

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Recuento de coliformes fecales, coliformes totales  
y colifagos en agua de consumo humano en la  
comunidad de Uchuypampa 2009.**

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

**ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGIA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MÉJICO OROSCO, ERIKA MIREYA.**

**AYACUCHO-PERÚ  
2011**

*A la memoria de mi abuelo Pedro.*

*A mis padres Zosimo y Natividad*

*y hermanos Yesica, Jarumi y Yosfi.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Mater* de mi formación profesional. A la plana docente del Departamento Académico de Ciencias Biológicas, quienes contribuyeron en mi formación académica y profesional. Al Blgo. José Alarcón Guerrero por asesorarme en la ejecución del trabajo de investigación y la elaboración del presente informe.

Al Ing. Sixto Raúl Huamán Córdova de la ONG PROANSEL por facilitarme información para la redacción del presente informe.

## ÍNDICE

	Pág.
Resumen	
I. INTRODUCCIÓN	01
II. <b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	03
2.2 Sistemas de abastecimiento de agua en comunidades	05
2.3 Tipos de fuentes	06
2.4 Calidad del agua en la fuente	06
2.5 Substancias contaminantes del agua	07
2.6 Enfermedades transmitidas por el agua	09
2.7 Calidad microbiológica del agua	10
2.8 Microorganismos indicadores de contaminación del agua	11
2.9 Coliformes totales	12
2.10 Coliformes fecales	13
2.11 Colifagos	15
2.12 Descripción general de la Comunidad de Uchuypampa	18
III. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1 Zona de estudio	23
3.2 Definición de la población	23
3.3 Tamaño de muestra	23
3.4 Recolección de datos	24
3.5 Análisis microbiológico	25
3.5.1 Recuento de coliformes totales, coliformes fecales por la técnica del Número Más Probable (NMP)	25
3.5.2 Recuento de colifagos por la técnica Capa Simple	27
3.6 Análisis estadístico	28
IV. <b>RESULTADOS</b>	29
V. <b>DISCUSIÓN</b>	33
VI. <b>CONCLUSIONES</b>	37
VII. <b>RECOMENDACIONES</b>	38
VIII. <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	39
<b>ANEXOS</b>	41

## **Recuento de coliformes fecales, coliformes totales y colifagos en agua de consumo humano en la comunidad de Uchuypampa 2009.**

Autor : Bach. Erika Mireya MÉJICO OROSCO

Asesor: Blgo. José ALARCÓN GUERRERO

### **RESUMEN**

El presente es un trabajo de investigación básico descriptivo que se realizó con el fin de evaluar el recuento de colifagos, coliformes totales y coliformes fecales como indicadores de contaminación fecal en agua de consumo humano de la comunidad de Uchuypampa 2009. Se analizó un total de 72 muestras tomados de seis zonas con un intervalo de 15 días en un periodo de tres meses (enero a marzo) del 2010, las zonas muestrales fueron estratificadas en dos: agua no tratadas que corresponde a 04 fuentes de captación Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal lateral del río Cachi; y agua tratada al reservorio y grifo de las viviendas. Las técnicas aplicadas fueron: Tubos múltiples para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales recomendado por los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y Residuales (APHA, 1992) y capa simple para la determinación de colifagos establecidos por American Public Health Association (APHA, 1989). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. La fuente de captación canal lateral Rio Cachi, presenta mayor contaminación. En las otras fuentes de captación como Uchukupuquio, Arparumi y Millpu hay presencia evidente de colifagos pero no de coliformes totales y coliformes fecales. El agua de las 04 fuentes confluyen antes de ingresar al reservorio, donde el número promedio de colifagos sería 910 UFC/100mL, coliformes totales 171 NMP/100mL y coliformes fecales con 114 NMP/100mL; y después del proceso de tratamiento del agua, la presencia de colifagos se reduce a 42 UFC/100mL, los coliformes fecales y coliformes totales hasta < 2 NMP/100mL. Esto indica que el agua que consumen las familias de la Comunidad de Uchuypampa presenta contaminación microbiológica. No existe relación de dependencia del número de coliformes totales ni coliformes fecales con los colifagos, por tanto, no hay correlación de variables

**Palabras clave:** Colifagos, coliformes totales, coliformes fecales, agua de consumo humano.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible), la mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua es indispensable para beber, preparar los alimentos y la higiene.

En zonas rurales como comunidades característicamente abstraen agua de las fuentes, ocasionalmente con fases de potabilización (filtración y desinfección con cloro) o simplemente almacenamiento y distribución.

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo, el grupo de bacterias coliformes 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 calidad sanitaria de la misma, estas bacterias son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y, la presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un indicio de contaminación reciente. Otro grupo de indicadores que ha

comenzado a utilizarse en aguas lo constituyen los colifagos estos utilizan a *E. coli* como hospedadoras, y por lo tanto, pueden ser liberados por estos hospedadores bacterianos a las heces humanas y de otros animales de sangre caliente, dado que los colifagos se replican típicamente en el aparato digestivo de las personas y de otros animales de sangre caliente, su presencia en el agua es un indicador de contaminación fecal y de fallos en los procesos de tratamiento y desinfección (OMS, 2004).

El recurso hídrico con el que cuenta la comunidad de Uchuypampa son manantiales denominados Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal lateral del río Cachi, tiene una dotación de agua entubada, según manifestación de los miembros de la JASS la cloración del agua en el reservorio es realizado por uno de sus integrantes. Expediente técnico agua potable Uchuypampa (2009).

Teniendo en cuenta las consideraciones arriba indicadas y entendiendo que el agua se contamina a nivel físico, químico y microbiológico, este trabajo de investigación trata sólo del análisis microbiológico del agua de consumo humano para esto se ha planteado los siguientes objetivos:

- Realizar la cuantificación de colifagos en agua de consumo humano de la comunidad de Uchuypampa.
- Realizar la cuantificación de coliformes totales y coliformes fecales en agua de consumo humano de la comunidad de Uchuypampa.
- Relacionar el número de colifagos respecto a los coliformes totales y coliformes fecales en agua de consumo humano de la comunidad de Uchuypampa.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

El agua apta para consumo humano puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad; OMS (1985), Vargas (1996). Asimismo defectos en la construcción o en la estructura de pozos, ausencia o irregular mantenimiento son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes (Goya, 1997).

Paz y col.(2003), realizaron el trabajo titulado, colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua, quienes analizaron la eficacia del tratamiento de agua procedente del río Rímac, comparando muestras de agua no tratadas con las fases sucesivas del tratamiento: decantación, filtración y clorinación. En muestras de agua clorinada observaron que de las cuarenta muestras evaluadas tres fueron positivas para colifagos y ninguna para coliformes totales y coliformes fecales, demostrándose que pueden aislarse colifagos en ausencia de coliformes. Al determinar la

correlación de los colifagos con los coliformes totales y fecales para establecer su validez como indicador de contaminación fecal, encontraron correlación estadísticamente significativa entre los colifagos y los coliformes fecales en muestras de agua de Bocatoma (lugar de captación de agua del río Rimac) con un  $r = 0.71$  ( $p > 0.05$ ), no encontraron correlación significativa entre los colifagos y los coliformes totales en coincidencia con Cevallos (1997), quienes proponen por esta razón no usar a los coliformes totales como indicadores de contaminación fecal en ambientes acuáticos de alta contaminación. En muestras de Bocatoma en periodos evaluados de (junio a septiembre) las medias geométricas para colifagos, coliformes totales y coliformes fecales fueron 2267.25 UFP/100 mL,  $5.65 \times 10^4$  UFC/100 mL y  $1.41 \times 10^4$  UFC/100 mL, mientras que en el periodo evaluado por Cevallos (1997) en la misma planta fueron de 1819.65 UFP/100 mL,  $1.75 \times 10^5$  UFC/100 mL y  $2.67 \times 10^4$  UFC/100 mL, por tanto concluyen que la concentración de colifagos, coliformes fecales y coliformes totales aumentaban durante la estación lluviosa del año y disminuían durante la estación seca.

Vilca (1997), realizó el trabajo titulado Calidad Microbiológica del Agua de Consumo en las Provincias de Huamanga, recolectó muestras de las 14 provincias, en dos periodos, siendo los de mayor interés para efectos de este trabajo las realizadas en los distrito de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista, Pacaicasa, Santiago de Pischa y Quinua, cuyos resultados dan a conocer que un 37% de las muestras analizadas estaban contaminadas con microorganismos, esto en el periodo seco y el 45.8% en periodo lluvioso, lo cual significa que incluso la variación de climas o épocas que da en nuestra localidad son un factor más que favorece a la contaminación del agua.

Chuchón (1987), en la investigación titulada Evaluación del Riesgo Microbiológico de la Red de Distribución del Agua Potable en la Ciudad de Ayacucho, quien analizó muestras de agua provenientes de los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista y Carmen Alto donde el 5% de las muestras analizadas resultaron positivas para coliformes totales, lo que evidenció la existencia de riesgo microbiológico post tratamiento en la red de distribución de agua potable de la localidad. La distancia, las horas prolongadas de recorte de suministro, además de las precarias instalaciones o tuberías, son factores determinantes de la contaminación del agua en nuestra ciudad.

## **2.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN COMUNIDADES**

En la mayoría de las poblaciones rurales del país se consume agua proveniente de los ríos, quebradas, canales de regadío y manantiales que sin protección ni tratamiento adecuado, no ofrecen ninguna garantía, representan más bien focos de contaminación que generan enfermedades y epidemias. El control y seguridad de estos sistemas de abastecimiento con frecuencia se enfrentan a limitaciones importantes como la escasez del agua y la falta de conocimientos en la comunidad para llevar a cabo un adecuado control y verificación del proceso de cloración del agua.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación o para reducirlas a niveles que no sean perjudiciales para la salud. OMS (2004)

## 2.3 TIPOS DE FUENTES

- **Agua subterránea:** El manantial es un afloramiento superficial de agua subterránea que fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada, los manantiales se localizan generalmente en las colinas y los valles ribereños. En el país el ministerio de salud clasifica a los manantiales por su ubicación, pueden ser de ladera cuando el agua aflora de forma horizontal y por su afloramiento o de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos, sin embargo previo a su utilización se debe realizar los análisis físico químico y microbiológico.
- **Aguas superficiales:** Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc., que discurren naturalmente en la superficie terrestre. La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, uso de agroquímicos en la agricultura, presencia de animales, entre otros. Barrios y col. (2009).

