

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología**

**“CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO  
HUMANO EN CENTROS POBLADOS MENORES DE LA YARADA Y  
LOS PALOS DEL DISTRITO DE TACNA”**

**Tesis**

Presentada por:

**Bach. CÉSAR ALBERTO CUTIMBO TICONA**

Para optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO-MICROBIÓLOGO**

**TACNA-PERÚ**

**2012**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA  
FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS 182

TITULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO  
– MICROBIÓLOGO

El secretario Académico Administrativo de la facultad de ciencias, certifica que mediante la resolución de la Facultad N°7258 - 2012 – FACI/UNJBG se ha designado como jurado calificador para la sustentación de la tesis: "CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN CENTROS POBLADOS MENORES DE LA YARADA Y LOS PALOS DEL DISTRITO DE TACNA", conformado por:

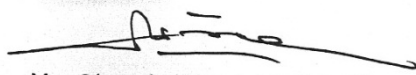
PRESIDENTE:	Msc. César Efraín Rivasplata Cabanillas
SECRETARIO:	Msc. Daladier Miguel Castillo Cotrina
VOCAL:	Mgr. Isabel Ancco Oliva

Quienes calificaron el trabajo de tesis sustentado en acto público el día 27 de Noviembre del 2012, a las 16 horas, por el Bachiller CÉSAR ALBERTO CUTIMBO TICONA, de la Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología, para optar el título profesional de Biólogo – Microbiólogo.

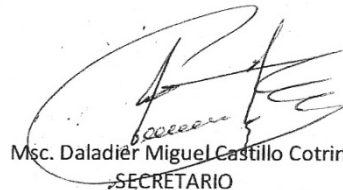
El jurado calificador en forma secreta e individual, se pronunció sobre el calificativo del trabajo expuesto, procedimiento a emitir el siguiente resultado:

Aprobado por unanimidad con la nota de 16 (DIECISEIS) con el calificativo de bueno.

Para ratificar firma:



Msc. César Efraín Rivasplata Cabanillas  
PRESIDENTE



Msc. Daladier Miguel Castillo Cotrina  
SECRETARIO



Mgr. Isabel Ancco Oliva  
VOCAL

## DEDICATORIA

*A mi Madre y Hermanos;  
quienes me enseñaron a  
luchar contra las  
adversidades de la vida.*

*A mi Padre que siempre me  
apoyo aun no estando  
conmigo en vida.*

*A Fernanda por su apoyo y  
paciencia.*

## AGRADECIMIENTO

- ❖ *A mi asesor, Ms. C. César Cáceda Quiroz por el apoyo en el desarrollo y culminación de la presente tesis.*
  
- ❖ *Al profesor Tomás Borda, profesor Quispe y a todos los profesores que me brindaron su amistad, apoyo incondicional y comprensión.*
  
- ❖ *A todos mis amigos los que de alguna forma me dieron apoyo moral y espiritual: los Chichas (Ñoño viejo, Fiona, Tonito, Goofy y el Manotas), Fátima y Cynthia.*
  
- ❖ *A mis compañeros de trabajo de la Municipalidad Provincial de Tacna: Xiomara, Pilar, Aleja y Sabina.*

## RESUMEN

El peligro más común con relación al agua de consumo humano es el de su contaminación, directa o indirectamente, debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas usadas para el consumo humano en los centros poblados de La Yarada y Los Palos.

El trabajo se efectuó entre Abril y Junio del año 2012. Se analizaron 46 muestras de agua subterránea provenientes de pozos. Los métodos usados fueron Numeración de Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de Tubos Múltiples (NMP) y Recuento en Placa de Bacterias Mesófilas Aerobias (APHA, 2005). Los indicadores usados para la determinación de la calidad bacteriológica del agua subterránea fueron: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y Bacterias Mesófilas Heterótrofas. También se determinó el pH, la Conductividad Eléctrica así como la Temperatura ya que estos indicadores físicos podrían alterar los resultados obtenidos.

De los 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua para el consumo humano fueron: para recuento de bacterias heterotróficas 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%. De estos pozos 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptas para el consumo humano, 25 (54%) no aptas.

## CONTENIDO

		<i>Pág.</i>
	HOJA DE JURADO	<i>i</i>
	DEDICATORIA	<i>ii</i>
	AGRADECIMIENTO	<i>iii</i>
	RESUMEN	<i>iv</i>
	CONTENIDO	<i>vi</i>
	LISTA DE FIGURAS	<i>viii</i>
	LISTA DE GRÁFICOS	<i>ix</i>
	LISTA DE TABLAS Y CUADROS	<i>x</i>
	LISTA DE IMÁGENES Y FOTOGRAFÍAS	<i>xi</i>
	LISTA DE ANEXOS	<i>xiii</i>
<b>I.</b>	INTRODUCCIÓN	01
<b>II.</b>	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.	Situación actual mundial en el abastecimiento de agua potable	13
2.2.	Abastecimiento de agua y desarrollo económico	18
2.3.	Generación de beneficios económicos a través de la mejora de la gestión de los recursos hídricos y de los servicios asociados	21
2.4.	Enfermedades transmitidas por el agua	23
2.4.1.	Contaminación microbiológica del agua	25
2.4.2.	Bacterias transmitidas por el agua	25
2.4.3.	Calidad microbiológica del agua	29
2.5.	Calidad del agua	36
2.6.	Vigilancia y control de la calidad del agua	39
2.6.1.	Verificación de la calidad microbiológica	43
2.7.	Aguas subterráneas en la Región Tacna	45
2.7.1.	Origen Geológico de las aguas subterráneas de la Cuenca del Río Caplina	47
2.8.	Pozos y sondeos	48
2.8.1.	Parámetros hidrogeológicos	49

	2.8.2.	Hidrogeoquímica	49
	2.9.	Contaminación de las aguas subterráneas	51
	2.9.1.	Contaminación por actividades humanas	52
	2.9.2.	Contaminación por labores agrícolas	52
	2.9.3.	Contaminación por ganadería	54
	2.9.4.	Contaminación por vertido de Residuos sólidos	54
	2.9.5.	Contaminación por los vertidos de aguas residuales	55
<b>III.</b>		<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>56</b>
	3.1.	Materiales	56
	3.2.	Métodos	59
	3.2.1.	Diseño de investigación	59
	3.2.2.	Variables	59
	3.2.3.	Población	60
	3.2.4.	Muestra	60
	3.2.5.	Muestreo	60
	3.2.6.	Preparación de medios de cultivo, diluyentes y reactivos	68
	3.2.7.	Evaluación de la numeración de coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas	73
	3.2.8.	Establecimiento de la calidad bacteriológica de las aguas de consumo humano	81
	3.2.9.	Análisis de resultados	81
<b>IV.</b>		<b>RESULTADOS</b>	<b>83</b>
<b>V.</b>		<b>DISCUSIÓN</b>	<b>99</b>
<b>VI.</b>		<b>CONCLUSIONES</b>	<b>106</b>
<b>VII.</b>		<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>107</b>
<b>VIII.</b>		<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>108</b>
<b>IX.</b>		<b>ANEXOS</b>	<b>117</b>

## LISTA DE FIGURAS

		<i>Pág.</i>
Figura 01	Calidad bacteriológica referente a Coliformes Totales	87
Figura 02	Calidad bacteriológica referente a Coliformes Termotolerantes	91
Figura 03	Calidad bacteriológica referente a Bacterias Heterotróficas	95
Figura 04	Calidad bacteriológica del Agua Subterránea evaluada	98

## LISTA DE GRÁFICOS

		<i>Pág.</i>
Gráfico 01	Coliformes Totales encontrados en Aguas Subterráneas	86
Gráfico 02	Coliformes Termotolerantes encontrados en Aguas Subterráneas	90
Gráfico 03	Bacterias heterotróficas encontradas en aguas subterráneas	94

## LISTA DE TABLAS Y CUADROS

		<i>Pág.</i>
Tabla 01	Principales bacterias transmitidas por el agua	28
Tabla 02	Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	36
Tabla 03	Evaluación de la Calidad Bacteriológica para coliformes totales comparándolos con los parámetros de la norma nacional	84
Tabla 04	Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de coliformes totales, según Reglamento DS N° 031-2010-SA	87
Tabla 05	Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Coliformes Termotolerantes comparándolo con los parámetros de la norma nacional	88
Tabla 06	Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de Coliformes Termotolerantes, según Reglamento DS N° 031-2010-SA.	91
Tabla 07	Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Bacterias Heterotróficas comparándolo con los parámetros de la norma nacional	93
Tabla 08	Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de Bacterias Heterotróficas, según Reglamento DS N° 031-2010-SA.	95
Tabla 09	Evaluación de la Calidad Bacteriológica del agua subterránea muestreada considerando los tres aspectos microbiológicos descritos en la norma	96
Tabla 10	Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas considerando tres aspectos microbiológicos (coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas) según Reglamento DS N° 031-2010-SA.	98
Cuadro 01	Consecuencias económicas de servicio de saneamiento deficientes de agua	15

## LISTA DE IMÁGENES FOTOGRÁFICAS

Foto 02	Pozo con contaminantes inorgánicos.
Foto 03	Pozo con abundante vegetación.
Foto 04	Pozo con infraestructura adecuada.
Foto 05	Pozo con cubierta inadecuada.
Foto 06	Pozo con presencia de algas.
Foto 07	Pozos con deficiente infraestructura.
Foto 08	Pozos con deficiente infraestructura.
Foto 09	Contaminación química.
Foto 10	Frasco estéril para toma de muestra.
Foto 11	Toma de muestra desde válvulas previamente desinfectadas.
Foto 12	Toma de muestra con cordel en pozos abiertos.
Foto 13	Indumentaria para la toma de muestras.
Foto 14	Transporte para la toma de muestras.
Foto 15	Rotulado de las muestras.
Foto 16	Medición del pH y la conductividad.
Foto 17	Siembra en Caldo Brilla.
Foto 18	Presencia de turbidez.
Foto 19	Resultados a las 24 horas.
Foto 20	Verificación de presencia o ausencia de gas.
Foto 21	Incubadora
Foto 22	Contador de colonias
Foto 23	Presencia de gas y turbidez
Foto 24	Colonias coloreadas teñidas por la reducción del TTC.

