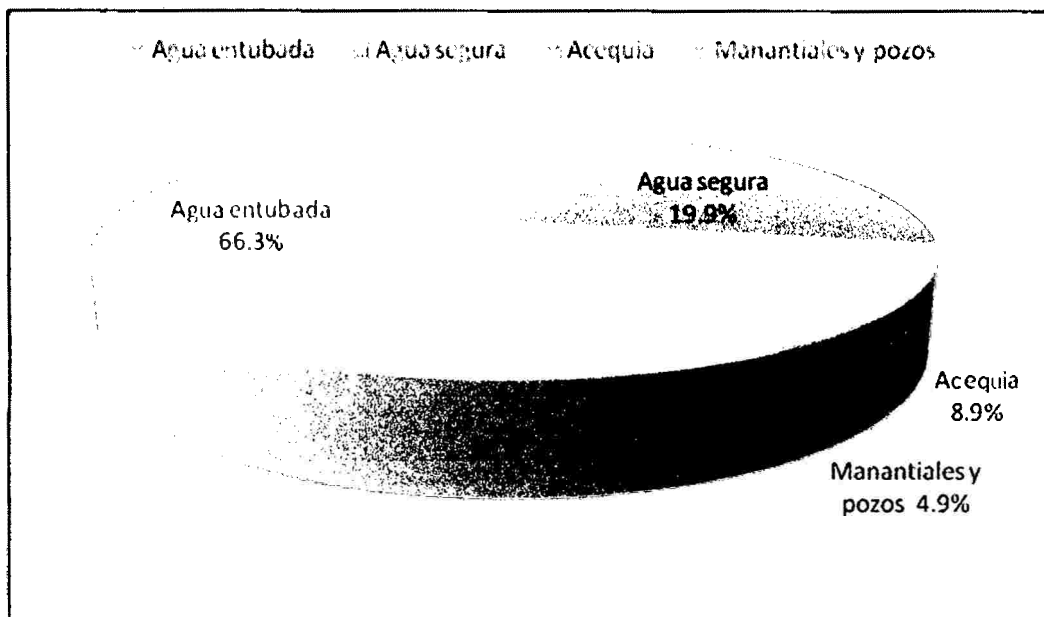


Figura 5. Tipo de abastecimiento de agua de consumo humano en viviendas del Distrito de Acos Vinchos 2012. (43)

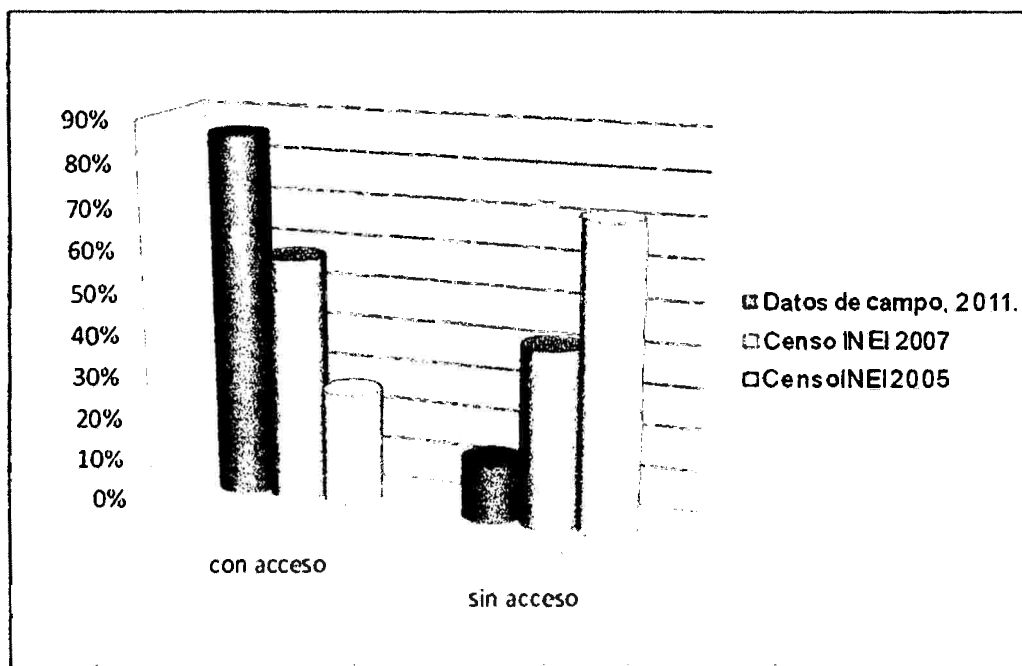


Figura 6. Niveles de acceso al servicio de agua de la población de Acos Vinchos. (49)

V. DISCUSIÓN

En la Figura 1 y 2 se observa el número de coliformes totales y fecales, respectivamente, hallados en las muestras de agua de consumo humano de los reservorios, grifos domiciliarios y acequias muestreados en el distrito de Acos Vinchos durante los meses de octubre a diciembre del 2012, donde de un total de 138 muestras de agua analizadas el 100% de ellas supera el límite máximo permisible, cuantificándose dentro de un rango de 1 a 1000 unidades formadoras de colonias por 100 mililitros de muestra (UFC/100ml) para coliformes totales y para coliformes termotolerantes, tanto en reservorios como en domicilios, estos dos indicadores determinan la calidad sanitaria del agua, lo que la hace potencialmente peligrosa para la salud humana, los valores guía de la organización mundial de la salud (OMS) y las normas técnicas peruanas (DIGESA) establecen que el agua destinada para consumo humano no debe contener ninguno de estos dos indicadores.

En el ámbito distrital la mayoría de los poblados (1 199 viviendas) (49) tiene abastecimiento de agua por gravedad simple y continuidad del servicio las 24 horas del día, el cual según referencia de los pobladores el abastecimiento de agua es irregular debido que siempre se presenta las interrupciones del servicio en las temporadas de lluvia y/o secanos por daños en alguna parte del sistema. El agua que llega a sus hogares es agua entubada (agua sin tratar),

proveniente en su mayoría de manantiales, los cuales son captados desde su punto de origen, sin los cuidados técnicos necesarios, ya que, no están debidamente protegidos contra el paso de personas y animales los cuales transitan contaminando con residuos o disponiendo de sus excretas cerca a la fuente de agua, sin contar con que en varios puntos las tuberías están deterioradas o rotas dejando el agua expuesta al ambiente. En la Figura 1 también se puede observar que en algunos casos el número de coliformes totales en los reservorios es menor al que se obtuvo en los domicilios, esto debido a que en el recorrido del agua por las tuberías, se presentan averías en las mismas y la falta de mantenimiento y limpieza de las mismas, hacen que se contamine hasta la llegada a los hogares; y también ocurre lo contrario, es decir, la cantidad de coliformes totales es mayor en el reservorio y menor en los domicilios, esto debido a que el agua que ingresa al reservorio con cierta turbiedad, al permanecer estancada por cierto tiempo, la pierde por decantación y los microorganismos suspendidos en las partículas reposan en la base del reservorio.

Allen (21) señala que dentro de los coliformes totales (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia* y *Escherichia*) algunos géneros se encuentran en grandes cantidades en el ambiente acuático, terrestre y vegetación y no están asociados necesariamente a una contaminación de origen fecal, pero estas bacterias no deberían hallarse en los sistemas de abastecimiento de agua, y si ocurriese lo contrario, ello nos indicaría que el tratamiento del agua es deficiente; por otro lado Aurazo (22) denomina como coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo coliformes totales como son el género *Escherichia* y ocasionalmente *Klebsiella*, las que se encuentran naturalmente en el sistema digestivo de los animales homeotérmicos incluido el hombre, y que están estrechamente 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 una 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 en su mayoría no están bien protegidos presentan rajaduras en sus estructuras, carecen de tapas en buen estado, todo ello, permite que el agua se contamine.