## 2.4 CALIDAD DEL AGUA EN LA FUENTE

En las guías para la calidad del agua potable de la OMS, indican que las aguas subterráneas son frecuentemente menos vulnerables a la influencia directa de las fuentes de contaminación, debido a los efectos de barrera que ejerce el terreno que las recubre. La contaminación de las aguas subterráneas es más frecuente en los lugares que han sido alteradas estas barreras protectoras, permitiendo la contaminación directa, a través de pozos contaminados o abandonados, o por fuentes de contaminación subterráneas, como letrinas y conducciones de alcantarillado. No obstante, varios estudios han mostrado la presencia de agentes patógenos y microorganismos indicadores en aguas subterráneas, incluso en profundidad y en ausencia de circunstancias de peligro

como las mencionadas, sobre todo cuando la contaminación superficial es intensa, por ejemplo por el abonado de tierras con estiércol o la presencia de otras fuentes de materia fecal derivadas de la ganadería intensiva. Barrios y col. (2009).

## **2.5 SUSTANCIAS CONTAMINANTES DEL AGUA**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos. Echarri (1998)

- 1. Microorganismos patógenos.** Son diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas.
- 2. Desechos orgánicos.** Son el conjunto de desechos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de oxígeno).
- 3. Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los

rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

4. **Nutrientes vegetales inorgánicos.** Los nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.
5. **Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc., acaban en el agua y permanecen en algunos casos largos períodos de tiempo, porque al ser productos fabricados por el hombre tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
6. **Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas son en términos de masa total la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.
7. **Sustancias radiactivas.** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y a veces se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**8. Contaminación Térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva en ocasiones la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

## **2.6 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA**

Los patógenos asociados con las enfermedades transmitidas por el agua son las causas principales de las infecciones intestinales. Se liberan del huésped a través de las heces y se transmiten en el agua que no ha sido tratada en forma apropiada, como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos.

Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. Un factor que permite la transmisión hídrica es el alto número de bacterias que elimina en sus heces un individuo enfermo sea con diarrea o con afecciones gastrointestinales, hasta 100 millones de bacterias de *Escherichia coli*, un millón de bacterias de *Salmonella*, 10 millones de bacterias de *Campylobacter*, y un millón de bacterias de *Vibrio cholerae*. Otro factor es el tiempo de supervivencia en agua. La *E. coli* y la *Salmonella* sobreviven 90 días; la *Shigella*, 30 días; el *Campylobacter*, 7 días; el *Vibrio cholerae*, 30 días. Los virus entéricos se multiplican en el intestino del hombre y son excretados en gran número en las heces de los individuos infectados, los virus son excretados durante periodos cortos y en número elevado; hasta  $10^{12}$  por gramo de heces. OPS/OMS (2004)

**Cuadro N° 01:** Enfermedades causadas por microorganismos de transmisión hídrica.

PATÓGENO	ENFERMEDAD
Bacterias	
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis
Shigella	Disentería
Virus	
Virus de la hepatitis A	Hepatitis infecciosa
Protozoos	
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis (gastroenteritis)

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2004

## 2.7 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

La calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen; y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias, esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, en aguas de origen, en aguas inmediatamente después de ser tratada, en aguas de los sistemas de distribución o del agua almacenada en los hogares. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica

necesariamente que no haya presencia de estos organismos, por esto se incluye en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos.

En tanto que un agua potable es aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y básicamente atiende a los siguientes requisitos: libre de microorganismos que causan enfermedades, libre de compuestos nocivos a la salud, aceptable para consumo con bajo contenido de color, gusto y olor aceptable; sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias. (OMS, 2004)

## **2.8 MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN DE AGUA**

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo. Se determinó que estos indicadores, además de no ser patógenos, debían cumplir los criterios siguientes:

- Estar universalmente presentes, en grandes concentraciones, en las heces de personas y animales;
- No proliferar en aguas naturales;
- Ser inofensivos para los humanos;
- Tener una persistencia en agua similar a la de los agentes patógenos fecales;
- Estar presentes en concentraciones mayores que las de los agentes patógenos fecales;
- Responder a los procesos de tratamiento de forma similar a los agentes patógenos fecales; y poder detectarse fácilmente mediante métodos sencillos y baratos.

Estos criterios dan por supuesto que el mismo microorganismo indicador puede utilizarse como índice de contaminación fecal y de la eficacia de un tratamiento o

proceso. No obstante, se ha comprobado que un solo indicador no puede cumplir ambas funciones. Se ha prestado una creciente atención a las limitaciones de los indicadores tradicionales, como *E. coli*, como indicadores indirectos de la presencia de protozoos y virus entéricos, y se ha sugerido el uso de otros indicadores para estos agentes patógenos, como los colifagos. OMS (2004).

## 2.9 COLIFORMES TOTALES

Los coliformes totales son bacterias que incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 horas a 35–37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima  $\beta$ -galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia*. El grupo de los coliformes totales también incluye especies fecales y ambientales. OMS (2004)

**Valor como indicador de coliformes totales.** El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como indicadores de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia

de biopelículas. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

**Fuentes y prevalencia de coliformes totales.** Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos.

**Relevancia de su presencia en agua de consumo.** Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.

## 2.10 COLIFORMES FECALES

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44.5 ° C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa. *E. coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. OMS (2004)

**Cuadro N° 02: Parámetros bacteriológicos del agua para consumo humano**

Item	Parámetro	Unidades de medidas	Concentración máxima
1.	Coliformes totales	número/100 mL	0
2.	Coliformes termotolerantes	número/100 mL	0

Fuente: Reglamento de Calidad del Agua de Consumo humano - Perú  
<http://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2010/09/Calidad-agua-en-el-Per%C3%BA.pdf>

**Cuadro N° 03: Control de calidad del agua para consumo humano**

Parámetro	Valor Limite	Unidad	Referencia reglamento aplicado
Coliformes Totales	Ausencia	NMP/100mL	Directiva sobre desinfección del agua R.S. N°1121-99 SUNAS.
Cliformes fecales	Ausencia	NMP/100mL	Directiva sobre desinfección del agua R.S. N°1121-99 SUNAS.

Fuente: INDECOPI  
<http://www.google.com.pe/#h/=es>  
[www.minem.gob.pe/.../CAPITULO%20VI%20PLAN%20DE%20MANEJO](http://www.minem.gob.pe/.../CAPITULO%20VI%20PLAN%20DE%20MANEJO)

**Valor como indicador de coliformes fecales.** Se considera que *Escherichia coli* es el indicador de contaminación fecal más adecuado, es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

**Fuentes y prevaencia de coliformes fecales.** Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en

el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

**Relevancia de su presencia en agua de consumo.** La presencia de coliformes fecales es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de muestreos adicionales y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución.

## 2.11 COLÍFAGOS

Los virus que infectan bacterias, especialmente los colifagos, han sido propuestos como alternativa para determinar contaminación fecal. Los virus que infectan bacterias son denominados bacteriófagos. Los colifagos son parásitos de *E. coli*. Estos están presentes o asociados con microorganismos relacionados a la contaminación fecal, se encuentran en la flora natural del intestino de animales de sangre caliente. Se han propuesto los bacteriófagos como indicadores de contaminación fecal por lo siguiente:

- Los fagos se encuentran abundantemente tanto en agua residual como en agua contaminada;
- Las poblaciones de colifagos son mucho más grandes que las de los enterovirus;
- Los colifagos no pueden reproducirse fuera del hospedero bacteriano;
- Los colifagos se pueden aislar y contar por métodos sencillos;
- Se obtienen resultados más rápidos cuando se analizan los colifagos; y

- Algunos colifagos son tan resistentes como los enterovirus a los procesos de desinfección.

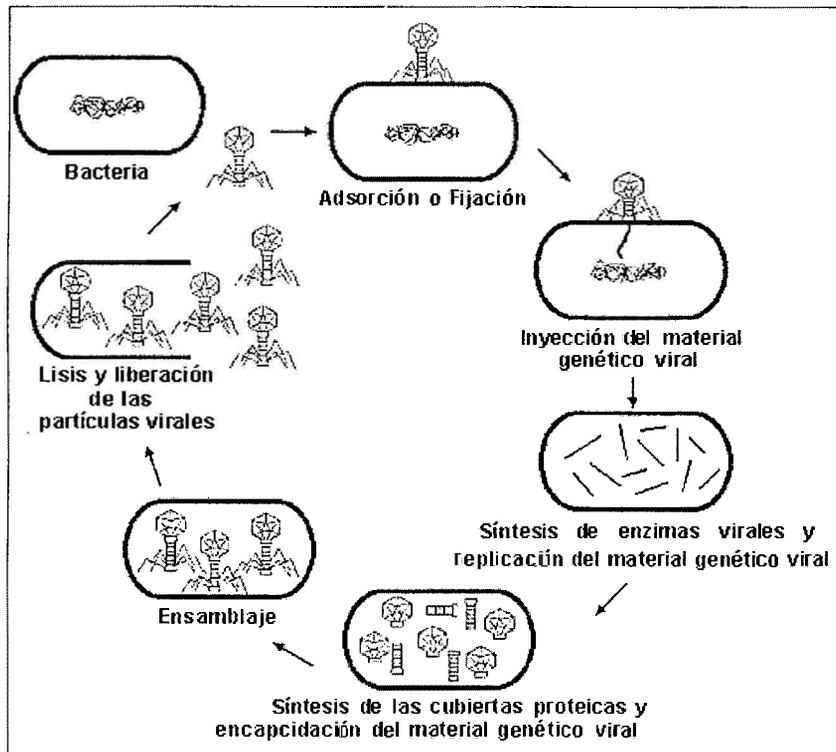
El método de cuantificación se basa en la formación de placas de lisis, cuando los colifagos (bacteriófagos) infectan y se multiplican en bacterias sensibles a ellos, provocan la lisis celular de esas bacterias y la liberación de partículas virales que infectarán las células bacterianas adyacentes. A medida que las bacterias se vayan lisando, se formarán zonas claras entre el crecimiento confluyente de la bacteria utilizada, determinando las conocidas como “placas de lisis”. La cepa utilizada en los ensayos es una *E. coli* sensible a la infección por colifagos (ATCC 13706). OMS (2004).