- Foto 25      Reducida cantidad de colonias.
- Foto 26      Presencia mínima de colonias de bacterias heterótrofas.
- Foto 27      Conteo por cuadrantes
- Foto 28      Determinación de Coliformes termotolerantes.
- 
- Foto 29      Reactivo TTC
- Foto 30      Verde Brillante Bilis (Brilla).
- Foto 31      Agar cuenta colonias
- Foto 32      Componentes del agar cuenta colonias.
- Foto 33      Reactivo para la preparación de Agua Peptonada.
- Foto 34      Filtro estéril

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 01 Composición y preparación de medios de cultivos y reactivos
- Anexo 02 Técnica: Fermentación en tubos múltiples
- Anexo 03 Preparación de agar cuenta colonias + TTC al 0,5 %
- Anexo 04 Técnica: Método de placa fluida
- Anexo 05 Tabla del índice del Número Más Probable (N.M.P.) y límites de confianza del 95%
- Anexo 06 Tabla de las condiciones higiénicas sanitarias
- Anexo 07 Resultados de la inspección higiénico sanitarias
- Anexo 08 Determinación de Coliformes Totales en muestras de aguas subterráneas a las 24 y 48 horas
- Anexo 09 Determinación de Coliformes Termotolerantes de aguas subterráneas a las 24 y 48 horas
- Anexo 10 Recuento de Bacterias Heterotróficas en agar PCA
- Anexo 11 Nombre, situación actual y características físicas de los pozos muestreados
- Anexo 12 Determinaciones biológicas – bacteriológicas según el Ministerio de Salud
- Anexo 13 Ficha de inspección higiénico sanitaria de pozos
- Anexo 14 Datos de fichas de muestra
- Anexo 15 Mapa geomórfico de la Cuenca del Río Caplina
- Anexo 16 Ubicación geográfica de la zona de muestreo
- Anexo 17 Ubicación geográfica de los pozos de agua subterráneas
- Anexo 18 Ubicación de las zonas de muestreo
- Anexo 19 Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011

## I. INTRODUCCIÓN

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (OMS, 1985) como *“Adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal”*. El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana (VARGAS, 1996).

Los microorganismos en general, son encontrados comúnmente en el agua, suelo y aire. La cantidad de ellos, presentes en cualquiera de estos medios, depende de una serie de factores tales como: humedad, temperatura y nutrientes (CACERES, 1990).

Debido a estas condiciones, en el caso de los microorganismos patógenos no existe un límite inferior tolerable; por lo que el agua destinada al consumo, la preparación de alimentos y bebidas o la higiene personal no deben contener ningún agente patógeno para los seres humanos. Esto se puede conseguir seleccionando fuentes de agua de buena calidad, tratando y descontaminando eficazmente el agua contaminada con heces

de seres humanos o de animales u otras sustancias y protegiéndola para que no haya contaminación durante la distribución al usuario (OMS, 1995).

Por esta razón, la contaminación de origen fecal puede ser evaluada mediante la determinación de coliformes termotolerantes o mediante la presencia de *E. coli*. En los valores guía para la calidad bacteriológica del agua de bebida, ambas determinaciones se consideran como alternativas aceptables y su presencia indica contaminación de origen fecal (OMS, 1995).

El grupo de bacterias coliformes está conformado por dos subgrupos: los coliformes totales y los termotolerantes. A estos últimos antes se los denominaba coliformes fecales. El cambio de nombre se debe a que se demostró que en el grupo de coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas de 44,5 °C y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal; el resto eran bacterias ambientales. Se les puso entonces el nombre de bacterias coliformes termotolerantes debido a la alta temperatura de incubación (44,5 °C) en la cual se obtenía un óptimo desarrollo.

En el grupo de bacterias termotolerantes está incluida *Escherichia coli*, considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria

siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi el 95% de los coliformes en heces (CASTRO, 1996).

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 otras pueden estar presentes en forma natural en diferentes ambientes acuáticos. Actualmente, los coliformes totales se emplean para evaluar la calidad higiénica del agua y el grupo de bacterias coliformes termotolerantes, para evaluar la calidad sanitaria del agua, calidad que está relacionada con la transmisión de patógenos (ALLEN, 1996).

Es por eso, que se han desarrollado una serie de métodos para la enumeración de bacterias en muestras de agua. Los más usados son los de cultivo en tubos con caldo específico para determinado grupo de microorganismos. Otro método, también usado con frecuencia, es el de concentración con filtro de membrana.

Las bacterias coliformes totales se detectan con los métodos de membrana de filtración y tubos múltiples, con medios específicos, y se incuban a 35 – 37 °C hasta 48 horas. Los coliformes termotolerantes son detectados con métodos similares pero con medios específicos y una incubación a 44,5 °C (DAVIS, 2004).

Los análisis de coliformes pueden efectuarse en un laboratorio de nivel básico o también en el campo. Esta última es una forma práctica de analizar una muestra de agua, para lo cual se necesitan un equipo de campo y algunos materiales complementarios.

El peligro más común y difundido, relativo al agua de consumo humano es el de su contaminación microbiana con aguas servidas y excretas del hombre y de los animales (EASTON, 1998). Si dicha contaminación es reciente y se hallan microorganismos patógenos, es posible que dichos microorganismos se encuentren vivos y con capacidad de producir enfermedad (VERGARAY y MÉNDEZ, 1991). Para controlar los peligros se aplican criterios (guías y estándares) para normar la calidad de las aguas; éstos establecen requisitos que deben satisfacer las aguas para que puedan ser destinadas al consumo sin que afecten su salud. El cumplimiento de los requisitos de calidad humano sanitaria debe reducir en forma significativa los riesgos de contraer enfermedades infectocontagiosas. Sin embargo, si los requisitos de calidad sanitaria no son los adecuados, carecerán de importancia para proteger y controlar la calidad del agua y su aplicación no cumplirá con los objetivos previstos.

Los requisitos establecidos en la norma vigente en el Perú para controlar la calidad del agua de consumo humano se establece en el Decreto Supremo Nº 031-2010 -SA publicado en el Diario El Peruano el 26 de setiembre de 2010 en el cual se aprobó el

Reglamento sobre Calidad del Agua de consumo humano, a través del cual se busca proteger y promover la salud y bienestar de la población. En dicho documento se proporciona al Ministerio de Salud los instrumentos de gestión para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

El objetivo del Reglamento es establecer el marco normativo en la gestión de la calidad del agua; en su vigilancia sanitaria; control y supervisión. También en la fiscalización, autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua; así como los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del líquido elemento, y la difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano. Se precisa además que los proveedores que estén operando sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deberán implementar un Programa de Adecuación Sanitaria para cumplir con las normas técnicas y formales establecidas.

El Decreto Supremo Nº 031-2010-SA establece como límites permisibles un máximo de 500 bacterias heterotróficas por mililitro y ausencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Estos indicadores bacteriológicos de la calidad del agua no garantizan que esté exenta de riesgo para la salud, debido a que existen gérmenes que pueden encontrarse en el agua cuando no se detectan los indicadores mencionados

(ONTIVEROS, 1983); este hecho se puede deber a una mayor capacidad de supervivencia de los microorganismos patógenos (GALARRAGA, 1984) a una mayor resistencia a las concentraciones de Cloro libre residual (CLR) que comúnmente se utiliza para desinfectar al agua (CACERES, 1990) o a una interferencia en el crecimiento de los indicadores.

Sin embargo, el Decreto Supremo N° 031-2010-SA tampoco establece ninguna disposición que permita asegurar un trabajo integrado de las entidades involucradas en la gestión del recurso para garantizar, por ejemplo, que la calidad del agua sea mantenida en los estándares más óptimos posibles durante el uso que destinan a ella quienes cuentan con derechos para su uso consuntivo, de modo tal que, el tratamiento posterior de las aguas utilizadas no implique un esfuerzo adicional para lograr una calidad adecuada de consumo.

Debido a que en los Centros Poblados La Yarada y Los Palos de la Provincia de Tacna hay una moderada aparición de enfermedades infectocontagiosas producidas por microorganismos que son viabilizados por el agua de consumo humano, es necesario proteger y controlar su calidad mediante la aplicación de métodos eficaces (DESA, 2010). Es por ello que se considera de especial importancia evaluar el estándar nacional de aceptabilidad del agua de consumo humano y proponer criterios para el perfeccionamiento de los mismos.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante la agudización de la escasez del recurso hídrico, Tacna inició en 1952 estudios de exploración de fuentes subterráneas a fin de obtener mayor volumen de agua para el consumo y riego.

Desde 1952, se está captando aguas subterráneas en la parte baja de la cuenca del Caplina mediante la perforación de pozos profundos con rendimientos que superan los 30 l/s posteriormente en las pampas de La Yarada, Hospicio y Los Palos existían 100 pozos que explotaban un promedio de 2,2 a 3,0 m<sup>3</sup>/s, equivalentes a 60 y 70 millones de metros cúbicos por año (INEI, 2012).

En la actualidad son 422 pozos entre los Centros Poblados La Yarada y Los Palos de los cuales 92 son formales y 330 informales según datos del ALA (Autoridad Local del Agua, 2012).

Los Centros Poblados de La Yarada y los Palos abarca 5 908,39 ha (59,08 km<sup>2</sup>), se encuentran en el Distrito de Tacna y poseen 12 867 habitantes; como muchas otras localidades de Tacna no dispone de una red de desagüe, ni red de abastecimiento de

agua potable, por lo que usan agua subterránea para el consumo humano (ALA TACNA, 2012).

Es por eso que, el agua subterránea es un recurso natural muy valioso ya que es importante no permitir que lo dañen las actividades humanas. Por tal motivo el Gobierno Regional y la Municipalidad, deben gestionar los recursos necesarios para proteger los acuíferos subterráneos durante las generaciones venideras.

Teniendo en cuenta esta situación y la fundamental incidencia que marca la presencia del agua en el desarrollo de la vida (como elemento vital para el hombre) existe la necesidad de desarrollar una gestión integral del agua, que involucre desde su extracción, potabilización, distribución y por último el tratamiento de las aguas residuales de manera de no comprometer los acuíferos subterráneos (FLORES, J.; SUÁREZ, G.; FRANCO, M.; HEREDIA, M. y VIVAS, M. 1995).