En la Figura 3 se observa el número de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) hallados en las muestras de agua de consumo humano de los reservorios, domicilios y acequias muestreados en el distrito de Acos Vinchos durante los meses de octubre a diciembre del 2012, donde de un total de 138 muestras de agua analizadas el 59% de ellas supera el LMP, cuantificándose dentro de un rango de 540 a 18×10^3 UFC/ml de colonias de BHMV por mililitro de muestra, y el 41% de muestras están dentro de los LMP cuantificándose entre un rango de 20 a 450 UFC/ml. Para ser considerada agua destinada para consumo humano, los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y las normas técnicas peruanas (DIGESA) (46) establecen un límite máximo permisible (LMP) de 500 UFC/ml para ser considerada agua destinada para consumo humano, estos resultados muestran la deficiente calidad higiénica del agua que utiliza la población como consecuencia del ineficiente e incluso nulo tratamiento del agua de consumo en algunas comunidades, al igual que el mal estado en el que se encuentran los reservorios y las tuberías de distribución.

En la Tabla 9 se muestran los promedios de valores de los análisis fisicoquímicos determinados en muestras de agua de consumo humano del

distrito de Acos Vinchos durante los meses de octubre a diciembre del 2012, donde se analizaron ocho parámetros fisicoquímicos a un total de 138 muestras de agua, para los cuales la OMS y las normas técnicas peruanas establecen rangos y LMP que debe contener el agua de consumo humano para que no constituya un riesgo en la aceptación y salud de los consumidores. Los valores promedio obtenidos en los parámetros de conductividad y pH fueron de 120 a 135 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 7,9 a 8,0 respectivamente, encontrándose ambos dentro de los rangos y LMP establecidos en las normas para agua de consumo humano, es necesario mencionar que en algunas muestras provenientes de los reservorios el pH fue mayor a 8,5, lo que por recomendación de la OMS debe ser menor que 8, de esta manera se garantiza que actúen los desinfectantes como el cloro, que por cierto en la mayoría de las comunidades del Distrito, no es empleado con regularidad, según el estudio realizado, se ha reportado que en la mayoría de las localidades del distrito existe un descuido en la cloración del agua que se consume debido a diversos factores, las Juntas de JASS no están debidamente capacitados en administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable ni en el sistema de alcantarillado, además la carencia de recursos económicos para la compra del cloro, ya que no existe un monto destinado en el presupuesto municipal para este fin, lo que es muy preocupante, por otro lado, la limpieza que realizan a los reservorios es trimestral o anual según informan las autoridades y el tratamiento que se efectúa consiste en echar pastillas de cloro por cada 100 litros de agua, llegando a una concentración final de 0,2 – 0,5 ppm, pero al realizar el análisis de cloro residual arrojaron valores cero, es decir no presentaron cloro residual, lo que refleja la realidad observada. Como ya se dijo en algunos reservorios se encontraron algas y alta turbiedad lo que dificulta que el cloro actúe como debe ser, ya que estas partículas presentes consumen el cloro, evitando que este inhiba el crecimiento de los organismos patógenos.

Los reservorios y red de tuberías en muchos de los casos se encuentran deteriorados, otros malogrados, y en otros casos anulados, razón por la cual requieren la pronta rehabilitación, reparación y/o mejoramiento. La mayoría de los sistemas en operación no reciben tratamiento de clorado alguno o si lo reciben es esporádicamente, por tanto se considera solamente como agua entubada. En la capital distrital, el 80% de las viviendas tienen conexión domiciliaria. En el resto de los barrios o centros poblados también hay instalaciones de redes públicas que alimentan las piletas familiares y en algunos casos piletas públicas.

Los valores obtenidos de conductividad, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total y cloruros fueron en promedio de 120 a 136 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 60,1ppm – 68,1 ppm, 53,9 – 55,5 mg CaCO_3/L , 78,5 – 121 mg CaCO_3/L y de 0,22 – 0,23 Cl/L respectivamente, los cuales no superan los LMP establecidos por la normatividad actual, en el caso de la turbidez los reservorios reportaron en promedio 5,62 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) y los domicilios 2,58 UNT, aunque cabe mencionar que en el 21% de muestras de agua de los domicilios el valor de la turbidez fue mayor a 5 UNT, siendo el valor más alarmante el registrado de 18,4 UNT en la comunidad de Huayhuas, siendo esta agua demasiada turbia para ser apta para consumo humano, puesto que, la turbiedad le confiere mal aspecto y puede estar sujeta a algún tipo de contaminación, especialmente bacteriológica, siendo esta agua de mala calidad, por lo que se refleja en los resultados microbiológicos, cabe mencionar que la OMS a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (19) recomienda que el agua al momento de agregar el desinfectante debe contener un promedio de turbiedad de 1,0 UNT para que el desinfectante (cloro) actúe eficientemente en la remoción de la carga microbiana, ya que en el proceso de eliminación de los organismos patógenos las partículas

causantes de la turbiedad reducen la eficacia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el 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 del consumidor.

En la Tabla 10 se muestran los promedios de valores de los análisis fisicoquímicos determinados en muestras de agua de consumo humano de las tres acequias de las comunidades de Chaupirara, Gómez y Ccollpa donde, por las condiciones de estas fuentes de agua que están expuestas al medio ambiente los parámetros de turbiedad sobrepasan notablemente el LMP, pero la carga microbiana de estas fuentes en comparación con el agua de algunos reservorios están menos contaminados, pero no cumplen con los LMP. Con respecto a los demás parámetros, todos se encuentran dentro de los LMP, por ello se podrían utilizar previo tratamiento convencional.

Según el padrón general de agua de consumo humano en la ciudad de Acos Vinchos existe un total de 242 usuarios y 191 empadronados de la comunidad de San Lucas, ambas comunidades con un alto grado de morosidad para el pago por los servicios de agua, el cual es uno de los limitantes para realizar trabajos de operación y mantenimiento por la unidad de servicios públicos de la municipalidad distrital de Acos Vinchos.

En los últimos años, las comunidades de Urpay, Huaychao y la ciudad de Acos Vinchos han experimentado un crecimiento poblacional importante de modo que la cobertura del servicio de agua es deficiente siendo necesario realizar los estudios para los trabajos de ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable. Según los registros de campo la población que no accede a este servicio son poblaciones de anexos que se encuentran alejados. En la comunidad de Huamancocha las instalaciones del sistema de agua potable

data del año 1997 construida por la Municipalidad. La captación esta en mal estado, las líneas de conducción de tubos PVC de 1" diámetro con roturas y por el deslizamiento de la tierra ya amerita cambiarlos; los reservorios de 12 m³, válvulas de control y purga ya se encuentran en mal estado y no es suficiente para almacenar el agua y abastecer con toda normalidad a la población; las líneas de distribución, los caños están en mal estado por falta de cuidado y mantenimiento por parte de los beneficiarios. La comunidad de Accomarca cuenta con el servicio de agua entubada siendo las temporadas de lluvia las que afecta a los sistemas de conducción desde la fuente de captación hasta la distribución, y dejando sin el servicio de agua por semanas a la población. Actualmente no se logrado restablecer la cobertura constante del servicio debido que las fuertes lluvias de la temporada del año 2011 que ha dañado tubos de conducción y distribución, que la comunidad ha remplazado provisionalmente con mangueras.

En la Figura 5 se muestra los resultados de las encuestas realizadas en el distrito por el proyecto "Fortalecimiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial del distrito de Acos Vinchos. Huamanga, 2012" (43), donde de una muestra de 620 pobladores encuestados, respondieron frente a la pregunta de abastecimiento de agua: el 66,3% de la población consume agua entubada, el 19,9% de la población consumen agua segura (la desinfecta antes de beberla con métodos caseros), el 8,9% de la población encuestada consume agua de acequia, un 3,1 % consumen de pozos y un mínimo porcentaje (1,8%) agua de los manantiales, que sumados hacen un total de 4,9%. Teniendo como población total 6000 habitantes en el distrito, se estima que solo el 12,3% de la población cuenta con el servicio de agua entubada pero no de buena calidad.

Se hizo una comparación del acceso al servicio de agua, en la Figura 6 se puede observar, que desde el 2005 al 2011, se ha incrementado el número de

población que tiene acceso al servicio de agua en sus viviendas, tanto en la zona urbana como en la zona rural, este servicio de agua está definido como el suministro de agua entubada, ya sea en los domicilios o fuera de estos, 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. Se pudo observar que el cuidado y administración de los reservorios en todo el distrito, no es el óptimo para lograr un servicio de calidad, por muchas deficiencias, lo que lleva a poner vital atención en este punto, puesto que el agua es el principal recurso para poder tener una buena calidad de vida de los pobladores de estas zonas, que también merecen tener agua de calidad para poder realizar sus actividades de higiene, preparación de alimentos y demás asegurando que el recurso que están utilizando no les va a causar daño.