**Valor como indicador de colifagos.** Los colifagos tienen muchas características en común con los virus humanos, como su composición, morfología, estructura y modo de replicación. Por lo tanto, los colifagos son sustitutos o modelos útiles para evaluar el comportamiento de los virus entéricos en medios acuáticos y su sensibilidad a los procesos de tratamiento y desinfección. A este respecto, son más útiles que las bacterias fecales.

**Fuentes y prevalencia de colifagos.** Las personas y animales excretan cantidades relativamente pequeñas de colifagos. Debido a sus diferentes modos de replicación y especificidad de hospedador

**Relevancia de su presencia en agua de consumo.** Dado que los colifagos se replican típicamente en el aparato digestivo de las personas y de otros animales de sangre caliente, su presencia en el agua de consumo es un indicador de contaminación fecal y, por lo tanto, de la posible presencia de virus entéricos y, posiblemente, de otros agentes patógenos. La presencia de colifagos en el agua de consumo también indica fallos en los procesos de tratamiento y desinfección.

**Ciclo de multiplicación del bacteriófago.** Los bacteriófagos se fijan a la superficie de la célula hospedera por estructuras superficiales específicos denominados receptores, la naturaleza de estos receptores varía según el fago; lipopolisacáridos y proteínas de la pared celular, ácido teicoico, flagelos, y pili pueden servir como receptores. El DNA es inyectado en el interior de la célula bacteriana a través de la cola que se acorta sensiblemente, la cubierta del virus la cabeza, la cola y los filamentos de anclaje quedan adsorbidos en superficie y no penetran dentro de la célula. En la síntesis de los ácidos nucleicos y de las proteínas víricas el genoma de DNA sirve como molde para la síntesis de mRNA, y las moléculas de mRNA sintetizadas se traducen para dar lugar a proteínas víricas, en algún momento después del inicio de la síntesis del mRNA, tiene lugar la replicación del DNA y se producen más genomas víricos. El ensamblaje consiste en la unión de los nuevos ácidos nucleicos víricos con los capsómeros de proteínas para dar nuevas partículas víricas, para la síntesis de proteínas víricas y ácidos nucleicos se utilizan los ribosomas y enzimas necesarias de la célula hospedadora, pero con la información genética de los ácidos nucleicos víricos. Para la liberación de partículas fágicas la célula hospedadora se destruye y deja salir cientos de virus maduros que buscan otras células a las que infectan, otras veces mantienen vivas a las células hospedadoras durante cierto tiempo convirtiéndola en una fábrica de viriones que suelen salir de ella por gemación, adquiriendo la envoltura de esta manera. Prescott (2009).



**Figura Nº 01:** Ciclo de multiplicación de colifagos (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2003)

## 2.12 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UCHUYPAMPA

La comunidad de Uchuypampa esta ubicada en el distrito de Tambillo, provincia de Huamanga, región de Ayacucho con coordenadas geográficas UTM 589587.32 E, 8541216.56 W; con altitud de 2780– 2852 m.s.n.m.

Se encuentra ubicada en el piso ecológico región quechua, su clima se presenta entre templado y frío también presenta un clima cálido en sus partes bajas, la temperatura promedio anual es 18° C a 22° C, su topografía es semiaccidentada la misma que va de ondulada a accidentada, presenta mantos rocosos y un suelo calcáreo. Expediente Técnico. Agua Potable, Uchuypampa (2009).



**Mapa satelital N° 01:** Ubicación geográfica de la zona de estudio (google erth, 2010)

La comunidad tiene 320 habitantes, de los cuales el 50,3% son varones y el 49,7% son mujeres. El 30,6% de la población la constituyen los niños menores de 10 años y el 14,7% lo constituyen niños menores de 5 años. Las enfermedades más frecuentes para el grupo niños y niñas de cero a dos años son: infección respiratoria aguda, parasitosis, infecciones de la piel; para el

grupo niños y niñas de tres a nueve años con parasitosis e infecciones de la piel, la población se atiende en el puesto de salud Guayacondo que se encuentra a 40 minutos de la comunidad. Su actividad económica principal es la agricultura predominan los cultivos de maíz, papa, trigo, haba, arvejas, también cultivan flores y hortalizas, algunas familias se dedican a la crianza de ganado vacuno, ovino, caprino y animales menores. Las viviendas son de material tradicional con muros de adobe, cimentación de piedra, techo de teja y calamina. Expediente Técnico. Agua Potable, Uchuypampa (2009).

El recurso hídrico con el que cuenta son manantiales denominados Uchkupuquio, Millpu, Arparumi que se ubican a 6.73Km, 6.14Km, 7.59Km de la plazoleta principal respectivamente y canal lateral abierto Río Cachi ubicado a 600 metros de la plazoleta,

Las características de cada componente del sistema de agua se detallan a continuación:

- **Captación.** Las captaciones de manantial son tipo ladera en el lugar denominado Millpu, Uchkupuquio y Arparumi con un caudal de  $Q=0.049$  LPS y  $Q = 0.219$  LPS respectivamente, ubicados por encima de los 3,832 m.s.n.m en regular estado de conservación.
- **Línea de conducción.** La longitud de la línea de conducción es de 6+476 Km aproximadamente desde la captación hasta el reservorio de regulación, que conduce el agua mediante una tubería de PVC diámetro 1½" enterradas a una profundidad de 0.50 metros, en regular estado de conservación.
- **Reservorio.** El reservorio de regulación es de tipo cuadrangular con una capacidad de 30 m<sup>3</sup> ubicada a 600 m en la cabecera de la comunidad de Uchuypampa. Este reservorio recibe y almacena el agua de los manantiales

Millpu, Uchkupuquio y Arparumi, así como del canal abierto lateral río Cachí. El agua del canal abierto antes de entrar al reservorio pasa por un proceso de decantación y filtración, cuyo mecanismo se inicia en la captación tipo rompe presión, luego en un desarenador y filtrarse en un filtro lento de arena y grava graduada para finalmente llegar al reservorio y ser clorado.

- **Red de aducción y distribución.** La red de aducción y distribución es mediante tubería PVC de una pulgada de diámetro que van hacia las viviendas.
- **Conexiones domiciliarias.** El suministro de agua en las viviendas esta dada por piletas con lavaderos, y el agua usada están interconectadas al desagüe consistente con una planta de tratamiento con pozos sépticos y percoladores.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la comunidad de Uchuypampa ubicada en el distrito de Tambillo, provincia de Huamanga y región de Ayacucho a una altitud aproximada de 2780 a 2852 m.s.n.m, a 10 Km de la ciudad de Ayacucho.

#### 3.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN

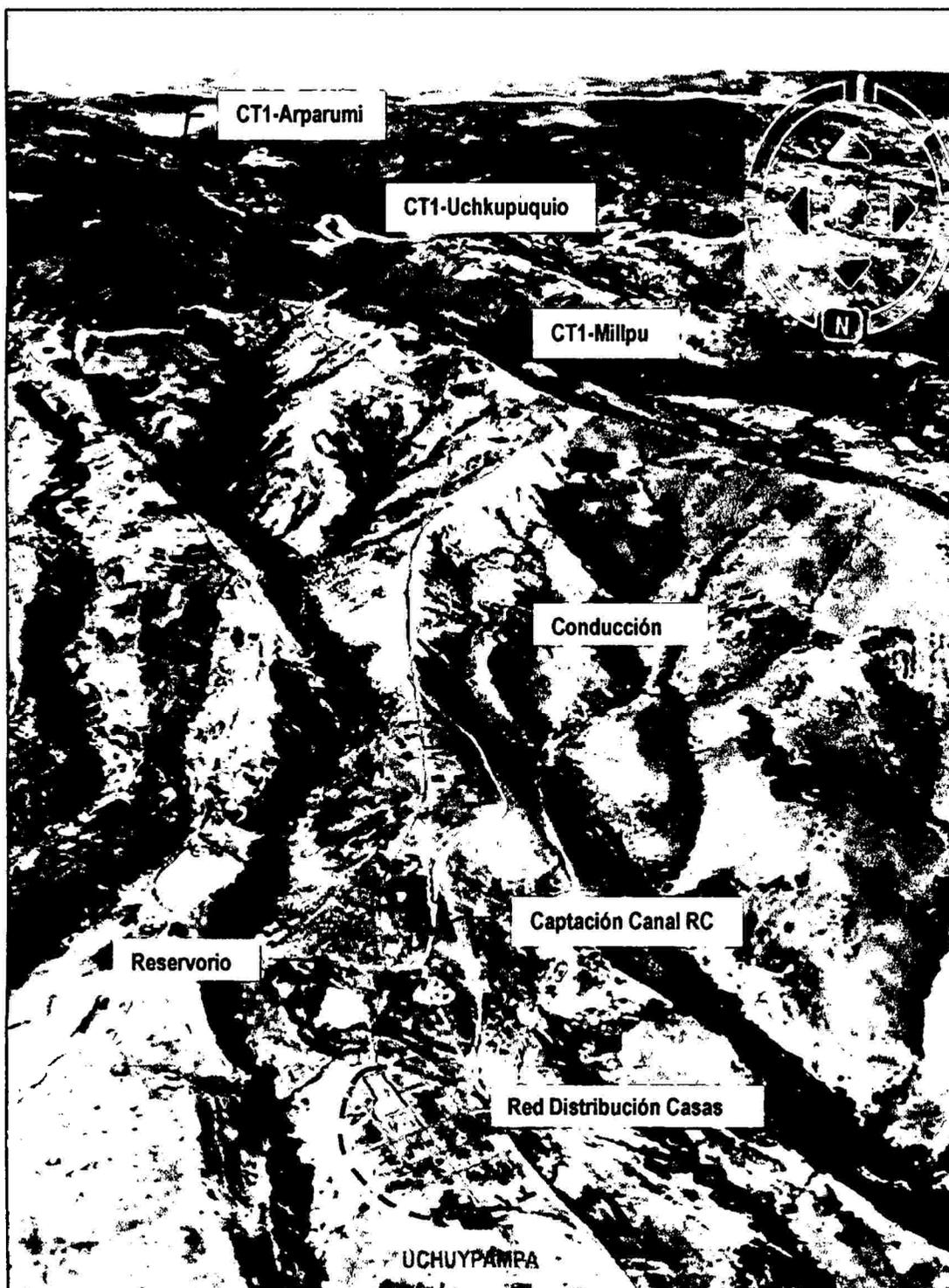
El agua de consumo humano proveniente de las cuatro fuentes de captación Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal lateral abierto del río Cachi, que en forma conjunta son utilizados para el abastecimiento de agua en la población de Uchuypampa.