Es de fundamental prioridad investigar la relación entre la calidad del agua proveniente del subsuelo y dichos sistemas locales, para asegurarse que no se esté ante una excesiva contaminación del suelo y del nivel freático. Es por ello que es necesario comprender mejor los alcances de la contaminación de aguas subterráneas que se produce al evacuar excretas y aguas residuales en el subsuelo (ALLEN, M.1996).

Debido a que el uso generalizado de los sistemas de disposición local puede contaminar seriamente el nivel freático y las napas subterráneas con microorganismos patógenos y productos de la biodegradación de excretas humanas, como son los nitratos lo que estaría exponiendo a las personas a un posible riesgo de enfermedades.

En nuestra jurisdicción, según los informes emitidos por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental en los meses de Febrero a Diciembre del 2011, de las 85 muestras de agua subterránea tomadas de localidades rurales de los Centros Poblados La Yarada y Los Palos aproximadamente el 60% de estas no cumplen con los ECAS (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental) para aguas destinadas de consumo humano; con estos datos llegaron a la conclusión que esta realidad representa un foco de riesgo para la salud de la población que hace uso de estos servicios.

En estas zonas rurales de nuestra localidad, los pobladores obtienen el agua para el consumo humano de pozos, agua subterránea, agua superficial y hacen uso de ellas sin recibir un tratamiento previo (cloración), como pudo ser verificado en una inspección realizada en conjunto con personal de la DESA, donde se comprobó que más del 75% de puntos muestreados no presentan cloro residual libre (Informe DESA Nro. 447-2011/GOB.REG.TACNA).

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante: *¿Las aguas subterráneas de consumo humano de los Centros Poblados Menores La Yarada y Los Palos de Tacna son aptas bacteriológicamente para el consumo humano?*

## **1.2. HIPÓTESIS**

Las aguas subterráneas de consumo humano de los Centros Poblados menores de La Yarada y Los Palos de Tacna bacteriológicamente no son aptas para el consumo humano.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación.

La explotación incorrecta de las aguas subterráneas origina varios problemas. En muchas ocasiones la situación se agrava por el reconocimiento tardío de que se está

deteriorando el acuífero, porque como el agua subterránea no se ve, el problema puede tardar en hacerse evidente.

El peligro más común con relación a la contaminación de las aguas subterráneas de consumo humano, es debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano de los centros poblados de Los Palos y La Yarada de Tacna; ya que actualmente podría ser un foco infeccioso de posibles enfermedades gastrointestinales provocado por la contaminación de este recurso hídrico que es usado para el consumo humano.

#### **1.4. OBJETIVOS**

##### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano de los Centros Poblados Menores de La Yarada y Los Palos de Tacna.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la calidad bacteriológica del agua subterránea de los centros poblados de La Yarada y Los Palos de consumo humano determinando el recuento de heterótrofos, coliformes totales y termotolerantes.
- Establecer la calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano de Los Palos y La Yarada comparando los resultados de evaluación con los valores establecidos por la norma nacional vigente.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SITUACIÓN ACTUAL MUNDIAL EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

En el 2000, con la formulación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), la comunidad internacional se comprometió a reducir a la mitad el número de personas sin acceso a agua limpia y a servicios de saneamiento básicos antes de 2015.

A escala mundial, casi mil millones de personas carecen de agua potable, y 2 400 millones no tienen acceso a servicios de saneamiento básicos; otros 1 200 millones de personas no disponen de instalaciones de saneamiento de ningún tipo (MORA, 1996).

Cada día mueren, por término medio, 5 000 niños a causa de enfermedades evitables relacionadas con la falta de agua y de servicios de saneamiento.

Cumplir los ODM en materia de agua potable y servicios de saneamiento no es únicamente una cuestión de salud. Existen pruebas abrumadoras de que el

cumplimiento de estos objetivos supondría un salto cualitativo en el desarrollo humano y económico.

Las mejoras en el abastecimiento de agua potable, en los servicios de saneamiento y en la gestión de los recursos hídricos benefician principalmente a las personas con menores ingresos, que suelen ser las más afectadas. Además es preciso tener en cuenta que los recursos hídricos también son fundamentales en los procesos de producción, y en la salud de los trabajadores, lo que resulta esencial para aumentar la producción y la productividad. Las iniciativas dirigidas a quienes obtienen las mayores ventajas económicas permiten también obtener el mayor beneficio marginal. Estas intervenciones serán más eficaces para reducir la pobreza y fortalecer el crecimiento económico si van dirigidas al fomento de la salud, y a la adaptación de la agricultura a la variabilidad en las precipitaciones.

En el recuadro siguiente se presentan algunos de los beneficios globales que podrían obtenerse con la mejora de los servicios de saneamiento. Únicamente a causa de su déficit en instalaciones de este tipo, Camboya, Indonesia, Filipinas y Vietnam pierden entre el 1,3 y el 7,2% de su PIB (Banco Mundial Programa sobre agua y saneamiento para 2008).

**CUADRO 01:** Consecuencias económicas de servicios de saneamiento deficientes de agua

**Consecuencias económicas de unos servicios de saneamiento deficientes**

Camboya, Indonesia, Filipinas y Vietnam pierden unos 9 000 millones de dólares al año debido a unas instalaciones de saneamiento insuficientes (a precios de 2005). Esta cifra equivale aproximadamente al 2% de su PIB combinado, y varía entre el 1,3% de Vietnam, el 1,5% de Filipinas, el 2,3% de Indonesia y el 7,2% de Camboya. Los efectos económicos son de unos 6 300 millones de dólares al año en Indonesia, 1 400 millones en Filipinas, 780 millones en Vietnam y 450 millones en Camboya. Se prevé que la aplicación universal de la mejora de los servicios de saneamiento supondría la desaparición de todos estos efectos, salvo en el ámbito de la salud, donde la reducción de pérdidas sería tan sólo del 45%. Esto generaría unos beneficios anuales de 6 300 millones de dólares para los cuatro países.

**Fuente:** Banco Mundial – Programa sobre agua y saneamiento (2008).

Para una familia pobre, las consecuencias de unos servicios insuficientes en materia de agua y de gestión de los recursos hídricos son considerables:

- La salud de hombres y mujeres se ve afectada en forma desproporcionada por la contaminación del agua y por unos servicios de saneamiento deficientes.
- Los sistemas de subsistencia de las personas con menores ingresos, especialmente en las zonas rurales, dependen directamente del medio ambiente y de los recursos naturales. Por lo tanto, el desarrollo sostenible de las economías rurales resulta fundamental para el crecimiento económico a largo plazo. Una gestión más eficiente y equitativa de los recursos comunes, incluyendo lagos, ríos, aguas subterráneas y zonas costeras, se traduce directamente en más alimentos, ingresos y tiempo disponible para estas personas.
- La vulnerabilidad constituye una dimensión esencial de la pobreza. Este colectivo está en una situación de especial riesgo ante el impacto y las crisis medioambientales. También se ven afectados desproporcionadamente por la insuficiencia del abastecimiento de agua. Las catástrofes naturales y la variabilidad de las precipitaciones, en particular en las zonas tropicales y secas, o las

modificaciones de las superficies de cultivo afectan a los países en desarrollo y a las personas que viven en ellos de una manera desproporcionada.

- El rendimiento de los sectores económicos, de la agricultura, industria y servicios, depende de los recursos hídricos, del abastecimiento de agua y de los servicios de saneamiento. La capacidad de producción y la productividad de los sectores económicos dependen de la salud de las personas y del acceso fiable al agua.

El crecimiento económico sostenible es de vital importancia para el cumplimiento de los ODM y la erradicación de la pobreza. El cumplimiento de los ODM relativos al agua facilitaría a la comunidad internacional el cumplimiento de los restantes objetivos relativos a la reducción de la pobreza y a la igualdad. De hecho, es difícil imaginar cómo pueden hacerse progresos sin garantizar previamente que se disponga de manera generalizada de agua potable y de unos servicios de saneamiento seguro y fiable.

El agua es la clave para la reducción de la pobreza en todas sus dimensiones: crecimiento de la renta, mejora de la salud, igualdad de género, servicios de saneamiento y gestión del agua. El cumplimiento de los ODM se ve dificultado por el aumento de la población, que seguirá generando una mayor demanda de todo tipo de recursos, incluidos el agua y los servicios afines.

En términos reales, se prevé que la población urbana de los países en desarrollo casi se duplicará entre 2000 y 2030, pasando de 2 000 a cerca de 4 000 millones.

Entre 2015 y 2020, superará por vez primera a la población rural. El progreso económico continuo y el cambio en los patrones de consumo, combinados con la dinámica demográfica, exigirán más recursos y servicios relacionados con el uso del agua con fines productivos, complicando con ello el problema del uso sostenible del agua (Banco Mundial, 2008).

## **2.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESARROLLO ECONÓMICO**

El objetivo principal de un sistema de abastecimiento urbano, es lograr un agua potable que cumpliendo con los requisitos mínimos de calidad exigidos por la normativa vigente satisfaga las necesidades de los consumidores tanto en calidad como en cantidad en los diferentes puntos del sistema y en toda época (BARTRAM, J.; LEWIS, K.; LENTON, R. AND WRIGHT, A. 2005).

El abastecimiento de agua ha supuesto siempre un problema y un reto desde las antiguas civilizaciones, la romana y árabe resolvieron de forma muy acertada el

suministro a las ciudades más importantes, empleando distintos tipos de conducciones, depósitos, tratamientos de potabilización, etc.

La calidad del agua queda recogida mediante el control de una serie de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiactivos definidos en la correspondiente normativa. La calidad del agua suministrada no solo depende del tratamiento de potabilización aplicado, sino que está en gran medida afectada por la calidad del agua en el origen o punto de captación, de forma que la contaminación inducida puede llegar a desechar la utilización de una fuente de agua para consumo humano u obligar a aplicar complejas técnicas de tratamiento (CABELLI, DUFOUR, Mc CABE, LEVIN. 1982).

La gestión del agua abarca desde las acciones para la protección de la calidad del agua en el origen del abastecimiento, hasta finalizar en la depuración una vez que ha sido utilizada.

Las mejoras en el abastecimiento de agua y saneamiento por lo general conducen a una mejora en la salud y calidad de vida de la población (OMS, 1995).