La DIGESA-Ayacucho ente representativa del MINSA, realiza los trabajos de vigilancia y monitoreo sobre la calidad de agua de consumo humano en el distrito de Acos Vinchos como parte de sus lineamientos de trabajo y de acuerdo a las normativas sanitarias de salud pública, en el informe del 2010 (46) reporta los siguientes resultados: del total de la población del distrito el 42,7 % cuenta con el servicio de agua en su vivienda y solo el 18,8% tienen agua segura en la zona urbana. Lo más alarmante es que en el sector urbano no se brinda agua de buena calidad para todos los usuarios. En las comunidades rurales de un total de 2 372 habitantes el 77,6 % de la población son parte del monitoreo y vigilancia y solo 39,9% tienen agua segura. Según las determinaciones de cloro residual por la DIGESA en los grifos de las viviendas, se tienen que los resultados están por debajo de los rangos establecidos (0,4 -0,6 ppm de cloro residual) siendo los trabajos de operación y mantenimiento nulos lo cual trae riesgos a la salud.

Miranda *et al.* (50) entre los años 2007 y 2010, evaluó la presencia de coliformes totales y *E. coli* en muestras de agua de 2310 hogares (Lima metropolitana, costa, sierra urbana, sierra rural y selva) y la presencia de cloro libre en muestras de agua para consumo tuvo como resultado que la proporción nacional de hogares con cloro libre adecuado en el agua para consumo, alcanza a 19,5% del total, mientras que la correspondiente a agua libre de coliformes y *E. coli* asciende a 38,3%. Existe una marcada diferencia de los resultados por área de residencia (los ámbitos más afectados fueron sierra rural y selva). Existiendo una gran desventaja en hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza, para acceder al consumo de agua de calidad. Esta situación representa un serio problema para el control de las enfermedades diarreicas y la desnutrición infantil, similar situación se observó en el presente estudio donde el agua para consumo humano de las áreas rurales en un 100% no cumplen con los parámetros microbiológicos ni con las concentraciones de cloro libre mínimo para considerarse aptas para el consumo humano, al igual que en nuestro estudio.

En Nicaragua en el 2006 (51) se llevó a cabo un diagnóstico preliminar de la calidad de agua de consumo humano del sector rural noreste del municipio de León, el resultado de los análisis de las muestras de agua estudiadas, tomando como referencia los parámetros que establecen las Normas CAPRE para agua potable, mostró que el 97,1% de las muestras analizadas no eran aptas para consumo humano. La contaminación predominante fue la microbiana (97,1%) seguida de la contaminación por plaguicidas (31,3%) y la fisicoquímica (18,8%). La razón de la alta contaminación microbiana estaba en la inmersión en los pozos de las cuerdas que previamente habían sido arrastradas por el suelo y contaminadas con la carga fecal cercana a ellos; en otro estudio realizado por Ávila *et al.* (52) en Guatavita, Colombia, en el 2012, analizaron la calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural, donde se

concluyó que el agua de consumo humano de la zona urbana cumplió con los parámetros establecidos por el Ministerio de Protección Social, contrario a la zona rural, donde se encontraron recuentos de los indicadores de contaminación fecal entre 55 y 157 UFC/100 ml, superiores a lo establecido, ninguna de las muestras evaluadas en la zona rural es apta para el consumo humano. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta agua no ha sido sometida a ningún tratamiento de potabilización, por lo que se considera agua natural o cruda, por lo que debe ser destinada para potabilización bajo un tratamiento convencional

En un trabajo similar realizado por Vilca (53) en 1997, en los distritos de la Provincia de Huamanga, se reportó que la calidad microbiológica de todas las aguas analizadas, que los pobladores consumen es deficiente por encontrarse contaminada con microorganismos y por no recibir ningún tipo de tratamiento, este estudio incluyó a la capital del distrito de Acos Vinchos, donde en comparación con nuestros resultados a pesar de haber pasado tantos años aún hay deficiencias en el servicio de agua para consumo humano de este distrito.

Los resultados obtenidos en este trabajo se asemejan a los reportados por Méjico (54), quien al efectuar el análisis del agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa (Ayacucho) en el 2009, concluye que en el 100% de muestras analizadas hay presencia de coliformes totales y fecales reportando que después del proceso de tratamiento del agua proveniente de las fuentes de captación de Uchukupuquio, Arparumi, Millpu y canal lateral del río Cachi, los coliformes totales y fecales se reducen de 171 NMP/100 ml hasta < 2 NMP/100 ml, lo que indica que la comunidad de Uchuypampa consume agua con presencia de contaminación microbiológica.

VI. CONCLUSIONES

1. En el 100% de muestras de agua analizadas se encontraron coliformes totales y termotolerantes, cuantificándose entre un rango de 1 a 1000 UFC/100 ml, siendo el agua no aceptable para el consumo humano, ya que supera los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por los organismos reguladores, que indican ausencia de coliformes. En el 59% de las muestras se cuantificaron entre un rango de 540 a 18×10^3 UFC/ml, las cuales superan el LMP para bacterias heterotróficas mesófilas viables, mientras que un 41% de las muestras de agua cumple este parámetro cuantificándose dentro de un rango de 20 a 450 UFC/ml.
2. Con respecto a las mediciones fisicoquímicas de dureza, alcalinidad y cloruros, en el 100% de muestras los valores se encuentran dentro de los LMP, en el caso de pH los valores oscilan entre 7 y 9 con excepción del agua de la comunidad de Ustuna con un pH de 10,3 que supera los LMP, en el caso de la turbidez el 79% de muestras de agua de los domicilios están dentro del parámetro y el 21% restante supera los 5 NTU, teniendo valores hasta de 18,4 UNT en la comunidad de Huayhuas. Para el parámetro de cloro residual se obtuvo 0,0 ppm. las normas establecen un rango entre 0,4 a 0,6

ppm, por lo tanto este valor obtenido no garantiza la eficiente remoción de la carga microbiana.

3. El 100% de muestras de agua para consumo humano de las 34 comunidades del distrito de Acos Vinchos, no son aptas para el consumo humano, y no cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010/DIGESA, importantes para la salud pública.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los estudiantes de Biología proseguir con investigaciones y ampliar los estudios sobre la calidad de agua de consumo humano en el distrito de Acos Vinchos en la época seca.
2. Para trabajos similares se recomienda solicitar apoyo de los comuneros para realizar la toma de muestra, previa capacitación de los mismos, con el fin de agilizar el muestreo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vullo D, Wachsmann M, Alché L. Aplicación de diferentes técnicas de recuento para bacterias de importancia sanitaria en aguas. En: Actas de Ponencias: VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Argentina; 2006.p.125-132.
2. Félix A, Campas O, Aguilar M, Meza M. Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del Sur de Sonora, México. Res pyn. 2007; 8(3):01-12.
3. Flores J, Suárez G, Franco M, Hereida M, Vivas M, Franco J. Calidad bacteriológica del agua potable de la Ciudad de Mérida, México. Rev Mex Sal Pub. 2001; Vol 37 (3):236-239.
4. Aguiar P, Cepero J, Countin, G. La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996-1997. Rev Panam Sal Pub. [Revista en Internet] 2000 [Acceso 09 de junio del 2012]; 7(5):313-318. Disponible en: <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2261/1/55-TesisQW9G885.pdf>
5. Organización Mundial de la salud. Guías para la calidad del agua potable: Relación del agua, el saneamiento y la salud. [Internet]. Ginebra: OMS; 2004 [acceso 20 de enero de 2012]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html
6. Botero L. Calidad del agua para consumo humano. En: Libro de Ponencias: XXIX Jornadas de Microbiología. "Dr. Vidal Rodríguez Lemoine". Cumaná: Sociedad Venezolana de Microbiología; 2005.p. 1-3.
7. Silva J, Ramirez L, Alfieri A. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria: Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Rev Soc Ven Microbiol. [revista en línea] 2004. [acceso 7 de julio de 2012]; 24(2):46-49. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=s1315-25562004000100008&script=sci_arttext