#### 3.3 TAMAÑO DE MUESTRA

Seis zonas muestrales tomadas por duplicado de cada zona con un intervalo de cada 15 días en un periodo de tres meses, que hace un total de 72 muestras.

Las zonas muestrales fue estratificado en dos:

- **Agua no tratadas.** Las cuatro zonas de captación Millpu, Uchkupuquio, Arparumi y canal lateral de río Cachi.
- **Agua tratada.** Zonas como la del reservorio y el grifo en las viviendas.



Mapa satelital N° 02: Sistema de abastecimiento de agua de la comunidad de Uchuypampa (google erth, 2010)

### 3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de muestras se realizó en base a las técnicas de muestreo de agua para análisis microbiológico establecido por APHA-American Public Health Association. En todos los casos las muestras fueron recolectadas en frascos de vidrio estériles con una capacidad mínima de 500 mL, de acuerdo al siguiente detalle: Para la toma de las muestras en las cuatro zonas de captación así como del reservorio y el caño de las viviendas se utilizó frascos de vidrio estéril, aclarando que para las muestras en reservorio y caño de la vivienda se utilizó una solución de 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 10%. La forma de muestreo fue por inmersión manual, manteniendo en cada caso las condiciones de asepsia, en todos los casos los frascos fueron rotulados registrando zona de muestreo, fecha y hora. Las muestras fueron transportadas desde la zona de muestreo al laboratorio en cajas de tecnopor con hielo manteniendo sus características iniciales, y una vez llegado al laboratorio fueron procesados inmediatamente.

En cuanto al estudio bacteriológico del recuento de coliformes totales y coliformes fecales se realizó por la técnica del Número Mas Probable (NMP) y el estudio virológico del recuento de colifagos se realizó por el método de Capa Simple, ambos estudios se realizó en el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela de Formación Profesional de Biología.

## **3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

### **3.5.1 Recuento de coliformes totales y coliformes fecales por la técnica de Número Más Probable (NMP)**

Esta técnica es recomendada para el recuento de coliformes totales y coliformes fecales por el (APHA, 1992) Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y Residuales.

#### **Procedimiento de la dilución:**

- Con una pipeta estéril de 10 mL y teniendo en cuenta los cuidados de asepsia se transfirió 10 mL de la muestra a un frasco conteniendo 90 mL de agua de dilución estéril, así se tubo preparado la primera dilución ( $10^{-1}$ ), siendo que 1mL de la misma correspondió a 0.1mL de la muestra.
- Se homogenizó el frasco que contiene la primera dilución ( $10^{-1}$ ), y con otra pipeta estéril se transfirió 10 mL a otro frasco conteniendo 90 mL de agua peptonada estéril consiguiéndose así, la segunda dilución decimal ( $10^{-2}$ ), siendo que 1mL de la misma corresponde a 0.01mL de la muestra.
- Se procedió de la misma forma hasta la secuencia de dilución deseada ( $10^{-3}$ ).

#### **Prueba Presuntiva**

- Se sembró 1mL de cada una de las diluciones seleccionadas en 10mL de caldo lauril sulfato triptosa, cada dilución se sembró con cinco repeticiones.
- Se incubó a  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 - 48 horas.
- Se procedió de la misma forma para la tercera dilución ( $10^{-3}$ )
- Se realizó la primera lectura de la prueba transcurrido las 24 horas, la producción de gas en los tubos de fermentación se tomó como resultado positivo. Los tubos negativos se incubaron por 24 horas adicionales.

### **Prueba confirmativa para coliformes totales**

- Se eligió tres series de diluciones consecutivas que incluyen la serie de tener el mayor número de positivos y las series de las dos diluciones subsiguientes.
- Se confirmó en caldo lactosado verde brillante bilis (CLVBB) 2%, se sembró un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas, en igual número de tubos con CLVBB, la inoculación se realizó con un asa de kolle.
- Se incubó a  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Se realizó la primera lectura considerando como positivo los tubos en los cuales se observó la producción de gas.
- En los tubos que no se produjeron gas se incubó por 24 horas adicionales.
- Se anotó el número de tubos confirmados como positivos.
- Se realizó la lectura en la tabla del NMP.

### **Prueba confirmativa para coliformes fecales**

- Se seleccionó tres series de tubos positivos de la prueba presuntiva (caldo lauril sulfato triptosa) siguiendo el mismo criterio de selección que se tubo para la prueba confirmativa de coliformes totales.
- Se confirmó en caldo EC. Medio para *Escherichia coli*, se sembró un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas en igual número de tubos en el medio EC.
- Se incubó a  $44.5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Se realizó la lectura considerando como positivo los tubos de fermentación en los cuales se ha producido gas.
- Se anotó el número de tubos confirmados como positivos.
- Se realizó la lectura en la tabla del NMP.

### **3.5.2 Recuento de colifagos por la técnica capa simple**

Esta técnica esta recomendado por la American Public Health Association (APHA, 1989), en la que se utiliza una cepa multireceptora de colifagos codificada por la American Type Cultura Collection como *Escherichia coli* 13706, la técnica en referencia a sido modificada a nuestras condiciones en la Guía de prácticas de virología por Alarcón y Huamán, (2007).

#### **a. Preparación de la cepa hospedera *E. coli* ATCC 13706**

A partir de la cepa hospedera reactivada mantenida en cultivo stock en agar tripticasa soya (TSA, Merck), se sembró la cepa *Escherichia coli* ATCC 13706 en 10 mL de caldo soya tripticasa (CST), y se incubó a 37° C por 18 - 24 horas, hasta obtener una concentración aproximada de  $1 \times 10^9$  bacterias/mL, determinada por comparación con el nefelómetro de Mac Farland.

#### **b. Filtración de las muestras de agua**

Se realizó un pre-tratamiento a las muestras de agua en estudio, antes de su procesamiento utilizando el equipo de filtración al vacío y filtros de membrana de celulosa de 0.45  $\mu$ m de porosidad, por medio de la cual se procedió a filtrar 100 mL (para cada caso) de muestra, previamente homogenizada terminado el proceso se obtuvo el filtrado con los posibles fagos, este filtrado se transfirió a tubos vacíos estériles previamente codificados.

#### **c. Detección de colifagos en las muestras de agua**

Se preparó 2 matraces de 100 mL con aproximadamente 15 a 20 mL de AST licuado y mantenido en 40 – 45° C en baño maría, para cada muestra. Luego se añadió a cada matraz 5 mL del filtrado y 1 mL del cultivo joven de *Escherichia coli* ATCC 13706. Inmediatamente se procedió a mezclar constantemente y se procedió a verter homogéneamente mediante rotación manual la mezcla en

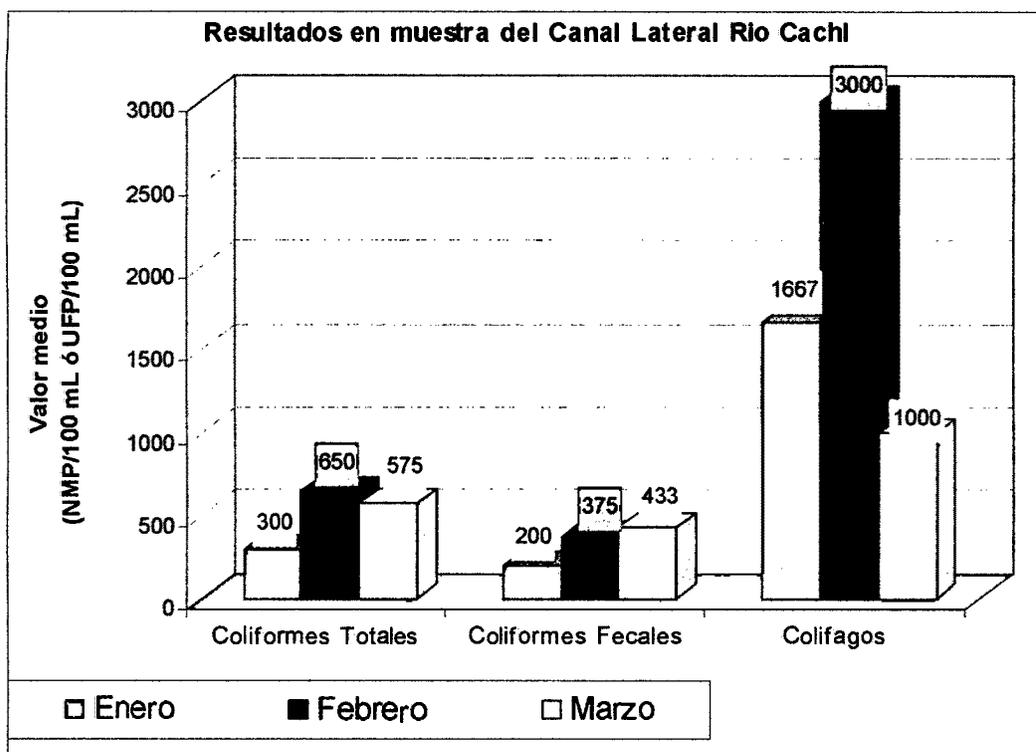
placas petri estériles, dejándose enfriar hasta su solidificación, luego se incubó a 35 - 37° C por 18 - 24 horas. Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a realizar el recuento de las placas de lisis formadas, reportándose los resultados como Unidades Formadoras de Placas (UFP/100 mL).