Un eficaz abastecimiento de agua es de gran importancia para la economía y el desarrollo de una población. La escasa o mala calidad del agua afecta negativamente

tanto a la salud de la población como al desarrollo industrial, agrícola y en general a todo el proceso productivo (OPS, 1988). El agua es reconocida como un bien económico y escaso, no es un recurso económico ilimitado y barato, es capaz de multiplicar la riqueza de una región, lo que explica que la política hidráulica se contemple no como una simple administración técnica, sino más bien con importantes connotaciones sociales y territoriales.

En la actualidad la disponibilidad de agua es un indicador del desarrollo económico y de la calidad de vida.

El papel del agua en el desarrollo económico ha sido posible actuando sobre el ciclo natural del agua construyendo embalses, trasvases, canalizaciones, extracción de acuíferos subterráneos, etc. Proporcionar a pie de grifo agua potable con unas características tales que el riesgo de enfermedad por su consumo sea nulo, es el objetivo fundamental de un abastecimiento de agua (OPS-OMS, 2000).

El agua es un líquido tan especial para la vida, la salud y el desarrollo social que merece un gran cuidado su empleo y gestión, ahora que está tan politizada y cada vez es más un artículo de lujo y de discordia, no tanto por la escasez global de agua dulce como por su desigual reparto y consumo.

De forma amplia se considera al abastecimiento de agua como el conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción, tratamiento de potabilización, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las acometidas de los consumidores, con la dotación y calidad reglamentadas (EPS – TACNA, 1999).

### **2.3. GENERACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS A TRAVÉS DE LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y DE LOS SERVICIOS ASOCIADOS**

Los sectores económicos de la sociedad, como la agricultura, la industria y los servicios, dependen de los recursos hídricos y de los servicios asociados. La mejora del acceso a los servicios relacionados con el agua y la mejor gestión de los recursos hídricos contribuyen sustancialmente al crecimiento económico a través del aumento de la productividad de las empresas y de su desarrollo. También mejoran considerablemente la salud, la productividad y la dignidad de las personas.

El Informe sobre Desarrollo Humano (2006) de las Naciones Unidas señala que los mayores costos derivados de la falta de un abastecimiento de agua y de unos servicios de saneamiento adecuados se producen en algunos de los países más pobres. El África subsahariana, por ejemplo, pierde de este modo el 5% del PIB, es decir, unos 28 400

millones de dólares al año. Esta cifra supera el total de los ingresos por ayuda exterior y reducción de deuda obtenidos por la región en 2003.

Existe una fuerte correlación entre el incremento de la renta nacional y la proporción de la población que tiene acceso a un abastecimiento de agua mejorado.

A un aumento del 0,3% en las inversiones dirigidas a proporcionar el acceso de los hogares al agua potable corresponde un incremento del PIB del 1% (Banco Mundial, 1994). El mismo crecimiento económico puede impulsar también el crecimiento de las inversiones en la mejora de la gestión del agua y de los servicios correspondientes. Cabe sostener que la interacción entre la mejora del abastecimiento de agua y de los servicios de saneamiento, por un lado, y el crecimiento económico, por otro, se refuerza mutuamente y tiene el potencial necesario para poner en marcha un círculo virtuoso capaz de mejorar la vida de las personas pobres.

Al nivel de los hogares, el mejor acceso supone grandes ahorros de tiempo y mayores oportunidades de subsistencia para los pobres (WHO, 1996).

#### 2.4. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" las causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año (OMS, 1995).

Se estima que 3 000 millones de personas carecen, de servicios higiénicos. Más de 1 200 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua potable y los alimentos (FLEISHER, J; JONES, et. 1993). La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga. Dado que se puede

producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla.

Las enfermedades diarreicas, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacuan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños (OPS- OMS, 2000). El uso de aguas residuales como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera (DESA, 2010). Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes. A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizaban para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera en Chile y Perú. La epidemia del cólera -que se abatió sobre Perú en 1991 y se extendió a casi toda Latinoamérica- es un recordatorio de la velocidad con que se propagan las enfermedades transmitidas por el agua.

Con más de un millón de casos reportados y casi 10 mil muertos a fines de 1994, el cólera también alertó sobre el hecho de que la activación de una ruta de transmisión impulsa otras.

#### **2.4.1. Contaminación microbiológica del agua**

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "Enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

#### **2.4.2. Bacterias transmitidas por el agua**

*Shigellae dysenteriae*, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones también puede causar epidemias de gran

magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

*Salmonella typhi*, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua.

La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

*Salmonella spp.*, agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

*Vibrio cholerae*, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de

mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracia a la eficaz potabilización del agua.

*Escherichia coli*, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli* enteropatogénico, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo.

**TABLA 01:** Principales bacterias transmitidas por el agua

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<b><i>Salmonella typhi</i></b>	Heces, orina	7 – 28 días (14)	5 – 7 días (semanas – meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<b><i>Salmonella sp.</i></b>	Heces	8 – 48 horas	3 – 5 días	Diarrea acuosa con sangre
<b><i>Shigellae sp.</i></b>	Heces	1 – 7 días	4 – 7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	Heces	9 – 72 horas	3 – 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<b><i>Eschericia coli</i> Enterohemorrágica O157:H7</b>	Heces	3 – 9 días	1 – 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.
<b><i>Eschericia coli</i> Enteroinvasiva</b>	Heces	8 – 24 horas	1 – 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<b><i>Eschericia coli</i> Enterotoxigena</b>	Heces	5 – 48 horas	3 – 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea y mialgia.
<b><i>Yersinia</i> <i>enterocolitica</i></b>	Heces, orina	1 – 11 días (24 – 48 horas)	1 – 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito

Fuente: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.

**CONTINUACIÓN TABLA 01:** Principales bacterias transmitidas por el agua

<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2 - 5 días (42 - 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, nausea, diarrea o vómito
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

Fuente: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.

### 2.4.3. Calidad microbiológica del agua

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el

grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal (FATTAL, B.; PELEG-OLEVSKY, E.; AGURSKY, T. & SHUVAL, H. 1987).

Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto.

Aun cuando se cuenta con métodos sensibles, en general son largos y costosos; además, hay patógenos que no pueden determinarse en laboratorios no especializados, como, por ejemplo, el virus de la hepatitis A (CEPIS/OPS 2000).

Estas dificultades han hecho que se utilicen grupos de microorganismos de detección y cuantificación más fáciles y cuya presencia en cierto número se considera como una indicación de que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieron determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos y/o permitir la proliferación de especies patógenas. Estos grupos de

microorganismos se denominan “indicadores”. Estos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal.

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. Los coliformes son bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 35 °C. Incluye los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y especies lactosa positivas de otros géneros. En la práctica, los organismos coliformes son siempre miembros del grupo de las bacterias entéricas. Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. También interesa la determinación de coliformes fecales que representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente (coliformes termotolerantes). Esto proporciona información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente.

Un método muy utilizado para el recuento de coliformes en agua ha sido siempre el Número Mas Probable (NMP), aunque se han ido variando los medios de cultivo, las condiciones y las técnicas de análisis, con el objetivo de obtener cada vez mayor sensibilidad y precisión, hasta el punto que se ha llegado a aceptar como método estándar. Los distintos métodos de NMP para coliformes totales se basan, en primera instancia, en una selección de los microorganismos que producen ácido y gas a partir de lactosa a 35°C. Por ello, el primer paso es siempre la siembra en tubos de algún caldo lactosado, con o sin inhibidores, con un tubo de fermentación que permite recoger el gas que pueda producirse. A esto sigue una confirmación en un medio líquido selectivo y/o una determinación de los coliformes fecales cuya diferenciación se realiza con base en el hecho de que pueda producir gas desde lactosa, en un medio apropiado cuando se incubaba a 44,5°C mientras que los demás coliformes no.

También es utilizado el método de filtración por membrana para el recuento de bacterias coliformes totales y fecales. Es un método altamente reproducible, que puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y con el que se obtienen resultados en menor tiempo que con el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones. Las bacterias coliformes dan colonias oscuras con brillo metálico en

medio Endo, luego de 24 h de incubación a 35°C. La determinación de coliformes fecales se hace a partir de las colonias desarrolladas en Endo o directamente incubando la membrana en medio m-FC e incubando a 44,5°C.

Para la detección simultánea de coliformes totales y *Escherichia coli* se puede utilizar la prueba de sustrato enzimático.

En este caso, el grupo de coliformes totales incluye todas las bacterias que presentan la enzima beta-D-galactosidasa, que hidroliza un sustrato cromogénico (por ejemplo, ONPG) liberando el cromógeno. Como *E. coli* se incluyen todas las bacterias que dan positiva la reacción de coliformes totales y que tienen actividad beta-glucuronidasa, que rompe el sustrato fluorogénico (por ejemplo, MUG), liberando el fluorógeno. Este método permite llevar a cabo tantos recuentos como ensayos de ausencia/presencia.

También se usa como indicador de contaminación fecal la presencia de *Enterococcus faecalis*. El hábitat normal de los *Enterococcus faecalis* es el intestino del hombre y los animales de sangre caliente, por lo tanto, son indicadores de contaminación fecal, sobre todo en muestras de lagos, estuarios, ríos, etc. La identificación de las especies puede proporcionar información sobre

la fuente de contaminación debido a que algunas especies son específicas en cuanto a sus posibles huéspedes. Existen distintos métodos estándar para su estimación: NMP y Filtración por membrana.

El recuento de bacterias heterotróficas totales consiste en un método estandarizado para determinar la densidad de bacterias heterótrofas, mesófilas aerobias y anaerobias facultativas en el agua. Así se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes; también se usa para controlar un determinado proceso en el tratamiento de agua o para verificar la calidad del agua tratada, luego de recorrer toda la red de distribución.

Otro grupo de indicadores que ha comenzado a utilizarse en aguas lo constituyen los colífagos, que son bacteriófagos de coliformes, es decir, se encuentran siempre que haya coliformes totales y fecales. De acuerdo con estudios de correlación entre números de colífagos y coliformes en agua, se podría utilizar el índice de colífagos como índice de calidad sanitaria del agua. Además, como son más resistentes a la cloración que los coliformes, pueden ser mejores indicadores de desinfección que estos últimos.