8. Organización Panamericana de la Salud. Situación del cólera en las Américas - Informe N°19. Rev Soc Ven Microbiol. [Revista en Internet] 2000 [Acceso 09 de julio del 2012]; 20(1):01-88. Disponible en :
http://rpe.epiredperu.net/rpe_ediciones/1991_v04_n02/CB2_Vol4_No2_1991_situacion_colera.pdf+Organizaci%C3%B3n+Panamericana+de+la+Salud.+Situaci%C3%B3n+del+c%C3%B3lera+en+las+Am%C3%A9ricas&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
9. Castillo O, Sierra F, Cantú P. Incidencia de diarreas en menores de 5 años y su relación con la calidad y disponibilidad del agua para uso y consumo humano en Sabinas Hidalgo, Nuevo León (México). Respyn. [Revista en Internet] 2000 [Acceso 09 de julio del 2012]; 1(3): 1-6. Disponible en:
<http://www.respyn.uanl.mx/3/articulos/diarreas.html>
10. Márquez I, Lezama D, Tamay P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. Salud Pública Mex. [Revista en Internet] 2002 [Acceso 09 de julio del 2012]; 36(6):655-661. Disponible en:
http://bvs.insp.mx/rsp/_files/File/1994/num%20%206/199436_655-661.pdf
11. Mora, D. Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua para consumo humano: 1984 -2004. Rev Costarric Sal Pub. [Internet] 2006 [acceso 7 de julio de 2012]; 15(29):44-54. Disponible en:
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292005000200007&script=sci_arttext
12. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. La incorporación de primera y segunda edición [Internet]. Ginebra: OMS; 2008 [acceso 5 de febrero de 2012]. Disponible en:
<http://www.asbestoscenter.jp/archive/files/kourou118.pdf>.
13. Macías, A., Monroy, R., Muñoz, J., Medina, H., Ponce De León, S. Cloración y contaminación bacteriana. Aguas turbulentas en los hospitales. Rev Invest Clin. [Revista en Internet] 2006 [Acceso 09 de julio del 2012]; 58(5):470-474. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17408108>
14. Real Academia Española Diccionario de la lengua española. 22ª ed. Madrid: Espasa Calpe; 2001; p. 8.
15. Sánchez H, Vargas G, Méndez J. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas - México. [Internet]. México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2000 [acceso 5 de mayo de 2012]. Disponible en :
http://academia.edu/2357204/Calidad_bacteriologica_del_agua_para_consumo_humano_en_zonas_de_alta_marginacion_de_Chiapas

16. Ercilio F, Rodriguez S, Cabel W. Desafíos del derecho humano al agua en el Perú. 2^{da} ed. Lima: Pidhdd, Centro de Asesoría Laboral - Alternativa; 2005.
17. Municipalidad Distrital de Acos Vinchos. Plan de Desarrollo Concertado (PDC) 2006 – 2015. Acos Vinchos: Municipalidad Distrital de Acos Vinchos; 2006.
18. Price M. Aguas subterráneas. 1^{ra} ed. México: Limusa; 2007. 330p.
19. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud. Manual de teoría para el tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima: CEPIS/OPS; 2008.
20. Ministerio de Salud. Manejo de equipos portátiles para análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua. Lima: CEPIS; 2003.
21. Allen M. La importancia para la salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en el agua potable. Lima: CEPIS; 2000. Reunión sobre la calidad del agua potable: 15.
22. Aurazo de Zumaeta M. Manual para análisis básico de calidad del agua de bebida: Aspectos biológicos de la calidad del agua. [Internet]. Lima: OPS/CEPIS; 2004 [acceso 5 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
23. Ordoñez J. Microorganismos de los alimentos. Vol I, 2^a ed. Zaragoza: Acribia S.A.; 2000.
24. Millipore C. Análisis microbiológico. Catálogo de proveedor. 2^{da} ed. Madrid: Ibérica; 2005. 48 pag
25. Ango, H. Análisis microbiológico de agua potable y aguas gaseosas [Tesis de postgrado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1995.
26. Organización Mundial de la Salud. Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Guía técnica N° 11 [Internet]. 3^{ra} ed. Ginebra: OMS/OPS; 2004 [acceso 6 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/opsguia11.pdf>.
27. Vargas García, C. Control y Vigilancia de la Calidad del Agua de Consumo Humano. 3^{da} ed. Lima: CEPIS; 2005.
28. Ministerio de Salud. Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. Saneamiento Básico Rural. [Internet]. Cajamarca: APRISABAC; 2007. Serie de informes Técnicos: 4. [acceso 7 de julio de 2012]. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/753_MINSA179.pdf

29. Tineo Huamaní V. Calidad Bacteriológica, parasitológica y fisicoquímica del agua de consumo humano y prevalencia de enteroparasitosis 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. Facultad de Ciencias Biológicas; 2008.
30. Jouraviev, A. Servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XX. [Internet]. Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2004. [acceso 6 de junio de 2012]. Disponible en:
<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/7560/Lcl1564-P-E.pdf>
31. Calderón Cockburn J. Agua y saneamiento: El caso del Perú rural. Informe final [internet]. Lima: ITDG; 2004 [acceso 6 de junio de 2012]. Disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/agua-peru.pdf>
32. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Estudio de base para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural. [Internet]. Lima: PAS Banco Mundial; 2006 [acceso 6 de junio de 2012]. Disponible en:
<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/5612/1/BVCi0004954.pdf>
33. Ley General del Ambiente. Ley N° 28611, de 13 de octubre 2005. El peruano, (14 – 10 – 2005).
34. Ley General de Salud. Ley N° 26842, de 9 de julio de 1997. El peruano, (20 - 07 – 1997).
35. Ley General de Servicios de Saneamiento. Ley N° 26338, de 19 de setiembre de 1998. El Peruano, (20 – 09 - 1998).
36. Ley Decreto Supremo N° 031–2010-SA/DIGESA. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano de 26 de setiembre del 2010. El Peruano, (26 – 09 - 2010).
37. Política Nacional Del Ambiente. Decreto Supremo N° 023–2009-MINAM de 18 de diciembre del 2009. El Peruano, (01 – 04 - 2010).
38. Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Decreto Supremo N°001-2010-AG de 22 de Marzo del 2010. El Peruano, (20 - 05 - 2010).
39. Mora D. Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Lima: CEPIS; 2001. Informe de la reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable.

40. Piza P. Los sistemas ambientales. Un abordaje teórico para el estudio de la vigilancia ambiental. Serie HSP-UNI/Manuales Operativos PALTEX, OMS. Kellog; OMS, Fundación W. K.; 2000.
41. Saneamiento Ambiental Básico en la Sierra Sur. Compartiendo experiencias de promoción y participación comunal y nivel de servicio. Proyecto SANBASUR I y II Fases. [internet]. Cusco: SANSABUR; 2008. [acceso 7 de julio de 2012]. Disponible en:
<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/handle/123456789/4971>
42. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud. Manual de teoría para el tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima: CEPIS/OPS; 2004.
43. Buitrón Escriba R. Situación socioeconómica del distrito de Acos Vinchos. Informe del proyecto Desarrollo de capacidades para el Ordenamiento Territorial del distrito de Acos Vinchos. Huamanga: Fondo contravalor Perú-Alemania, 2012. Documentos de trabajo: 2.
44. Instituto Nacional de estadística e Informática. Informe Censo Poblacional y de Vivienda, 2005. Ayacucho: INEI; 2005.
45. Instituto Nacional de estadística e Informática. Informe Censo Poblacional y de Vivienda, 2007. Ayacucho: INEI; 2007.
46. Dirección General de Salud. Informe memoria de la vigilancia de la calidad de agua, 2010. Ayacucho: DIGESA; 2010.
47. American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. [Internet]. 21th ed. USA: American Public Health Association; 2005. [acceso 7 de julio de 2012]. Disponible en:
http://www.kharafinational.com/kn/images/awards/iso/4208TestingSingle_004.pdf
48. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Manual de procedimientos de Análisis de Aguas Vol. 1 Análisis bacteriológicos, físicos y químicos. 1^{ra} Ed. Lima: SUNASS; 1997.
49. Talavera Mejahuanca R. situación actual de los Servicios de Saneamiento Ambiental del distrito de Acos Vinchos. Informe del proyecto "Desarrollo de capacidades para el Ordenamiento Territorial del distrito de Acos Vinchos". Huamanga: Fondo contravalor Perú-Alemania, 2012. Documentos de trabajo: 4.