### **3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El procesamiento de datos fue realizado aplicando las técnicas de la estadística descriptiva y la estadística inferencial. Los datos obtenidos fueron procesados con el software SPSS 15, presentando los estadísticos de tendencia central en tablas y gráficos, y para la inferencia se estableció un intervalo de confianza del 95%.

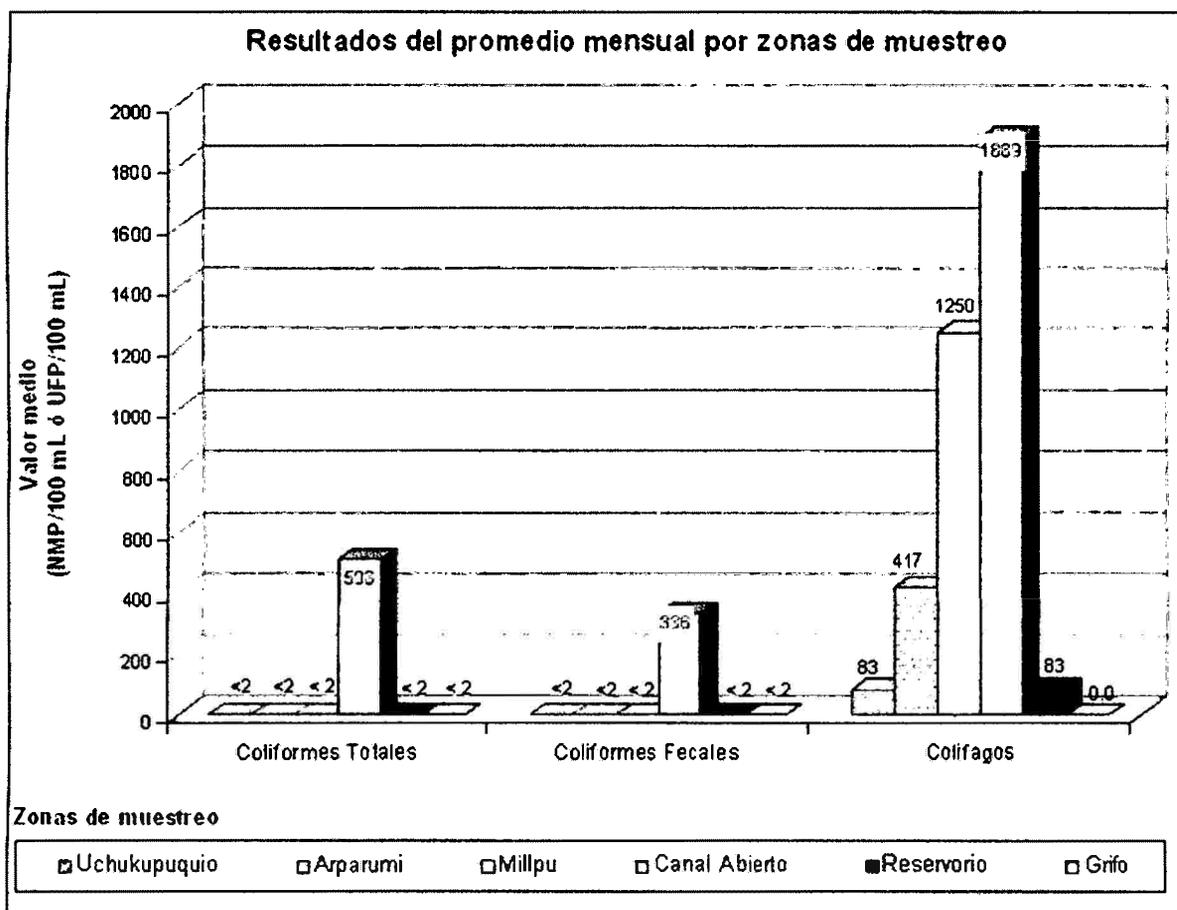
Se intentó demostrar la dependencia de los coliformes fecales y coliformes totales frente a la presencia de los colifagos, esto es porque se considera a colifagos como variable independiente y a coliformes totales, coliformes fecales como variables dependientes.; y en este caso, no existe tal relación.

#### **IV. RESULTADOS**

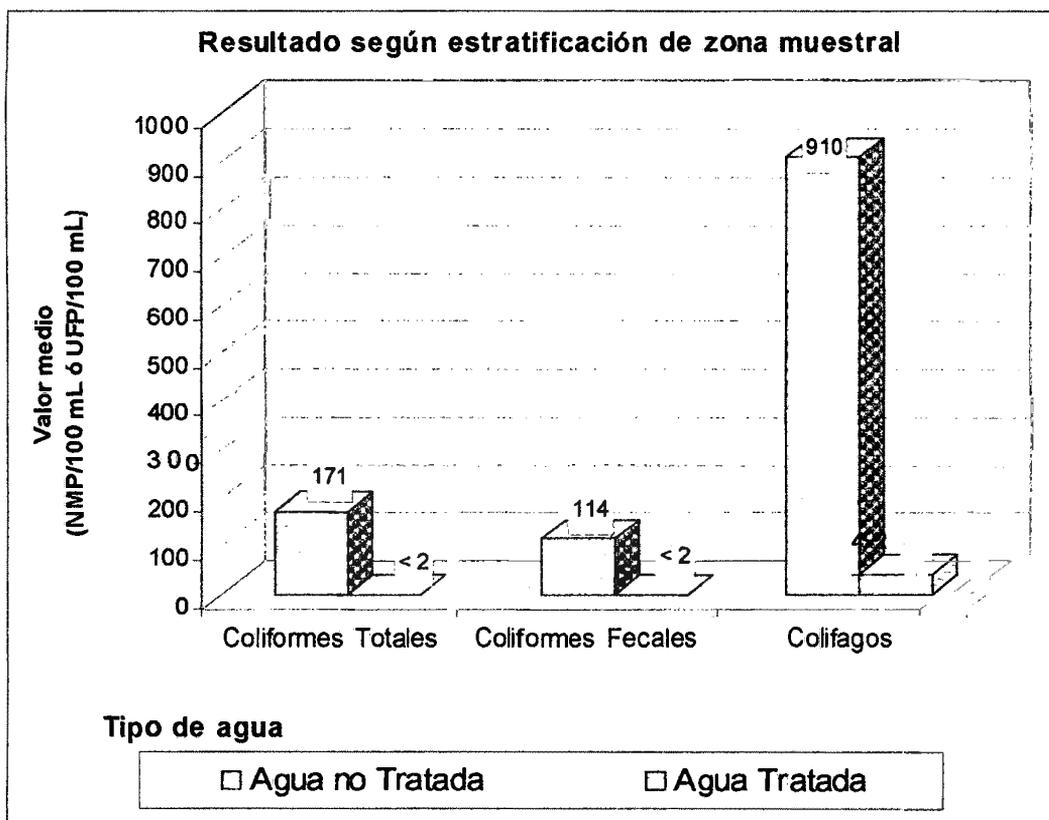


**Gráfico N° 01:** Variación del número promedio de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos detectados mensualmente en muestras de agua de la Captación Canal Lateral Rio Cachi<sup>1</sup> para consumo humano en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

<sup>1</sup> Las muestras de agua tomadas en la Captación Uchkupuquio, Arparumi, Millpu; e incluso las muestras de zonas post tratamiento de agua como el reservorio y el grifo de la vivienda, el NMP/100mL de coliformes totales y coliformes fecales resultaron menor a dos (< 2) y el UFP/100mL de colifagos fue cero (0) en la mayoría de muestras. Motivo por lo que, obvie hacer la gráfica.



**Gráfico Nº 02:** Número promedio de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos detectados en muestras de agua de consumo humano (según zona de muestreo) en la comunidad de Uchuypampa, 2010.



**Gráfico N° 03:** Número promedio comparativo de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos detectados en muestras de agua de consumo humano según zona muestral (tratada y no tratada) en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

## V. DISCUSIÓN

En el **Gráfico N° 01** se observa el número promedio de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos contabilizados en muestras de agua de una de las fuentes de captación para consumo humano de la comunidad de Uchuypampa, en el periodo comprendido de enero a marzo del 2010, llegándose a determinar que el promedio de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos fueron 650 NMP/100 mL (enero), 433 NMP/100 mL (marzo) y 3000 UFP/100 mL (febrero), respectivamente; la diferencia de estos valores promedios puede explicarse debido a las variaciones estacionales que producen fluctuaciones entre colifagos y coliformes. Paz, M, Lazcano, C; Ponce, M; León, J. (2003).

En muestras evaluadas de Bocatoma en el periodo de (junio a septiembre) observaron que las medias geométricas para colifagos, coliformes totales y fecales fueron de 2267.25 UFP/100 mL,  $5.65 \times 10^4$  UFC/100 mL y  $1.41 \times 10^4$  UFC/100 mL respectivamente. Variaciones similares fueron encontradas por Keswick (1984) al observar concentraciones de colifagos, coliformes totales y fecales estas aumentaban durante la estación lluviosa del año y disminuían durante la estación seca. Vilca (1997) en su análisis de agua de consumo en los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista, Pacaicasa, Santiago de Pischa y Quinoa, da conocer que un 37% de las muestras analizadas estaban

contaminadas con microorganismos en el periodo seco y el 45.8% en periodo lluvioso; lo cual significa que incluso la variación estacional de climas que se dan en nuestra localidad es un factor más que favorece a la contaminación del agua.

En el **Gráfico N° 02** se observa el número promedio de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos contabilizados en muestras de agua de consumo humano según zona de muestreo (Uchkupuquio, Arparumi, Millpu, canal abierto río Cachi, reservorio y grifo de las viviendas), llegándose a determinar promedios más altos en muestras de agua en la zona de captación canal lateral Río Cachi para coliformes totales, coliformes fecales y colifagos fueron 508 NMP/100 mL, 336 NMP/100 mL, 1889 UFP/100 mL respectivamente. La presencia de coliformes y colifagos indican contaminación fecal reciente en esta fuente de agua, por tratarse de agua superficial que está expuesto a contaminación sea por precipitaciones que alteran las características fisicoquímicas del agua, principalmente la turbidez, lo que podría asociarse al incremento en el recuento de colifagos u otro tipo de contaminación por arrastre de partículas contaminadas a la fuente entre otros.