El método de cuantificación se basa en la formación de placas de lisis. Los colífagos (bacteriófagos) infectan y se multiplican en bacterias sensibles a ellos. Esto provoca 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 colífagos (ATCC 13706) (KORNACKI J.L. & JOHNSON J.L. 2001).

Según las normas peruanas de Calidad de Agua para el Consumo Humano aprobado en el 2010 da como límites permisibles microbiológicos y parasitológicos los siguientes:

**TABLA 02:** Límites máximos permisibles

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Totales o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas.	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org./L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadíos evolutivos	N°org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias. (\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 ml.

**Fuente:** Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano Perú-2010

## 2.5. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un parámetro importante que afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y del bienestar humano, como la salud de una comunidad, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas, la salud de los ecosistemas y la

diversidad biológica. Por consiguiente, la calidad del agua influye también sobre la pobreza humana, la riqueza y los niveles de educación.

Desde el punto de vista administrativo, la calidad del agua se define por su uso final deseado. En consecuencia, el agua para la recreación, la pesca, para beber y para el hábitat de organismos acuáticos requiere altos niveles de pureza, mientras que para la producción de energía hidroeléctrica, las normas de calidad son mucho menos importantes. Por esta razón, la definición que se puede dar de calidad del agua llega a ser amplia, como las “características físicas, químicas y biológicas del agua necesaria para sostener los usos deseados” (CEPE, 1995). Es importante señalar que, después de ser utilizada, el agua suele regresar al sistema hidrológico y, si no es tratada, puede afectar gravemente al medio ambiente.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables para los humanos.

La calidad del agua se define también en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006), tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas, 2002). Mientras que, la microbiológica se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* (Presidencia de la República, Ministerio de Salud y de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004 y 2005; Eaton et al. 2005).

Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para la finalidad a que se las destina. El agua para consumo humano (ACH) es aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos (OPS, 2003).

El agua para consumo humano se deriva de dos fuentes: aguas superficiales, como los ríos y reservorios, y subterráneas (FARELL Y NIEUWENHUIJSEN, 2003). Las primeras son aquellas que fluyen sobre la superficie de la Tierra, incluyen las que precipitan de las

lluvias y las que brotan de los manantiales. Las segundas son las que están situadas bajo el nivel freático y saturando completamente los poros y fisuras del terreno; fluyen a la superficie del suelo de forma natural a través de manantiales y pozos artesanales, o por medio de sistemas de bombeo.

Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad permiten medir los cambios percibidos en un cierto cuerpo de agua que puede ser afectado por distintos tipos de contaminación o degradación física (INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA 1992). Cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indicador es sospecha de algún grado de contaminación, ya sea físico, químico o bacteriológico (FARELL Y NIEUWENHUIJSEN, 2003).

## **2.6. VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA**

La vigilancia de la calidad del agua de consumo puede definirse como la «evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo» (OMS, 1985).

La vigilancia es una actividad de investigación que se realiza para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua de consumo. La vigilancia contribuye a proteger la salud pública fomentando la mejora de los llamados «indicadores de servicio» del abastecimiento de agua de consumo: calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (poblaciones con acceso fiable), asequibilidad y continuidad. La autoridad de vigilancia debe tener competencia para determinar si un proveedor de agua está cumpliendo sus obligaciones.

En la mayoría de los países, el organismo responsable de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua de consumo es el ministerio de salud (o de salud pública) y sus oficinas regionales o departamentales. En algunos países, la responsabilidad puede recaer en un organismo de protección del medio ambiente, mientras que en otros pueden tener cierta responsabilidad las oficinas de salud ambiental de los gobiernos locales.

Según el Artículo 14 del Reglamento de la Calidad de Agua de Consumo Humano del 2010 de nuestro país dice: La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el Perú, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus

competencias y con arreglo al presente Reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. **Registro:** Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua;
2. **Ámbito:** Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. **Autorización sanitaria:** Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;
4. **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;
5. **Calidad del agua:** Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y

parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento; y

- 6. Desarrollo de indicadores:** Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

En nuestra localidad las inspecciones sanitarias lo realiza la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) en conjunto con el área de Salud de la Municipalidad Provincial de Tacna.

La vigilancia requiere un programa sistemático de estudios, que pueden incluir auditorías, análisis, inspecciones sanitarias y, en su caso, aspectos institucionales y comunitarios. Debe abarcar la totalidad del sistema de agua de consumo, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación, las infraestructuras de conducción, las plantas de tratamiento, los embalses de almacenamiento y los sistemas de distribución (con o sin tuberías).

Uno de los objetivos de un programa de vigilancia debe ser garantizar la pronta adopción de medidas para evitar los problemas y que se corrijan las averías. En

ocasiones, puede ser preciso aplicar multas para fomentar y garantizar el cumplimiento de las normas. Por consiguiente, el organismo encargado de la vigilancia debe estar respaldado por leyes sólidas y aplicables. No obstante, es importante que dicho organismo desarrolle una relación positiva con los proveedores y les preste apoyo, recurriendo a la aplicación de multas como último recurso (Guías para la calidad del agua potable OMS).

Las leyes deben facultar al organismo de vigilancia a obligar a los proveedores de agua a que recomienden que se hierva el agua o se apliquen otras medidas cuando se detecte la presencia de contaminación microbiana que pudiera poner en peligro la salud pública.

#### **2.6.1. Verificación de la calidad microbiológica**

La verificación de la calidad microbiológica del agua de un sistema de abastecimiento debe diseñarse de modo que garantice la máxima probabilidad de detectar la contaminación. Por consiguiente, la toma de muestras debe tener en cuenta las posibles variaciones de la calidad del agua en el sistema de distribución. Esto implicará generalmente tener en cuenta en qué lugares y momentos la contaminación es más probable (GUARÍN, 2010).

La contaminación fecal no estará distribuida uniformemente en un sistema de distribución por tuberías. En los sistemas con una buena calidad del agua esto reduce significativamente la probabilidad de detectar bacterias indicadoras de contaminación fecal, dado el número relativamente escaso de muestras recogidas.

En los sistemas cuyos resultados de análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal son predominantemente negativos, puede aumentarse la probabilidad de detectar contaminación realizando análisis de presencia/ausencia (P/A) más frecuentes. Los análisis de P/A pueden ser más sencillos, rápidos y baratos que los métodos cuantitativos. Se ha demostrado en estudios comparativos de métodos de P/A y cuantitativos que los primeros pueden proporcionar una eficacia máxima de detección de bacterias indicadoras de contaminación fecal. No obstante, los análisis de P/A sólo son apropiados en sistemas con resultados predominantemente negativos de los análisis de bacterias indicadoras.

Cuanto mayor es la frecuencia de análisis de indicadores de contaminación fecal en el agua, mayor es la probabilidad de detectar contaminación. Es preferible realizar exámenes frecuentes usando un método sencillo que realizar

exámenes menos frecuentes mediante un análisis o serie de análisis más complejos.

El tipo de contaminación y su frecuencia puede sufrir variaciones estacionales, en función de la pluviosidad y de otras circunstancias locales (CABELLI, DUFOUR, Mc CABE, LEVIN, 1983). Normalmente, la toma de muestras debe ser aleatoria, pero debe aumentarse su frecuencia cuando se producen epidemias o inundaciones o durante operaciones de urgencia, así como tras las interrupciones del suministro o la ejecución de obras de reparación.

## **2.7. AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA REGIÓN TACNA**

En la cuenca del río Caplina los niveles productivos de aguas subterráneas explotados hasta la fecha corresponden a depósitos cuaternarios del piso de valle, donde se encuentra el acuífero poroso no consolidado La Yarada; sin tomar en cuenta los acuíferos de ladera y altura. El acuífero La Yarada es la fuente principal de abastecimiento de agua para consumo humano y riego en la zona de Los palos, La Yarada y la ciudad de Tacna.

Según el estudio “La Yarada en Emergencia” del Proyecto Especial Tacna (abril, 2006). La explotación de acuíferos en la costa de Tacna, se dio desde comienzos del siglo XX, durante la ocupación Chilena, con el propósito de exploración de petróleo. En el año 1938 se perforaron los tres primeros pozos; los mismos que fueron incrementándose en los años 1950 y 1967. En el año 1971 se inventariaron 55 pozos con un volumen anual de explotación de 27 millones de metros cúbicos.

En 1989 el volumen de explotación fue de 68 millones de metros cúbicos que abastecía para regar 2,800 hectáreas. Actualmente existe un volumen de explotación anual de 97 millones de metros cúbicos de agua; de pozos con y sin licencia para uso agrícola, poblacional y pecuario, y una recarga de 53 millones de metros cúbicos constituido por el aporte de infiltración de las diferentes quebradas (Proyecto Especial Tacna - 2006). Esto significa que en poco tiempo el acuífero de La Yarada y Los Palos podría colapsar ya que actualmente el descenso del nivel piezométrico es de 0.5 metros al año.

Este problema se generó por la falta de planificación adecuada por que el país aun no cuenta con técnicas adecuadas de gestión de las aguas subterráneas que permitan desarrollar el uso de las aguas subterráneas en forma planificada.

### **2.7.1. Origen Geológico de las aguas subterráneas de la Cuenca del Río Caplina**

La historia geológica, las geoformas resultantes, la diversidad climática actual y las modificaciones fisiográficas sufridas en el pasado geológico dan como resultado un complejo sistema hídrico subterráneo en la cuenca del Río Caplina.

Si bien los acuíferos actualmente explotados se encuentran en sedimentos cuaternarios, las cuencas hidrológicas que aportan a la recarga se desarrollan en su mayor extensión sobre afloramientos de rocas volcánicas y volcánicos-sedimentarios, cuya litología y estructura condicionan tanto los regímenes hídricos superficiales como la calidad química de las aguas que alimentan los acuíferos **(Ver anexo 09)**.

Por otra parte las direcciones de flujo subterráneo tienen una estrecha relación con la historia de la depositación de los sedimentos cuaternarios y su posterior reelaboración morfológica.

## 2.8. POZOS Y SONDEOS

Los pozos y sondeos existentes en la cuenca suman 415 y se encuentran registrados por la Administración Técnica de Distrito de Riego (ATDR); sin embargo aun no ha sido posible la ubicación del total de pozos, ya que existen muchos pozos clandestinos (INEI, 2012).