50. Miranda M, Aramburú A, Junco J, Campos M. Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. Rev Peru Méd Exp de Sal Pub. [Revista en línea] 2010 [acceso 7 de julio de 2012]; 27(4): 506-11. Disponible en:
http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_articulo=67820&id_seccion=2129&id_ejemplar=6818&id_revista=132
51. Guevara Octavio M. Calidad del Agua y Salud en el Sector Rural Noreste de León (Nicaragua) Mayo a Octubre del 2006. Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de León. Nicaragua; 2006.
http://www.ecodes.org/documentos/cooperacion/PM_nov_2008.pdf
52. Ávila N, Estupiñán T. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. Rev Cubana Hig Epidemiol. [revista en línea] 2012 mayo-agosto [acceso 7 de enero de 2013]; 50(2). Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000200004
53. Vilca Torres R. Calidad Microbiológica del agua de consumo humano en las provincias de Huamanga [Tesis de pregrado de biólogo con mención en microbiología]. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas; 1997.
54. Méjco Orozco E. Recuento de coliformes fecales y colifagos como indicadores de contaminación fecal en agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa, 2009 [Tesis de pregrado de biólogo con mención en microbiología]. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas; 2009.

ANEXOS

Anexo 1

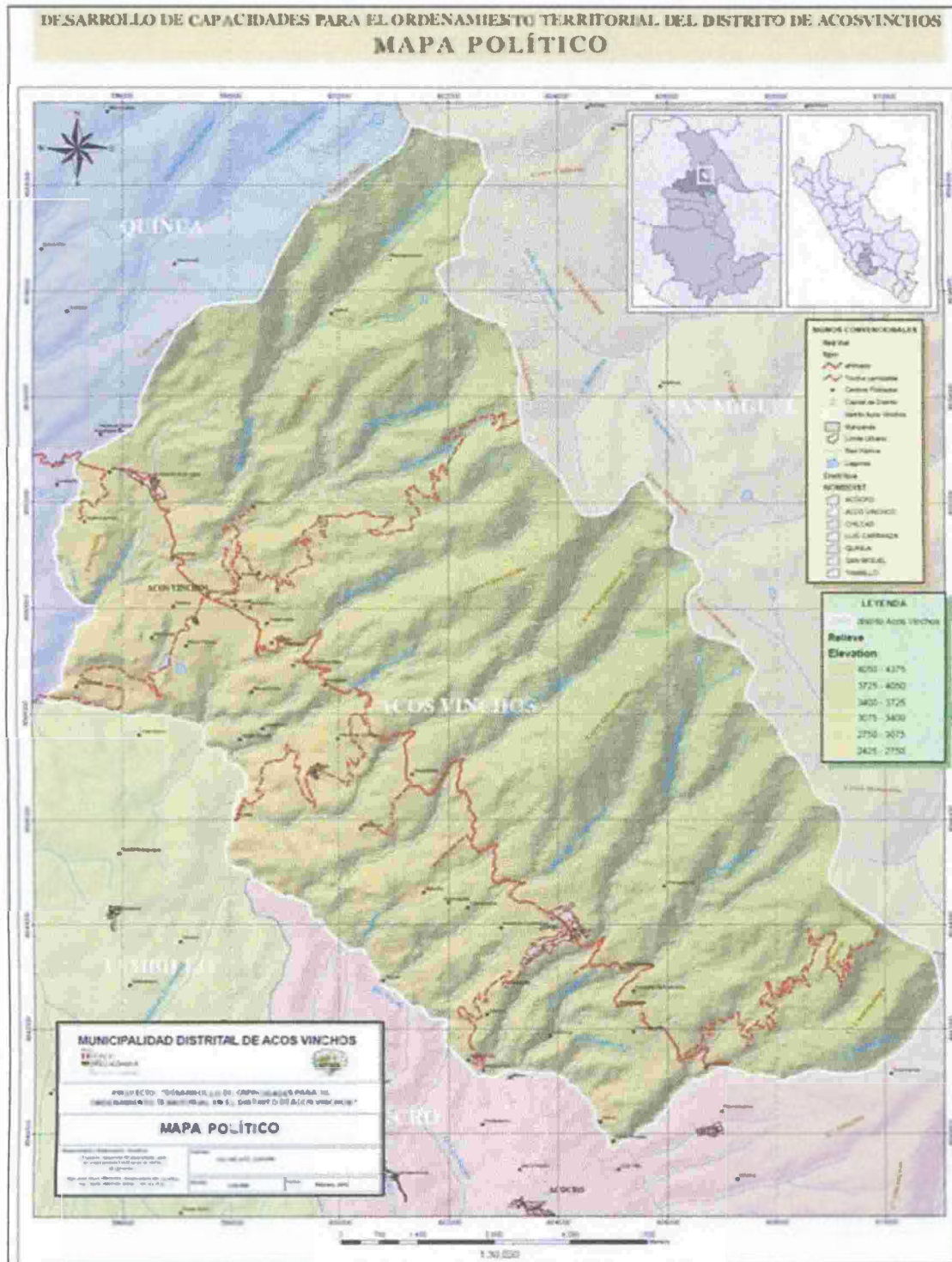


Figura 7. Mapa del Distrito de Acos Vinchos.

Anexo 2

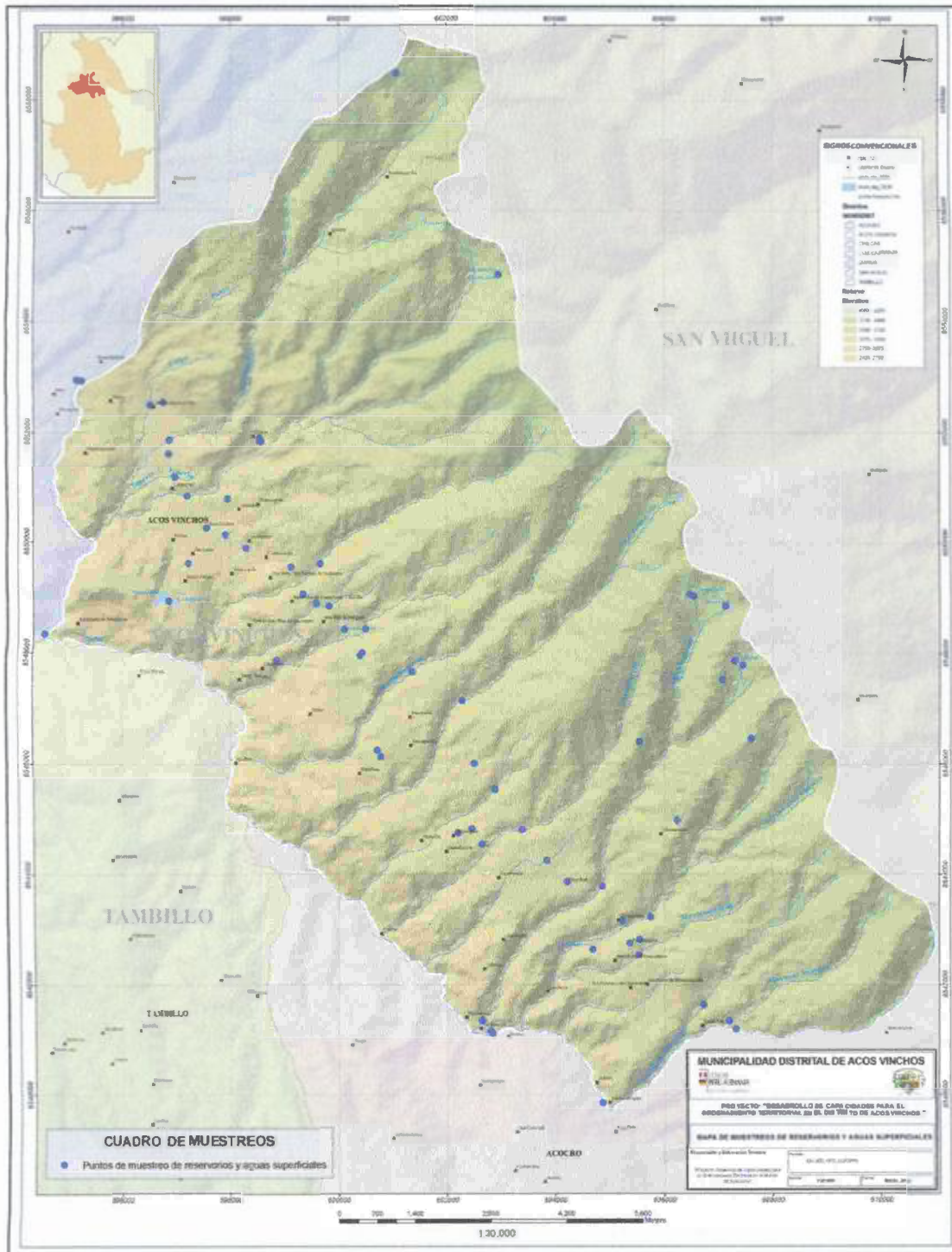


Figura 8. Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua para consumo humano en el distrito de Acos Vinchos.