Realizar un tratamiento previo reducirá la carga microbiana de materia orgánica natural y de partículas, la filtración puede actuar como barrera permanente y eficaz contra microbios patógenos. En la zona de captación Millpu, Arparumi y Uchkupuquio se detectó colifagos con promedios 1250 UFP/100 mL, 417 UFP/100 mL, 83 UFP/100 mL, respectivamente, en el Reservorio 83 UFP/100 mL y en el Grifo ninguno. No hay presencia de coliformes totales y coliformes fecales en las zonas de captación Uchkupuquio, Arparumi, Millpu, tampoco en Reservorio y Grifo. Rodier (1990) menciona que los colifagos son habitantes ubicuos del tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente por lo

cual pueden contaminar las fuentes de agua potable al ser vertidos junto con las descargas fecales a las aguas superficiales o al suelo.

En el **Gráfico Nº 03** se observa el número promedio comparativo de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos contabilizados en muestras de agua según la zona muestral (Aguas no tratadas Vs Agua tratada). El agua de las fuentes de captación (Uchukupuquio, Arparumi, Millpu y Canal Lateral Rio Cachi) confluyen antes de ingresar al reservorio, donde el número promedio de coliformes totales sería 171 NMP/100mL, coliformes fecales 114 NMP/100mL y colifagos con 910 UFC/100mL; y después del proceso de tratamiento del agua, la presencia de colifagos se reduce a 42 UFC/100mL, los coliformes fecales y coliformes totales hasta < 2 NMP/100mL. Esto hace suponer que el mecanismo de tratamiento del agua existente y el efecto de cloración al agua para consumo humano de los habitantes de Uchuypampa que realiza la JASS de la Comunidad, resulta deficiente porque al analizar muestras de agua post tratamiento (agua tratada) como en el aductor del reservorio y en grifos de las viviendas, el valor promedio de colifagos aún es alto (42 UFC/100mL) y por ende la posibilidad de existencia de coliformes totales y coliformes fecales; que de acuerdo a la norma técnica del "Reglamento de Calidad del Agua de Consumo humano -Petú" debe ser cero. La presencia de estos microorganismos evidencian la contaminación fecal reciente, esto puede deberse a fracturas o fisuras de las tuberías y/o infiltraciones a la cámara de captación, por donde ingresan los contaminantes hasta la fuente, ya que el agua subterránea de los acuíferos confinados o profundos están generalmente libre de microorganismos; pero en aguas superficiales deberán al menos desinfectarse y filtrarse adecuadamente.

Paz, M; Lazcano, C; Ponce, M; León, J. (2003) al cuantificar colifagos en muestras de agua no tratada "Bocatoma" han obtenido una media geométrica de

2267.25 UFP/100 mL, en cambio para muestras de agua decantada, agua filtrada y agua clorada no registró presencia de colifagos a varias cuantificaciones. Chuchon (1987) analizó muestras de agua provenientes de los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista y Carmen Alto donde el 5% de las muestras analizadas resultaron positivas para coliformes totales, lo que evidencio la existencia de riesgo microbiológico post tratamiento en la red de distribución de agua potable de la localidad. La distancia, las horas prolongadas de recorte de suministro además de las precarias instalaciones o tuberías son factores determinantes de la contaminación.

## VI. CONCLUSIONES

1. El agua del canal lateral Río Cachi, que utilizan como fuente de captación para consumo humano de los habitantes de Uchuypampa presenta mayor contaminación, en el 100% de muestras analizadas hay presencia de colifagos, coliformes totales y coliformes fecales, observando que el grado de contaminación varía de una estación a otra. En las otras fuentes de captación como Uchukupuquio, Arparumi y Millpu hay presencia evidente de colifagos pero no de coliformes totales y coliformes fecales.
2. El agua de 04 fuentes de captación<sup>2</sup> confluyen antes de ingresar al reservorio, donde el número promedio de colifagos sería 910 UFC/100mL, coliformes totales 171 NMP/100mL y coliformes fecales con 114 NMP/100mL; y después del proceso de tratamiento del agua, la presencia de colifagos se reduce a 42 UFC/100mL, los coliformes fecales y coliformes totales hasta < 2 NMP/100mL. Esto indica que el agua que consumen las familias de la Comunidad de Uchuypampa presenta contaminación microbiológica.
3. No existe relación de dependencia de coliformes totales ni coliformes fecales con los colifagos, por tanto, no hay correlación de variables.

---

<sup>2</sup> Las fuentes de captación son. Uchukupuquio, Arparumi, Millpu y Canal Lateral Río Cachi

## VII. RECOMENDACIONES

1. El presente trabajo, recomiendo a los estudiantes de Biología, a estudiantes de las carreras afines y al público interesado, que puedan proseguir en las investigaciones relacionadas al tema de la contaminación microbiológica del agua, en Comunidades Campesinas donde el abastecimiento del agua es mayormente entubada utilizando fuentes de agua subterránea y/o superficiales.
2. Recomiendo a las ONGs y las comunidades campesinas, que cuando ejecuten proyectos de agua potable construyan sistemas de infraestructuras adecuadas y suficiente para garantizar la dotación del agua de calidad, que limite al menos los riesgos de contaminación externa, como es el caso de la contaminación fecal.
3. Recomiendo a Gobiernos Locales y mismas Autoridades Comunales, establecer programas de control permanente para el mantenimiento, limpieza y desinfección del sistema de abastecimiento de agua con participación de toda la comunidad y capacitando al personal encargado para dichas actividades.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **APHA**, 1989. Standard methods for the Examination of Water and Wastewater, 16 ava. Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
2. **APHA, AWWA, WPCF**. 1992. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Ediciones Días de Santos S.A. 17 Edición.USA.
3. **Alarcón, J., Huamán, R.** 2007. Guía de Prácticas de Virología. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas. Ayacucho, Perú.
4. **Barrios, C., Torres, R., Cristina, T., Agüero, R.** 2009. Guía de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. CEPIS/OPS, Edición Multimedia, Pág. 54, 55; Perú.
5. **Chuchón, S.** 1987. Evaluación del Riesgo Microbiológico de la Red de Distribución de Agua Potable en la Ciudad de Ayacucho. Perú.
6. **Chuchón, S.** 1998. Manual de Análisis de Aguas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
7. **Echarri, L.** 1998. Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. Editorial Teide S.A. Barcelona España.
8. **Expediente Técnico ONG PROANSEL PERÚ.** 2009. Del Proyecto Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Sistema de Saneamiento, Uchuypampa -Tambillo- Huamanga-Ayacucho.
9. **Goya,** 1997. Calidad Bacteriológica de las aguas en Plantas faneadoras en la provincia de Tucumán. Lab. Región SENASA.
10. <http://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2010/09/Calidad-agua-en-el-Per%C3%BA.pdf>. Reglamento de Calidad del Agua de Consumo humano - Perú
11. **Keswick, B., Yerba, H., Dupont, J.** 1984. Detection of entericviruses in treated drinking water. Appl. Environ. Microbial. 47, 1290-1324 [STANDARDIZEDENDPARAG].
12. **OMS**, 2004. Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición. Volumen 1 Organización Mundial de la Salud. Ginebra. Paginas: 219, 220,

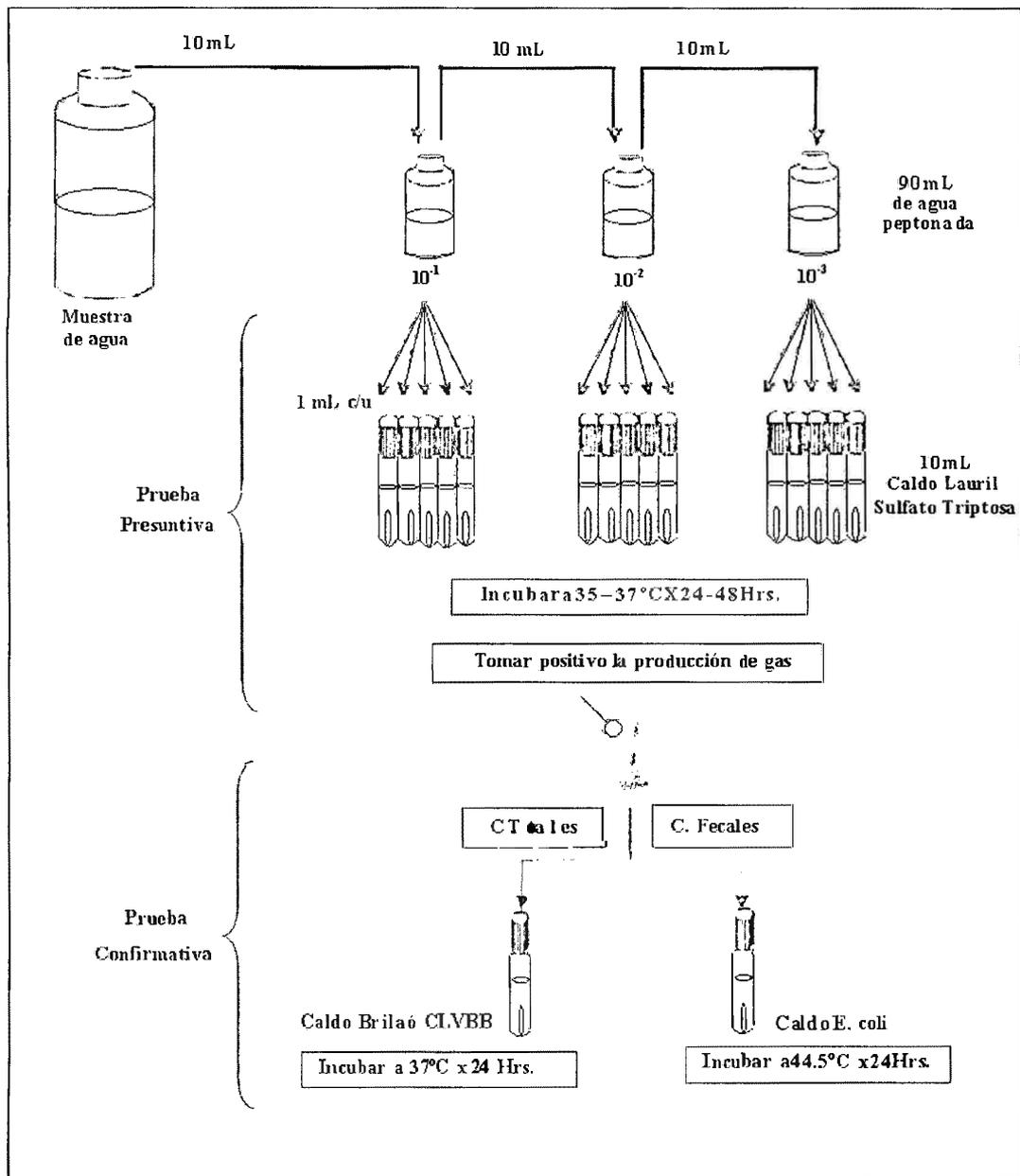
224. URL:<http://www.bvsde.paho.org/CD->

[GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506\\_Chapter\\_11\\_S\\_Final.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506_Chapter_11_S_Final.pdf)

13. **OPS/ CEPIS/OMS**, 2004. Guía de promoción y desarrollo comunitario para asegurar la calidad del agua en los países en desarrollo. Perú  
<http://www.cepis.ops-oms.org>.
14. **OMS**, 1985. Guías OMS para la calidad del agua de bebida Vol.1 .  
Publicación Científica OPS Nx 481.
15. **Paz, M., Lazcano, C., Ponce, M., León, J.** 2003. Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua. Universidad Nacional Mayor de SAN Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. *Rev. Perú. Biol.* 10(2): 133 -144.
16. **Prescot, Harley, Klein.** 2009. Microbiología, séptima edición, Ed. McGraw – Hill – Interamericana, pag. 430 – 434, España.
17. **URL. google earth**, 2010. Foto satelital
18. **Vargas, C.** 1996. Control de calidad del agua en la red de distribución. CEPIS. Lima, Perú.
19. **Vilca, T.** 1997. Calidad Microbiológica del agua de Consumo en las Provincias de Huamanga. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas. Ayacucho, Perú.
20. **Zevallos, P.** 1997. Evaluación de colifagos como indicadores alternativos de contaminación fecal en la planta de tratamiento de agua de la Atargea. Lima-Perú. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Federico Villareal. URL:<http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>

## **ANEXOS**

## ANEXO 01



**Figura N° 01:** Flujograma del recuento de coliformes totales y coliformes fecales por la técnica del Número Más Probable (NMP). (Chuchón, 2002)

## ANEXO 02

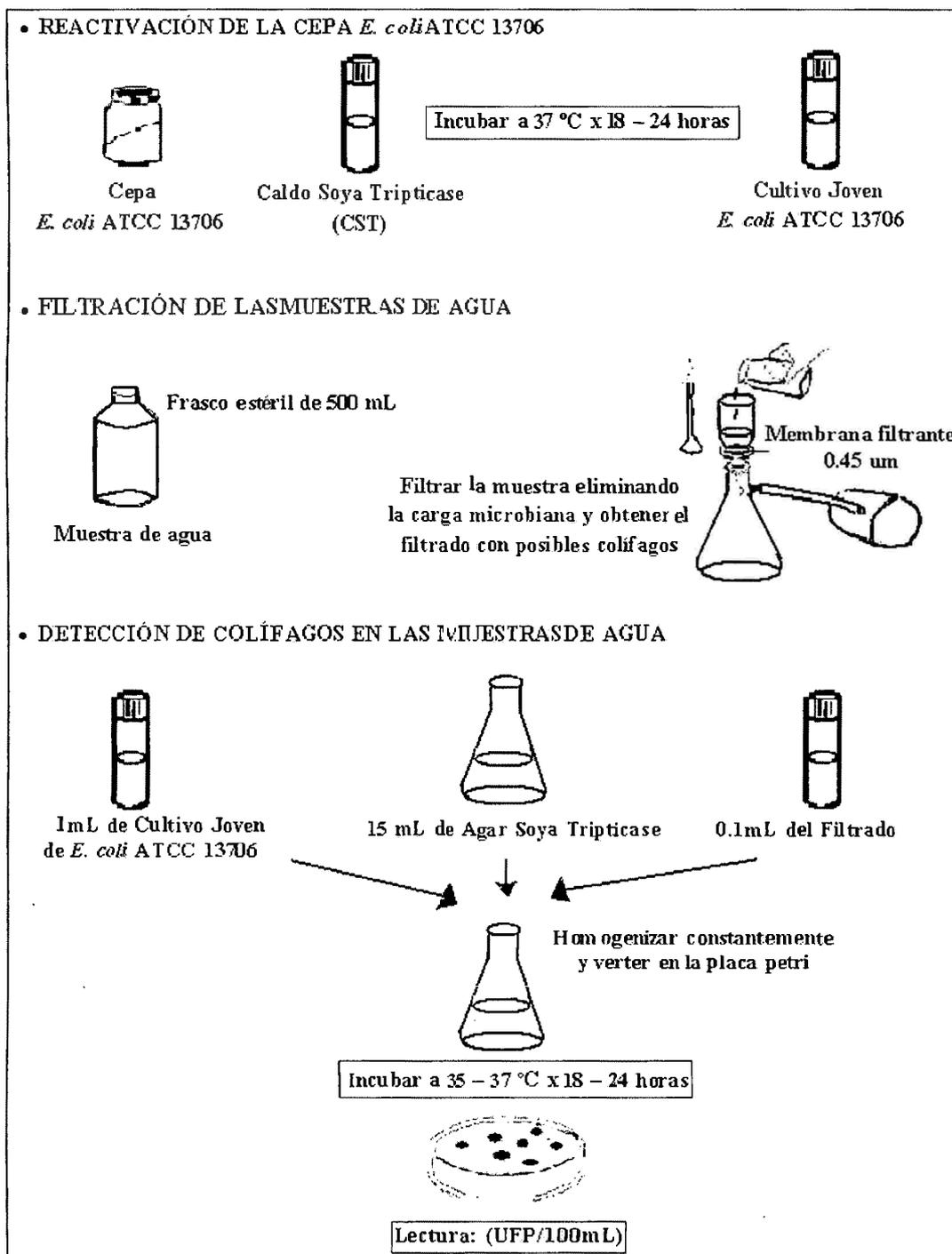


Figura Nº 02: Flujoograma del aislamiento de colifagos por la técnica de capa simple. (APHA, 1989; Alarcón y Huamán, 2007. Modificado)

### ANEXO 03

**Cuadro N° 1:** Frecuencia absoluta de los resultados del análisis de agua de consumo humano (Comunidad Uchuypampa) obtenido por zonas de muestreo en el **recuento de Coliformes Totales** en periodos mensuales.

PERIODO DE MUESTREO	NMP/ 100mL	ZONAS (FUENTES) PREVIO A TRATAMIENTO				ZONAS(FUENTES)CON TRATAMIENTO	
		Uchkupuquio	Arparumi	Millpu	Canal alternativo	Reservorio	Grifo
Ene-2010	< 2	4	4	4	2	4	4
	200	-	-	-	1	-	-
	400	-	-	-	1	-	-
Feb- 2010	< 2	4	4	4	-	4	4
	400	-	-	-	2	-	-
	900	-	-	-	2	-	-
Mar-2010	< 2	4	4	4	-	4	4
	200	-	-	-	2	-	-
	800	-	-	-	1	-	-
	1100	-	-	-	1	-	-

## ANEXO 04

**Cuadro N° 2:** Frecuencia absoluta de los resultados del análisis de agua de consumo humano (Comunidad Uchuypampa) obtenido por zonas de muestreo en el **recuento de Coliformes Fecales** en periodos mensuales.

PERIODO DE MUESTREO	NMP/ 100mL	ZONA (FUENTES) PREVIO A TRATAMIENTO				ZONA(FUENTES)CON TRATAMIENTO	
		Uchkupuquio	Arparumi	Millpu	Canal alterno	Reservorio	Grifo
Ene-2010	< 2	4	4	4	2	4	4
	200	-	-	-	2	-	-
Feb-2010	< 2	4	4	4	-	4	4
	200	-	-	-	2	-	-
	400	-	-	-	1	-	-
	700	-	-	-	1	-	-
Mar-2010	< 2	4	4	4	1	4	4
	200	-	-	-	1	-	-
	400	-	-	-	1	-	-
	700	-	-	-	1	-	-

## ANEXO 05

**Cuadro N° 3:** Frecuencia absoluta de los resultados del análisis de agua de consumo humano (Comunidad Uchuypampa) obtenido por zonas de muestreo en el **recuento de colifagos** en periodos mensuales.

PERIODO DE MUESTREO	UFC / 100mL	ZONAS (FUENTES) PREVIO A TRATAMIENTO				ZONA(FUENTES)CON TRATAMIENTO	
		Uchkupuquio	Arparumi	Millpu	Canal alterno	Reservorio	Grifo
Ene-2010	0	4	4	4	1	4	4
	1000	-	-	-	1	-	-
	2000	-	-	-	2	-	-
Feb-2010	0	4	4	3	-	4	4
	1000	-	-	1	-	-	-
	2000	-	-	-	2	-	-
	3000	-	-	-	1	-	-
	5000	-	-	-	1	-	-
Mar-2010	0	3	3	2	-	3	4
	1000	1	-	-	4	1	-
	5000	-	1	-	-	-	-
	6000	-	-	1	-	-	-
	8000	-	-	1	-	-	-

## ANEXO 6

**Cuadro N° 4:** Datos generales del recuento de coliformes totales, fecales y colifagos como indicadores de contaminación fecal en agua de consumo humano en la comunidad de Uchuyupampa 2010.