La mayor parte de los pozos y sondeos se encuentran en el piso de valle, concretamente en el acuífero poroso no consolidado, tanto en el valle viejo como en la zona de La Yarada, Magollo y Los Palos. Cada sondeo y pozo, es constantemente explotado mediante electrobombas que operan las 24 horas del día y solamente se detienen para la limpieza y mantenimiento.

Muchos de ellos poseen infraestructura de captación muy precaria, las tuberías no tienen válvulas de control y se van despintando, muchos pozos no cuentan con caseta de protección y están a la intemperie. La extracción constante de agua es un peligro a la sobre explotación y al fenómeno de intrusión marina y contaminación bacteriana.

### **2.8.1. Parámetros hidrogeológicos**

La productividad de un acuífero depende de las características hidrogeológicas de los materiales, estas se encuentran ligadas a las propiedades físicas de la roca almacén que determinan valores como permeabilidad, transmisibilidad, porosidad eficaz, coeficiente de almacenamiento y gradiente hidráulico.

En la parte alta de la cuenca donde se encuentran los acuíferos fisurados se han medido la permeabilidad superficial mediante ensayos puntuales de infiltración y estadística de fracturas.

### **2.8.2. Hidrogeoquímica**

El agua subterránea pura; no existe en la naturaleza ya que este elemento es el solvente más abundante, capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por las cuales circula.

Con frecuencia se piensa únicamente en la cantidad de agua disponible, sin embargo su calidad también es un factor importante ya que ayuda a decidir si es

apta o no para cierto uso, o si su tratamiento correctivo necesario va a ser económicamente viable.

La calidad del agua subterránea depende mucho de las condiciones del acuífero, de su litología, de la velocidad de circulación, de la calidad del agua de infiltración, de los factores hidrodinámicos, y de las actividades humanas (producción de desechos y residuos que pueden generar contaminación cuyos alcances son a veces insospechados). La composición físico química y bacteriológica que tiene el agua; lo adquiere al momento de la circulación en el subsuelo y por entrar en contacto con diferente tipo de rocas y minerales.

Según el informe del INRENA (Las aguas Subterráneas en el Perú, 2003), el volumen total explotado asciende a 63 031 071,10 m<sup>3</sup>, de los cuales 62 778 783,10 m<sup>3</sup> (62,78 Millones de Metros Cúbicos) se extrajo mediante pozos y 252 288,00 m<sup>3</sup> (0,25 millones de metros cúbicos) a través de los afloramientos de agua subterránea. En relación a los pozos, el agua es extraída mayormente por los mixtos y de uso agrícola (59 961848,40 m<sup>3</sup>), seguido por los de uso doméstico (2 690 677,80 m<sup>3</sup>).

## **2.9. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

La calidad del agua disponible para satisfacer necesidades humanas, es uno de los factores más importantes que condicionan el desarrollo de la vida humana. La necesidad de consumo humano, industrial o agrícola, generan un problema a resolver; el de su uso y disponibilidad final (PAVEZ, 2008). Las aguas subterráneas se consideran como los recursos de mayor pureza sobre todo en lo que se refiere a la contaminación por agentes exteriores. Sin embargo, los acuíferos subterráneos también están expuestos a peligros de contaminación.

En la cuenca del río Caplina, las precipitaciones son escasas e irregulares pero el clima es apto para la agricultura. Conocer el grado de peligro por contaminación es, sin duda fundamental (PAVEZ, 2008).

Existen fuentes posibles de contaminación de los acuíferos, de los cuales aquellos que se han identificado son los siguientes:

### **2.9.1. Contaminación por actividades humanas.**

Las formas de contaminación orgánica y biológica más comunes son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas, etc., a la cual se suma la contaminación nacida de la utilización cada vez más intensa de productos químicos de uso domésticos, tales como los detergentes en sus diferentes presentaciones. La contaminación por detergentes, se realiza con mayor intensidad en la ciudad de Tacna, mientras la contaminación por fosas sépticas, letrinas, se realizan en la parte alta, la cual no cuenta con un sistema de alcantarillado (CONTRERAS, G.J; COHA, J.M.; MARTÍNEZ, A.M y AURAZO, M. 1996).

### **2.9.2. Contaminación por labores agrícolas**

La contaminación por labores agrícolas se produce por los abonos utilizados en la agricultura, después de usarlos en la tierra se descomponen aumentando las sales, esto ocasiona que el pH y el contenido de bicarbonatos disminuyan. También depende del clima y del tipo de terreno de cultivo. Los abonos artificiales a base de nitratos, fosfatos y potasa, pueden producir principalmente contaminación por dilución; el yeso añadido al terreno para corregir el efecto de

aguas bicarbonatadas alcalinas también puede contribuir al incremento del contenido de sulfatos, sales y la dureza (CONTRERAS, G.J; COHA, et. 1996).

El tipo o calidad de agua de regadío, por concentración de sales en el agua de riego que se infiltra; este aspecto tiene importancia cuando se trata de regadíos con aguas subterráneas en zonas mal drenadas y/o con escasa recarga natural, donde al cabo de un tiempo puede llegarse a tener un agua no apta para los cultivos (CONTRERAS, G.J; COHA, et. 1996).

La contaminación producida por el uso de pesticidas, como insecticidas, herbicidas y plaguicidas, entre otros, que pueden constituir un problema muy grave y permanente al tener contacto con el agua de riego y esta se infiltre en el acuífero. A esto se suma el quemado de las plantas secas o sobrantes, que contribuyen con la salinización del suelo (CONTRERAS, G.J; COHA, et. 1996).

Todos estos aspectos se producen en la zona agrícola de Tacna, que comprende: El valle Viejo (Pachía, Pocollay, Calana), la Yarada, Los Palos, Magollo, Para y Copare. Lo que se necesita es un estudio detallado para evaluar el grado de contaminación y vulnerabilidad que generan estos elementos (PROYECTO ESPECIAL TACNA, 2006).

### **2.9.3. Contaminación por ganadería**

Tiene mucha similitud con la contaminación por actividades humanas, pero con frecuencia más concentrada e intensa, en especial en granjas, avícolas, corrales, etc. Bajo este aspecto los residuos encontrados en las granjas porcinas son más intensas que en las granjas avícolas, por el volumen de materia orgánica que se produce. Este tipo de contaminación existe especialmente en el Distrito de Ciudad Nueva, en el de Gregorio Albarracín, Las Yaras, Sama Inclán y el Distrito de Ite.

### **2.9.4. Contaminación por vertido de Residuos sólidos**

Su máximo desarrollo se tiene cuando los residuos sólidos se entierran de forma inadecuada; excavando en materiales permeables mal protegidos o peor aún en contacto con el nivel freático. Este tipo de contaminación se encuentran en el Distrito de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, donde se puede observar en un lugar llamado Quebrada del Diablo, que durante varios años se ha ido vertiendo los residuos sólidos de la ciudad de Tacna, sin adecuado tratamiento. En la actualidad, a su alrededor se ha creado un relleno sanitario que tampoco

dispone de un manejo y tratamiento adecuado. Y donde se observa gran cantidad de lixiviados que generan contaminación.

#### **2.9.5. Contaminación por los vertidos de aguas residuales**

Los vertederos de agua residual pueden provenir de pozos negros, letrinas, fosas sépticas, entre otros y las fugas de red de alcantarillado. Anteriormente se ha mencionado la ubicación de las zonas donde existe contaminación por actividades humanas, a esto se le adiciona la existencia de lagunas de oxidación de las aguas servidas de la ciudad de Tacna, las cuales también se usan para regar los cultivos de la irrigación Copare, los parques y jardines de la ciudad de Tacna. Esta actividad tiene alto porcentaje de contaminación del acuífero poroso no consolidado.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### A) Material de Vidrio:

- Frascos de muestreo de 500 ml. graduados con tapa
- Probeta de 250 y 100 ml.
- Pipeta 5 ml.
- Pipeta 10 ml.
- Pipeta de 1 ml.
- Tubos de ensayo 15x125 mm.
- Tubos de ensayo 18x125 mm.
- Matraz 250 ml.
- Bagueta
- Placas Petri de 60x15 mm.
- Tubos Durham de fermentación

**B) Medios y Reactivos****Medios de Cultivo:**

- Caldo Brilla
- Agua Peptonada
- Agar cuenta colonias PCA
- Agar Endo

**Reactivos:**

- Ácido Clorhídrico
- TTC (cloruro de trifenil tetrazolium)
- Hidróxido de Sodio
- Alcohol Yodado
- Metanol

**C) Equipos:**

- Balanza manual de platillo de 210 g.

- Refrigeradora
- Cocina eléctrica
- Incubadoras temperadas
- Contador de colonias

**D) Otros materiales:**

- Bombillas para succión
- Hielo seco artificial
- Cooler
- Termómetro con rejillas
- pH metro
- Conductímetro electrónico
- Mascarilla de protección
- Guantes quirúrgicos
- Mechero bunsen
- Cordón de nylon
- Pabilo
- Plumón marcador
- Filtro de membrana de 47 mm de diámetro; 0,45  $\mu\text{m}$  de poro cuadrulado

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Diseño de Investigación.

Por ser un trabajo descriptivo se uso el diseño de una sola casilla.

### 3.2.2. Variables.

✓ **Independiente:**

Aguas subterráneas de consumo humano.

✓ **Dependiente:**

Calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas.

✓ **Indicadores:**

- Coliformes Totales
- Coliformes Termotolerantes
- Bacterias Heterótrofas

### **3.2.3. Población.**

Las aguas subterráneas de consumo humano

### **3.2.4. Muestra.**

Aguas Subterráneas de los 46 pozos de la Yarada y Los Palos

### **3.2.5. Muestreo.**

El trabajo se realizó en el Distrito de Tacna en los Centros Poblados menores de La Yarada y Los Palos entre los meses de Febrero a Mayo del año 2012 (**Ver anexo 09**).

Se tomó en consideración el agua proveniente de pozos subterráneos formales, que es consumida en zonas urbano-marginales como La Yarada y Los Palos.

### A. Selección del tamaño de la muestra.

Se consideró a 92 pozos subterráneos formales como universo que se encuentran en la Región Tacna, Provincia de Tacna, Centro Poblado La Yarada y Los Palos (**Ver anexo 11**).