Anexo 3

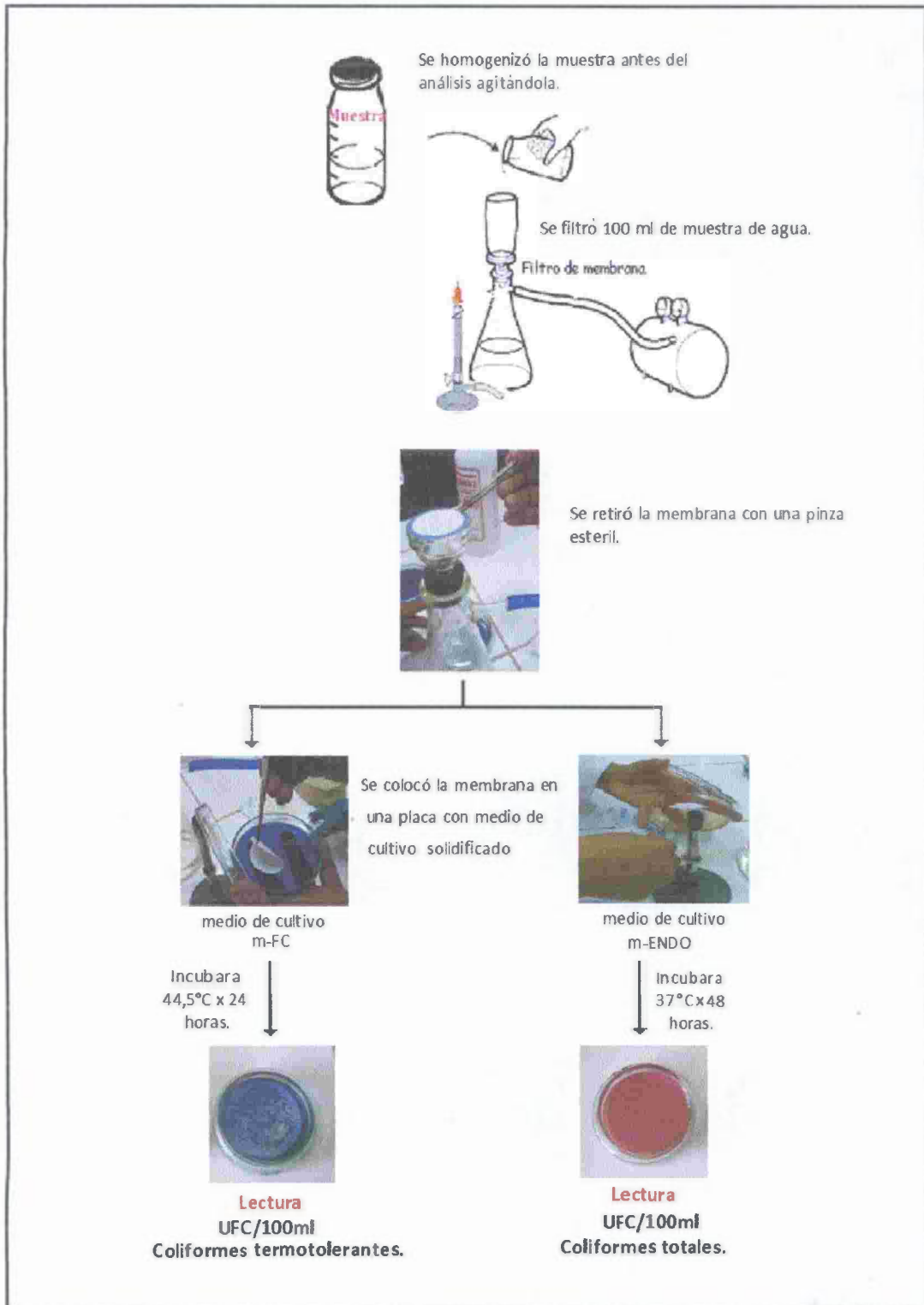


Figura 9. Flujoograma para la determinación de coliformes totales y termotolerantes por la técnica de filtro de membrana. (47)

Anexo 4

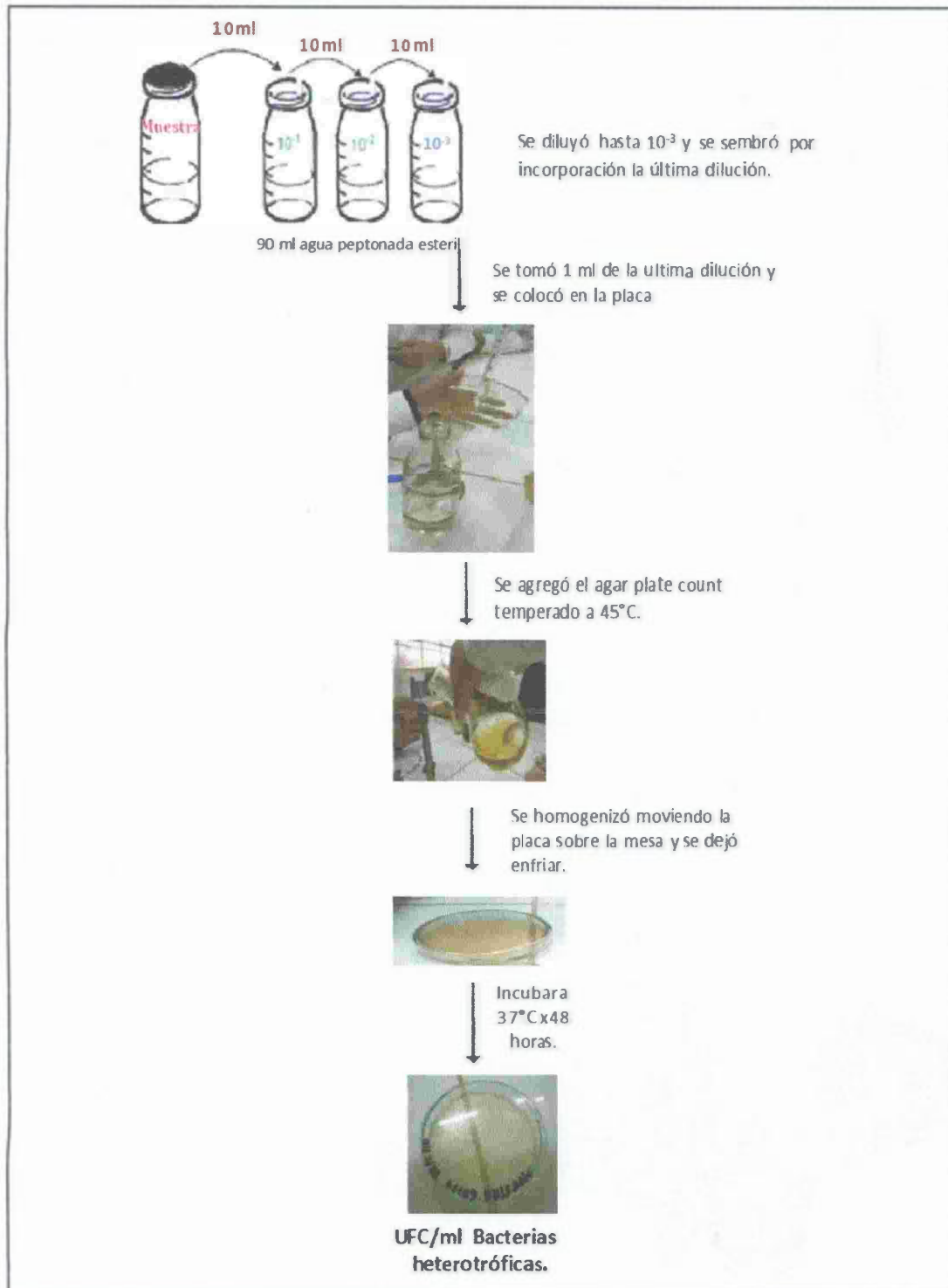


Figura 10. Flujograma de la técnica de recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables. (47)