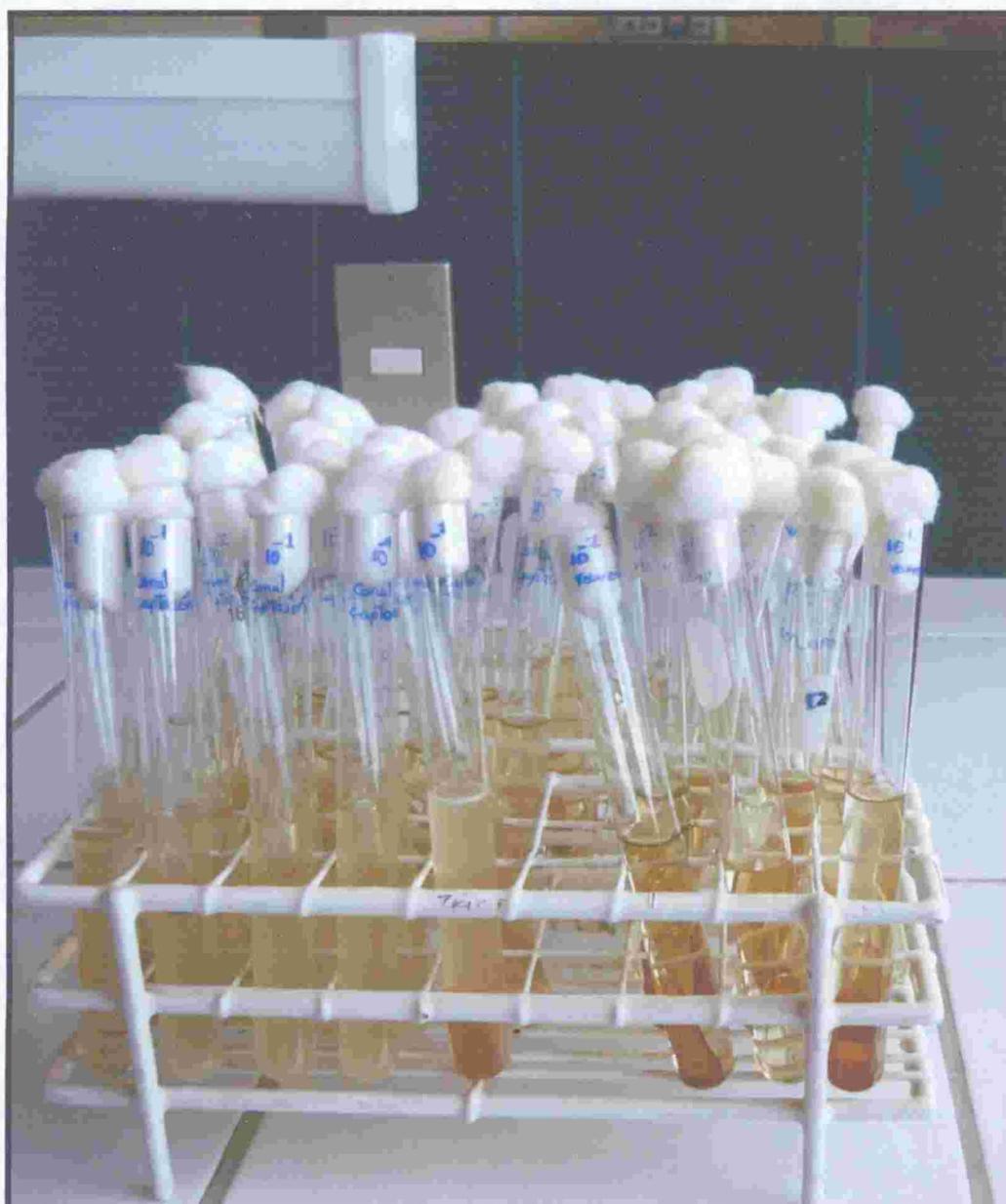
Fecha y hora de muestreo	Fecha y hora de análisis	Tipo muestra	Zona de muestreo	Coliformes totales en Caldo Brila ó CLVBB	Coliformes fecales en Caldo E. coli	Colifagos
				NMP/100mL	NMP/100mL	UFC/100mL
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
15/01/2010 8:00 a.m.	15/01/2010 4:30 p.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	<2	<2	2000
			Repetición	<2	<2	0
			Reservorio	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
31/01/2010 3:30 p.m.	01/02/2010 8:00 a.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	200	200	2000
			Repetición	400	200	1000
			Reservorio	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
15/02/2010 3:12 p.m.	16/02/2010 8:00 a.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	400	200	3000
			Repetición	400	200	2000
			Reservorio	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
01/03/2010 3:40 p.m.	02/03/2010 8:00 a.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	900	700	5000
			Repetición	900	400	3000
			Reservorio	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	1000
			Repetición	<2	<2	0
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	1000
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	5000
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	8000
			Repetición	<2	<2	6000
16/03/2010 8:45 a.m.	16/03/2010 4:10 p.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	1100	700	1000
			Repetición	800	400	1000
			Reservorio	<2	<2	1000
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
		Agua no tratada	Uchuyupampa	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Arparumi	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Millpu	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
31/03/2010 3:30 p.m.	01/04/2010 8:00 a.m.	Agua no tratada	Canal río Cachi	200	200	1000
			Repetición	200	<2	1000
			Reservorio	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0
			Caño	<2	<2	0
			Repetición	<2	<2	0

ANEXO7



Fotografía N° 01: Analista realizando la toma de muestra de agua en la zona de captación Uchkupuquio en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

## ANEXO8



**Fotografía N° 02:** Prueba presuntiva de coliformes totales en caldo lauril sulfato triptosa (CLST) con presencia de gas reportadas en NMP/100 mL en muestra de agua de consumo en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

## ANEXO 9



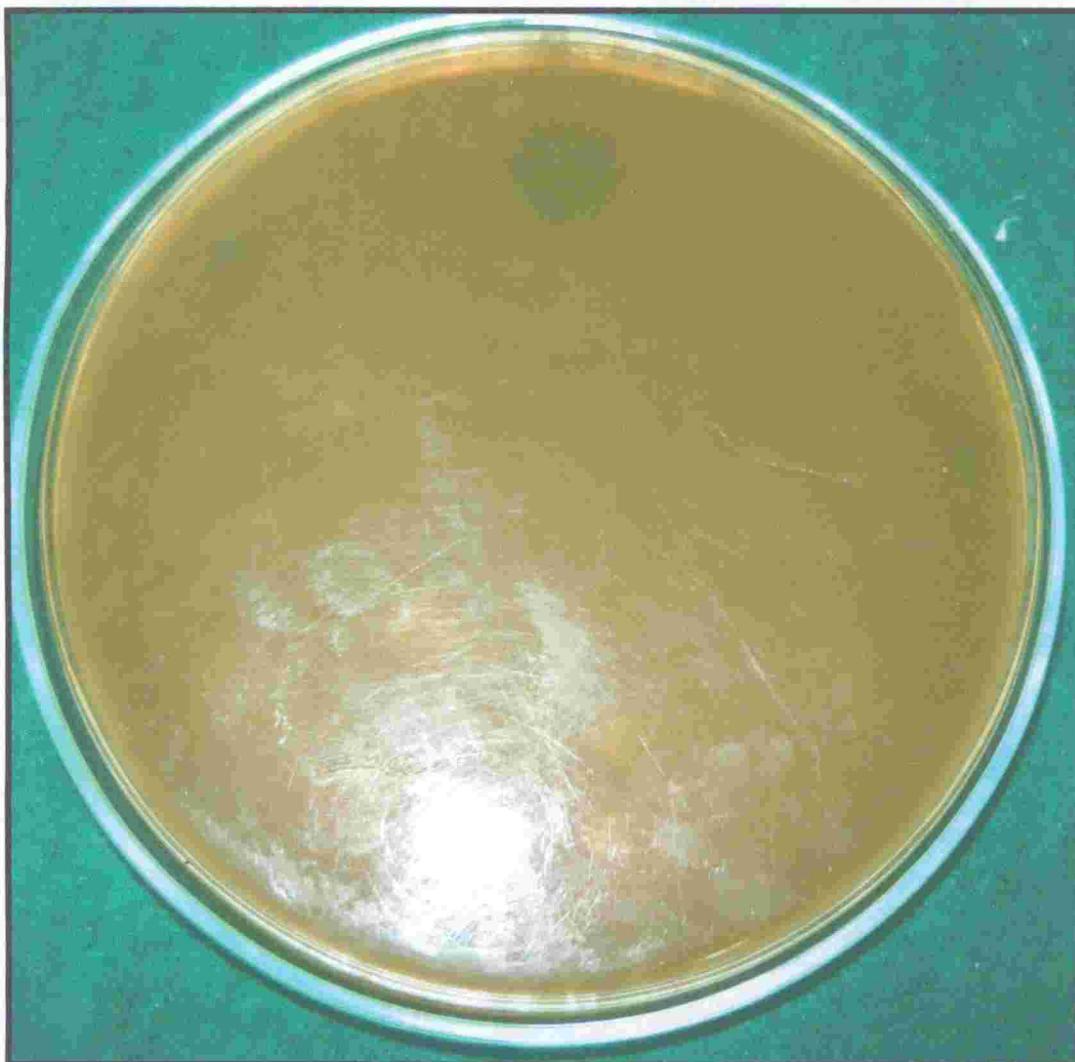
**Fotografía Nº 03:** Prueba confirmativa de coliformes totales en caldo Brila o CLVBB con presencia de gas reportados en NMP/100 mL en muestra de agua en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

## ANEXO 10



**Fotografía N° 04:** Prueba confirmativa de coliformes fecales (termotolerantes) en medio *E. coli* con presencia de gas reportadas en NMP/100 mL en muestra de agua del canal lateral abierto río Cachi en la comunidad de Uchuypampa, 2010.

## ANEXO 11



**Fotografía N° 05:** 1 UFP/100 mL de colífago en muestra de agua del grifo en la comunidad de Uchuypampa, 2010.