Para seleccionar el tamaño de la muestra se aplicó la fórmula de tamaño de muestra estadística para poblaciones finitas que consistió en la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q \cdot N}{N e^2 + Z^2 p \cdot q}$$

Fórmula estadística para poblaciones finitas (GUARÍN, 2010)

En donde:

Z = nivel de confianza

p = Probabilidad a favor

q = Probabilidad en contra

N = Universo

e = error de estimación

n = tamaño de la muestra

Valores a estimar

n = ?

e = 5% = 0,05

Z = 0,95

N = 92 que es el universo

p = 0,50

q = 0,50

Entonces

**n = 45,8 redondeando a 46 pozos muestreados**

## **B. El etiquetado**

Las muestras fueron llevadas al laboratorio y se trabajaron al mismo tiempo, por lo que se tuvo en cuenta las características del punto de muestreo así como la fecha, hora, temperatura, profundidad y persona encargada del muestreo **(Ver anexo 08)**.

## **C. Recolección de muestras de pozos excavados y fuentes similares**

Se preparó el frasco o el vaso de muestreo para el análisis bacteriológico; ambos esterilizados. Con un pedazo de cordón, se amarró una piedra de tamaño apropiado al frasco de muestra. Antes se lavó la piedra a fin de evitar la incorporación de microorganismos al agua del pozo **(Foto 10)**.

Posteriormente se amarró el frasco al cordón. Con un cordón limpio, de una longitud necesaria para el muestreo según la profundidad del pozo, y se ató el frasco para luego destaparlo.

Se ubicó el frasco o el vaso de muestreo en un punto alejado de las paredes del pozo y lentamente se dejó descender el frasco dentro del pozo. El peso de la piedra facilitó su descenso.

Al llenar el frasco. Se sumergió completamente hasta una profundidad de 30 centímetros aproximadamente (**Foto 12**). Se elevó el frasco. Una vez que se consideró que el frasco está lleno, se enrolló la cuerda alrededor de la estaca para subirlo. Cuando el frasco estaba completamente lleno, se desechó parte del agua hasta que aproximadamente un tercio del frasco quede vacío. Se Colocó la tapa del frasco como se describió anteriormente.

En el caso de los pozos con cobertura de concreto y en el que no hay contacto directo para la toma adecuada de muestra se la obtuvo de la válvula de la manguera más cercana al pozo la cual fue limpiada con un desinfectante en este caso alcohol y se dejó fluir el agua por unos segundos para el muestreo adecuado (**Foto 11**).

#### D. Tiempo de transporte al laboratorio y preservación de las muestras

El tiempo de transporte y preservación de la muestra fue un factor muy importante, ya que no serviría de nada haber realizado un muestreo con todas las precauciones del caso, si en estos últimos pasos no se tuvieron cuidado.

Los frascos fueron transportados en una caja resistente para evitar roturas (**Foto 13**). Esta caja fue un Cooler de plástico. El Cooler tenía suficiente espacio para colocar las bolsas con la mezcla refrigerante que permitió que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración.

En la cubierta del cooler se colocó una etiqueta que, de manera impresa o con tinta indeleble, se mostro las inscripciones “Fragil”, “Muestras de agua, urgente” y “Este lado hacia arriba”, así como la dirección del laboratorio al que se enviaron las muestras.

En la parte interna del cooler también se colocó el formulario detallado con los datos de la recolección de las muestras, su descripción y el nombre de la persona que las recolectó y las envió.

En el laboratorio la muestra fue conservada a temperatura de refrigeración hasta el inicio del examen.

#### **E. Rotulado o etiquetado de frasco**

Las muestras fueron convenientemente rotuladas ya que esto fue muy importante, de lo contrario se hubiera corrido el riesgo de perder los datos de la muestra a analizar o cambiar los datos entre éstas, al usar marcadores estos eran de tinta indeleble teniendo mucho cuidado de que no se borren durante el transporte al laboratorio al estar en el cooler con hielo, generalmente en los monitoreos se muestrearon varios puntos por lo que es fácil poder confundir las muestras si no están perfectamente rotuladas (**Foto 15**).

#### **F. Datos de la etiqueta o ficha (Ver anexo 08)**

- Identificación del punto de muestreo.
- Procedencia (afluente, río, pozo, etc.)
- Número de muestra o código.
- Fecha.

- Hora de recolección: parámetro de suma importancia para la hora de procesamiento de la muestra, no debe ser mayor de 8 horas, salvo que la muestra, proceda de un lugar muy distante, para lo cual deberá tomarse las medidas necesarias para la conservación de la misma.
- Volumen enviado (dependiendo del tipo de análisis).
- Profundidad de la recolección.
- Temperatura.
- Indicar los parámetros analíticos del laboratorio.
- Nombre y firma de la persona que realizó el muestreo.
- Observaciones: (se incluyó alguna característica saltante fuera de lo común)

#### **G. Acciones de control**

Las deficiencias encontradas al realizar las inspecciones sanitarias se hicieron de conocimiento a los dueños de los pozos para que tomen las medidas de prevención como ser el tratamiento del recurso hídrico al hervir el agua antes de tomarla, así como eliminar las posibles fuentes de contaminación ya sea directa o indirecta.

## H. Análisis bacteriológico

Se realizó la determinación de coliformes totales, termotolerantes por el método del número más probable (NMP) así como el recuento en placa de mesófilas aerobias (**Foto 17**).

### 3.2.6. Preparación de medios de cultivo, diluyentes y reactivos.

#### 1. Preparación de Medios y Reactivos (Ver anexo 01):

##### Caldo Brilla

Este medio está recomendado para el recuento de coliformes totales y termotolerantes, por la técnica del número más probable. Se preparó volúmenes según el número de muestras a analizar.

El fundamento de este medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el

hidrato de carbono fermentable, ya que es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas.

La preparación consistió en suspender 40 g del polvo deshidratado por litro de agua destilada. Disolviendo y distribuyendo 10 ml por tubo con una campanita de Durham. Se Preparó además, el medio a doble concentración. Esterilizándolo en autoclave a 121°C durante 15 minutos. El pH del medio 7,2  $\pm$  0,2.

### **Agua Peptonada**

Medio usado como diluyente y para enriquecimiento bacteriano a partir de alimentos y otros materiales de interés sanitario.

El fundamento consiste que es un medio de enriquecimiento no selectivo, recomendado para ser utilizado en lugar de solución fisiológica para recuperar células de enterobacterias dañadas por procesos fisicoquímicos, a los que ha sido sometido el alimento. Si es utilizado como medio base para la fermentación de hidratos de carbono, se debe adicionar el indicador de Andrade y el hidrato de carbono en cuestión.

La preparación consistió en suspender 15 g de polvo en 1 litro de agua destilada. Se mezcló bien y se distribuyó. Posteriormente se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos a un pH de  $7,2 \pm 0,2$ .

### **Cloruro de Trifenil Tetrazolium TTC**

El uso de sales de tetrazolium provee de métodos alternos indirectos para medir actividad respiratoria asociada a una cadena de transporte de electrones. Dichas sales se conocen desde el 1894, siendo reconocidas inicialmente por su efecto de teñir bacterias.

La reducción de una sal de tetrazolium causa la formación de un precipitado insoluble de coloración intensa, conocido con el nombre de formazán. Hoy día su utilización se extiende a: pruebas de viabilidad de semillas, presencia y enumeración de bacterias, pruebas de motilidad bacteriana en agar semisólido y detección de sistemas enzimáticos de deshidrogenasas. Las sales de tetrazolium presentan diferencias en grado de solubilidad en grasas, tamaño de los cristales de formazán que generan al reducirse y la rapidez con que se produce la reacción de reducción. En términos generales, el potencial redox de las sales de tetrazolium al

reducirse al estado formazán es de alrededor de -0,08 voltios, relativo al electrodo de hidrógeno. De esta forma, los tetrazoles actúan como aceptadores de electrones de muchos nucleótidos de pirimidinas asociados a sistemas enzimáticos (ej. deshidrogenasas).

Su preparación consistió en agregar 0,5 g. de TTC en polvo en 100 ml de agua destilada estéril, se disolvió para posteriormente llevarlo a un equipo de filtración que tiene una membrana de 45  $\mu\text{m}$  la cual solo permitió el paso de la solución volviéndola estéril. Posteriormente se agregó la solución estéril de TTC 0,5% al Agar Cuenta Colonias a una temperatura de 45 °C (aún líquido). Este Agar PCA más TTC al 0,5 % fue utilizado para el recuento de Colonias Mesófilas Heterótrofas.

**Nota:** El TTC no se autoclavó por que si no perdería sus funciones bioquímicas y el pH de la muestra no debe ser menor a 5 ya que inactiva su función reductora.

**Agar Cuenta Colonias + TTC (Ver anexo 03)**

Medio de cultivo recomendado para el recuento de bacterias aeróbicas en aguas, aguas residuales, productos lácteos y otros alimentos. También es recomendado como medio general para determinar poblaciones microbianas.

El fundamento consiste en la productividad de este medio, está basada en el alto contenido nutricional de sus componentes, que permite el desarrollo de las bacterias presentes en la muestra.

La preparación consistió en suspender 23,5 g en un litro de agua destilada. Calentándolo a ebullición con agitación constante. Distribuyéndolo y esterilizarlo durante 15 minutos a 121°C. a un pH de  $7,0 \pm 0,2$ .

**2. Almacenamiento**

Todos los medios de cultivo preparados fueron almacenados a temperaturas de 10 °C, durante un máximo de dos semanas, después de este periodo fueron descartados.

### **3.2.7. Evaluación de la numeración de coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas**

#### **1. EVALUACIÓN DE LA NUMERACIÓN DE COLIFORMES TOTALES POR EL MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES (NMP). (APHA, 1995) (VER ANEXO 02)**

El método se basa en el principio de que una única célula viva puede desarrollarse y producir un cultivo turbio. El método requiere la realización de una serie de diluciones en serie de la muestra de cultivo, en un medio líquido adecuado para el crecimiento de dicho organismo de un volumen diez veces mayor. Luego, se incuban las muestras de esos tubos y, pasado un tiempo, se examinan los tubos. Aquellos tubos que recibieron una o más células microbianas procedentes de la muestra, se pondrán turbios, mientras que los tubos que no recibieron ninguna célula permanecerán transparentes. Al aumentar el factor de dilución, se alcanza un punto en el que algunos tubos contendrán tan sólo un microorganismo y otros tubos no contendrán ninguno. Al calcular la probabilidad de que los tubos no hayan recibido ninguna célula, se puede estimar el número más probable de microorganismos presentes en la muestra original, a partir de una tabla estadística.