Anexo 5

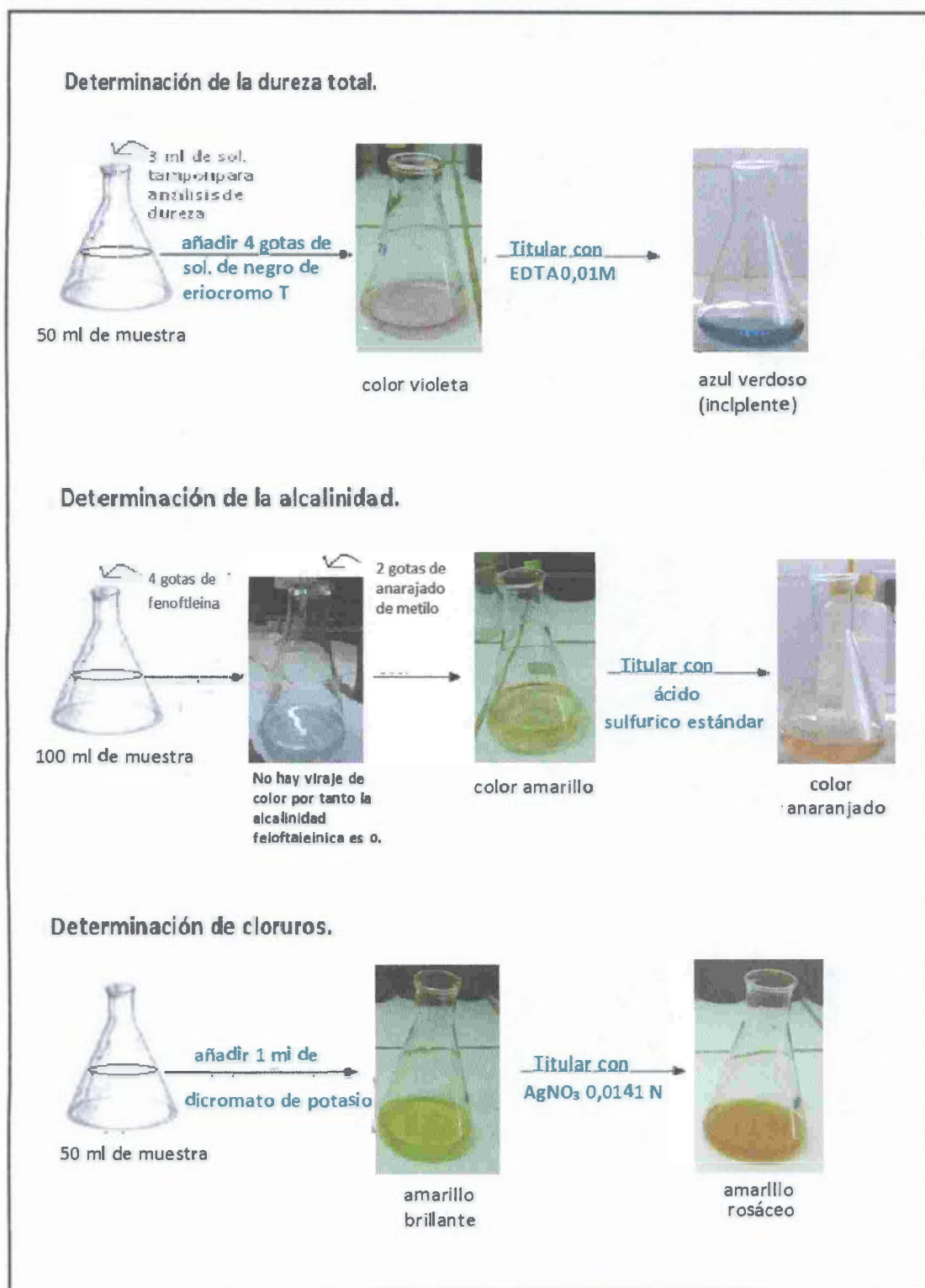


Figura 11. Flujoograma de análisis fisicoquímicos volumétricos.

Anexo 6



Figura 12. Taller de sensibilización realizado en la comunidad de Huamancocha, enero 2012.

Anexo 7



Figura 13. Recolección de muestras de agua para consumo humano de reservorios de la comunidad de Ccacce (izquierda) y Paucarpata (derecha), octubre del 2012.

Anexo 8



Figura 14. Reservorios en mal estado de las comunidades de Lucaspata, Huamancchocha, Ccacce y Pamparque, noviembre del 2012.

Anexo 9



Figura 15. Vista panorámica del sistema de conducción del servicio de agua entubada en la comunidad de Accomarca, octubre del 2012.

Anexo 10

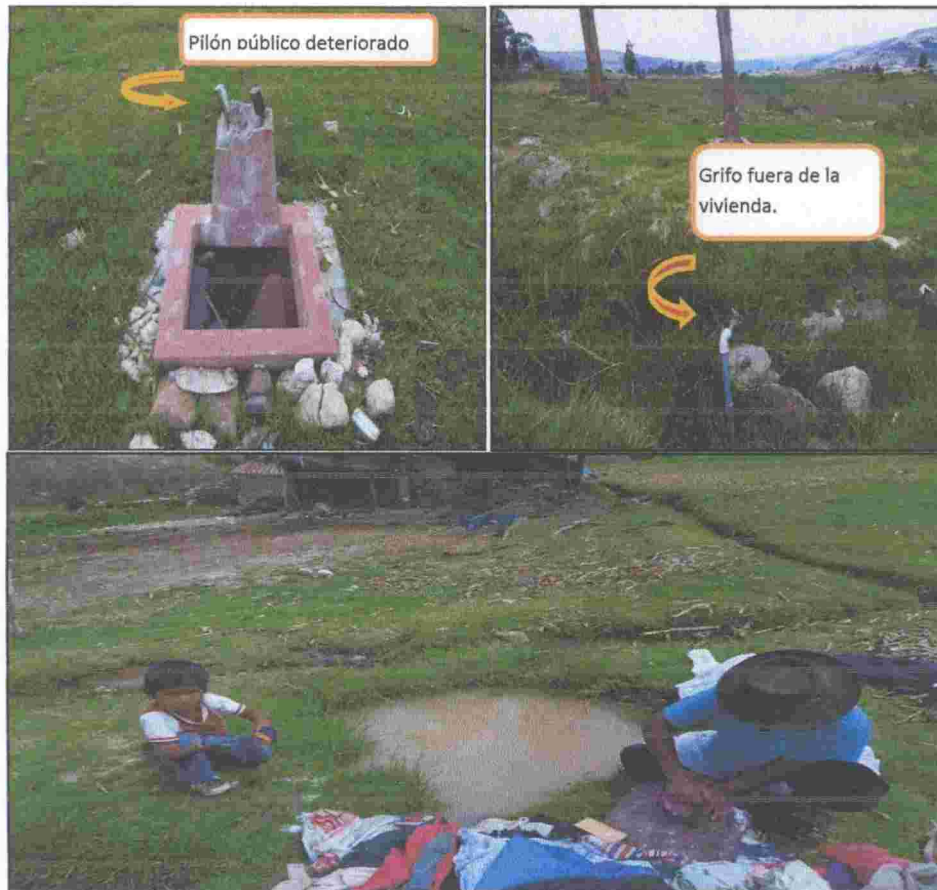


Figura 16. Condiciones actuales de los servicios de agua de consumo humano en la comunidad de Matarilla, noviembre del 2012.

Anexo 11

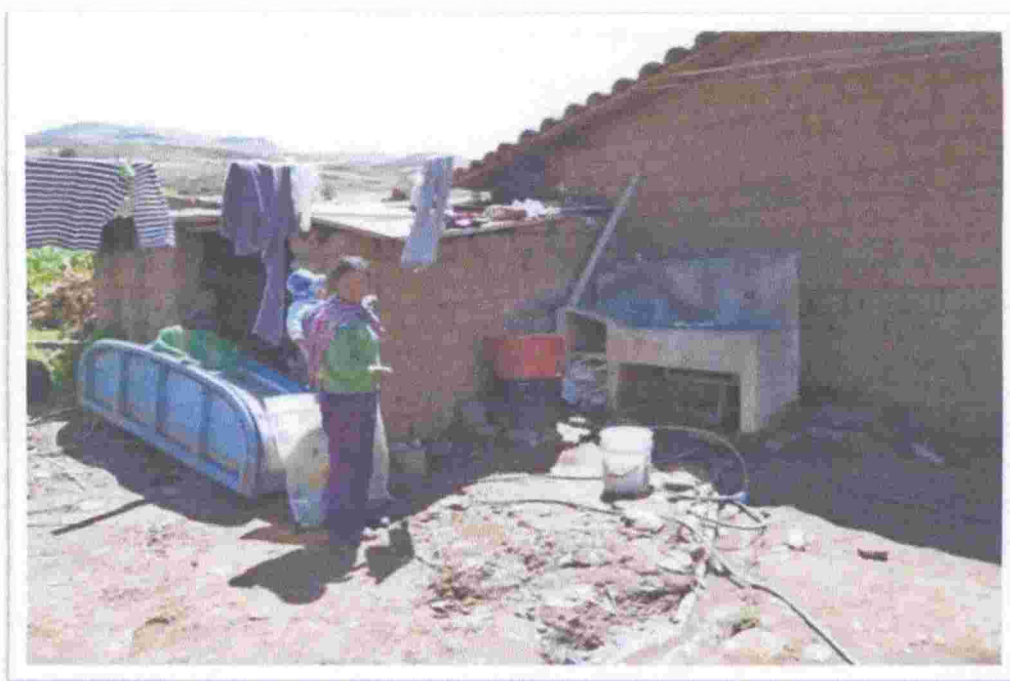


Figura 17. Servicio de agua entubada en vivienda de la comunidad de Huamancocha, diciembre del 2012.

Anexo 12

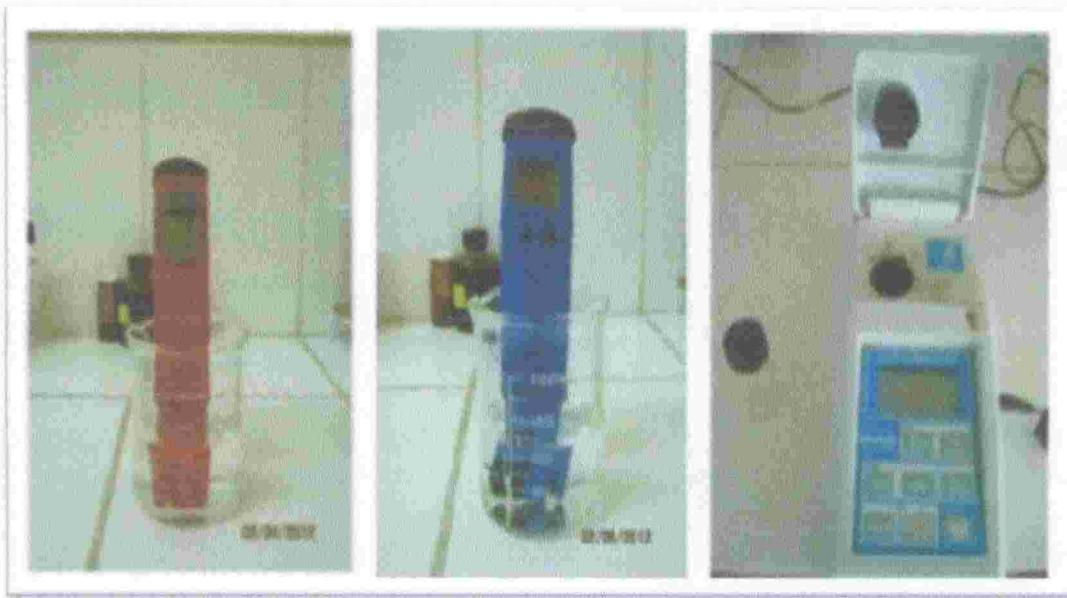


Figura 18. Equipos: Peachímetro ATC (izquierda), Conductímetro (centro), Turbidímetro (derecha), octubre del 2012.

Anexo 13



Figura 19. Procesamiento de muestras en el Laboratorio de Microbiología Ambiental en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, octubre del 2012.

Anexo 14

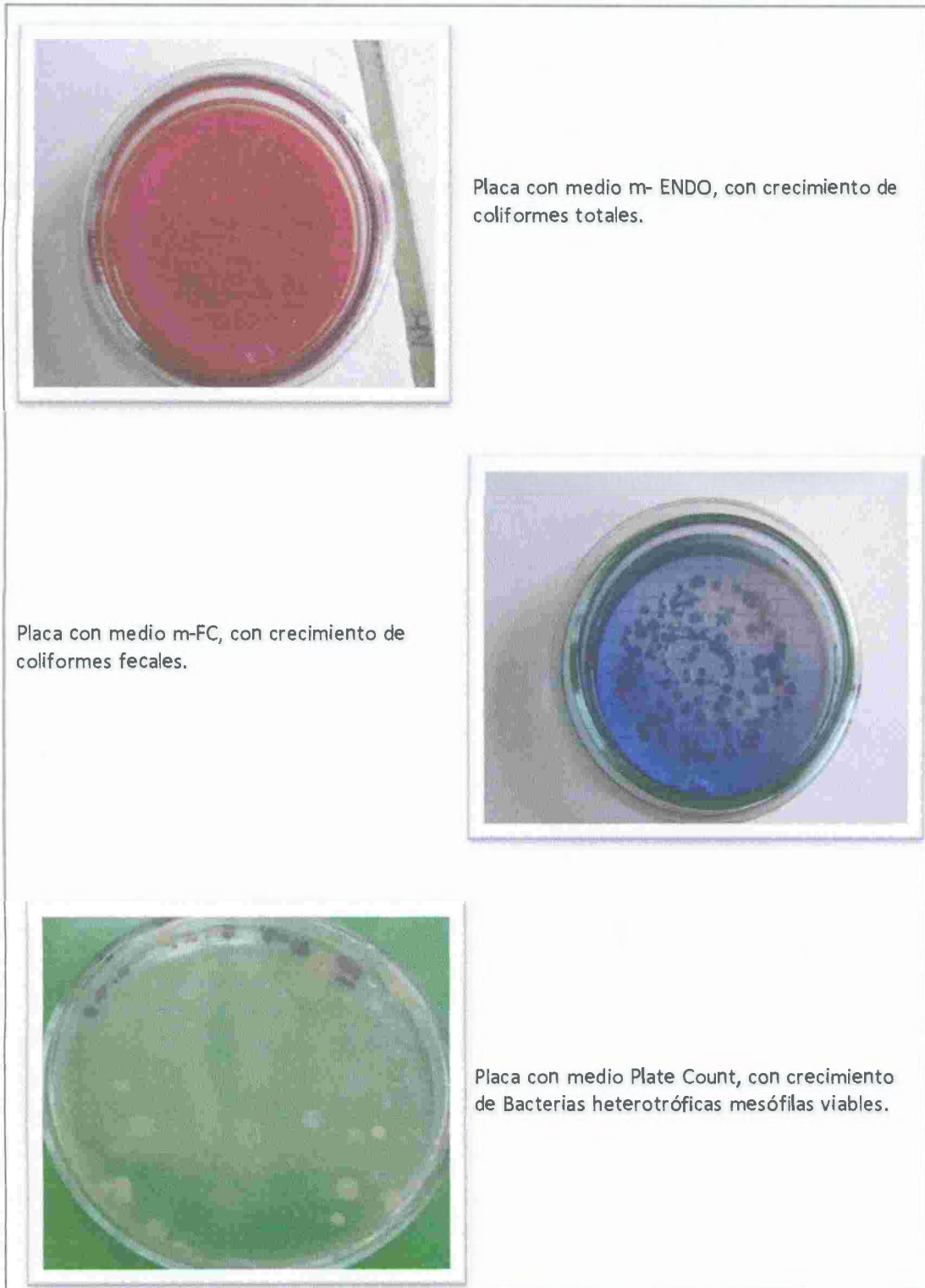


Figura 20. Placas con medios de cultivo y crecimiento de microorganismos.