**Procedimiento:**

El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 mL de concentración simple (X), para inóculos de 1 mL y de doble concentración (2x) para inóculos de 10 mL.

Por muestra de agua subterránea se preparó 9 tubos de ensayo, cada uno en su interior con un tubo Durham. A los tres primeros tubos se agregó 10 mL de Caldo Brilla doble concentración, mientras que a los seis restantes 10 mL de Caldo Brilla de concentración simple y fueron esterilizados al autoclave.

Teniendo la muestra, se procedió a homogenizarla varias veces inclinando el frasco formando un ángulo aproximado de 45° entre el brazo y antebrazo. Con una pipeta serológica estéril se sembró 10 ml de muestra a los tres primeros tubos, 1mL a los tres siguientes tubos y por último 0,1 mL a los tres últimos tubos. Cada tubo fue rotulado con la numeración correspondiente al pozo monitoreado, el volumen inoculado y la fecha correspondiente (**Foto 17**).

### **Expresión de resultados**

La formación de gas en tubos de Caldo Brilla, se consideró como positivo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) respectivamente. Luego se hizo la lectura del Número Más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número Más Probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 mL y NMP de Coliformes Fecales por 100 mL.

## **2. EVALUACIÓN DE LA NUMERACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES POR EL MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES (NMP). (APHA, 1995) (VER ANEXO 02)**

Se realizó el mismo procedimiento que la prueba anterior sólo que esta vez se incubó a 35°C por 24-48 horas los tubos positivos de la anterior prueba. De los tubos positivos, se transfirió una asada a tubos con Caldo Brilla. Se incubó a 35°C por 24-48 horas los tubos de Caldo Brilla **(Foto 18)**.

### **Expresión de resultados**

El Número Más Probable de coliformes termotolerantes fue obtenido a través de tabla en el que sus datos tienen límites de confianza de 95% para cada valor de NMP determinado **(Ver anexo 02)**.

### **3. EVALUACIÓN DEL RECuento EN PLACA DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS EN AGUA SUBTERRÁNEA (APHA, AWW, WEF Part. 9215B 21 th ed. 2005) (Ver anexo 04)**

La determinación del conteo de bacterias mesófilas aerobias en una muestra de agua se realiza, normalmente, por siembra en una placa, de un volumen determinado de agua, por incubación a una temperatura concreta y en un tiempo determinado, y por recuento posterior de las colonias desarrolladas y con la aceptación implícita de que cada colonia es originada por una bacteria de la muestra inicial, por lo tanto, el número de colonias equivaldrá al número de bacterias en el volumen sembrado.

**En condiciones asépticas:**

- Se agitó vigorosamente la muestra de agua, para homogeneizarla luego se pipeteó 1 mL de muestra para verterlo en el primer tubo con 9 mL de agua de dilución estéril, quedando entonces una dilución de  $10^{-1}$ .
- Se agitó para homogeneizar y se tomó 1 mL de esta dilución ( $10^{-1}$ ) y se agregó en el segundo tubo, quedando una dilución de  $10^{-2}$ .
- Se agitó para homogeneizar y se tomó 1 mL de esta dilución ( $10^{-2}$ ) y se agregó en el tercer tubo, quedando una dilución de  $10^{-3}$ .
- Utilizando una pipeta estéril, se tomó 1 mL de la dilución  $10^{-1}$  y se agregó en la placa Petri estéril marcada con  $10^{-1}$ , la cual se distribuye bien en el fondo de la placa Petri vacía.

Se efectuó esta misma operación por triplicado.

- De la misma manera, se tomó 1 mL de la dilución  $10^{-2}$  colocándolo en la placa Petri marcada con  $10^{-2}$ .

Se efectuó esta misma operación por triplicado.

- Se hizo lo mismo con el tubo de la dilución  $10^{-3}$  y la placa Petri marcada con  $10^{-3}$ .

Se efectuó esta misma operación por triplicado.

- Antes de que pasen 10 minutos, se agregó la solución estéril de TTC al 0,2% y se agregó a cada placa Petri el medio de cultivo contenido en un tubo, a una temperatura máxima de  $47^{\circ}\text{C}$  (todavía líquido).
- Antes de que el medio de cultivo solidifique, se homogenizó cada placa mediante movimientos de translación y rotación en una superficie plana aproximadamente durante 1 minuto evitando que se mojen la tapa y los costados de la placa, de esta manera el agua y el agar se mezclaron íntimamente.
- Se dejó reposar las placas el tiempo necesario para que solidifique el agar.
- Una vez solidificado el agar en las cajas, se incubó en posición invertida con objeto de que el agua de condensación del agar no caiga sobre la

superficie del cultivo. Las condiciones de incubación fueron: 37°C ( $\pm 1$  °C) durante 24 horas ( $\pm 3$  h).

- Transcurrido el tiempo de incubación se contó las colonias que se han desarrollado en cada una de las placas, usando un cuentacolonia para efecto de facilitar la lectura (**Foto 22**).

**Al hacer el recuento, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:**

- Se seleccionaron las placas que contenían entre 25 y 250 colonias y se descartaron las otras.
- Como fueron varias las que entran en este intervalo, se contaron todas y se seleccionó las del grado de dilución por triplicado que representó un menor margen de error en el recuento y como resultado, se tomó el promedio de las tres placas y se refirió al volumen real de muestra sembrado para efectos del cálculo correspondiente.

### Expresión de resultados

Una vez efectuado el recuento de las placas correspondientes, los resultados obtenidos se elaboraron de la siguiente manera:

- Si la cantidad de agua sembrada fue de 1 mL la expresión del resultado es directa.
- Si la cantidad de agua sembrada fue de 0,1 mL, el número de colonias contadas se dividió por el volumen de muestra sembrada, es decir, por 0,1 para obtener el número de colonias por mililitro.

Los resultados se expresaron así:

Bacterias Heterotróficas /mL = Número de colonias en volumen real de muestra sembrada en mL.

NÚMERO DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS: \_\_\_\_ UFC/mL.

Si no se observaron colonias en ninguna de las placas sembradas, el resultado no fue de 0 (cero) UFC/mL, sino que fue referido al menor grado de dilución sembrado. En el presente experimento éste es de  $10^{-1}$ , por lo tanto el resultado fue: <10 UFC/mL.

### **3.2.8. Establecimiento de la Calidad Bacteriológica de las aguas de consumo humano de Los Centros Poblados Menores La Yarada y Los Palos**

Se estableció comparando los resultados de las evaluaciones de coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas con los valores estándar establecidos por Decreto Supremo Nacional de Calidad de Agua para el Consumo Humano N° 031-2010-SA.

### **3.2.9. Análisis de resultados.**

Los resultados de los análisis bacteriológicos obtenidos de los diferentes pozos de agua subterránea utilizados para el consumo humano han sido tratados estadísticamente por análisis porcentual donde se consideró si fueron o no aptos para la salud (**Gráficos 01, 02 y 03**).

Los resultados de las inspecciones sanitarias se expresaron de manera porcentual de acuerdo a las condiciones de salubridad encontradas en los pozos de agua subterránea **(Ver Anexo 06)**.

Los datos obtenidos, se expresaron en: Gráfico de barras, gráfico circular y tamaño porcentual.

#### IV. RESULTADOS

##### 1. Calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas

Del total de los 46 pozos, el 46% estuvieron aptas desde el punto de vista de la calidad bacteriológica para el consumo humano de acuerdo al D.S. N° 031-2010-AS el resto presentó contaminación microbiológica de acuerdo a los límites máximos permisibles. Los indicadores encontrados fueron: Coliformes totales 54%, Coliformes Termotolerantes 11% y Bacterias Heterotróficas 2% (**Figura 04**).

##### 2. Inspecciones Higiénico Sanitarias de pozos de aguas subterráneas

De los 46 pozos muestreados, el 15 % se encontraron en condiciones adecuadas, las demás presentaron deficiencias Higiénico-sanitarias y estas fueron: presencia de vectores (insectos) en un 26%, algas 22%, sin protección 48%, pozo sin revestimiento 4%, cercanía a basurales 4%, cercanía a letrinas 2% y presencia de animales domésticos en el ambiente circundante 7% (**Ver Anexo 07**).

En la tabla 03 se observa que la mayoría del agua subterránea de los pozos muestreados (54%), no cumplió con la norma nacional establecida para la cantidad aceptable de coliformes totales.

**TABLA 03:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para coliformes totales comparándolos con los parámetros de la Norma Nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Coliformes Totales NMP/100 ml	Normas de Calidad NMP/100ml	Calidad Bacteriológica - Coliformes Totales (Apta - No apta)
1	IRHS 101	2	< 1,8	No apta
2	IRHS 106	< 1,8	< 1,8	Apta
3	IRHS 107	20	< 1,8	No apta
4	IRHS 111	2	< 1,8	No apta
5	IRHS 112	< 1,8	< 1,8	Apta
6	IRHS 115	< 1,8	< 1,8	Apta
7	IRHS 117	2	< 1,8	No apta
8	IRHS 122	< 1,8	< 1,8	Apta
9	IRHS 25	2	< 1,8	No apta
10	IRHS 27	4	< 1,8	No apta
11	IRHS 40	< 1,8	< 1,8	Apta
12	IRHS 45	2	< 1,8	No apta
13	IRHS 50	< 1,8	< 1,8	Apta
14	IRHS 56	6,8	< 1,8	No apta
15	IRHS 67	< 1,8	< 1,8	Apta
16	IRHS 94	11	< 1,8	No apta
17	IRHS 22	24	< 1,8	No apta
18	IRHS 30	4,5	< 1,8	No apta
19	IRHS 08	2	< 1,8	No apta
20	IRHS 09	< 1,8	< 1,8	Apta
21	IRHS 10	< 1,8	< 1,8	Apta
22	IRHS 41	2	< 1,8	No apta
23	IRHS 43	2	< 1,8	No apta

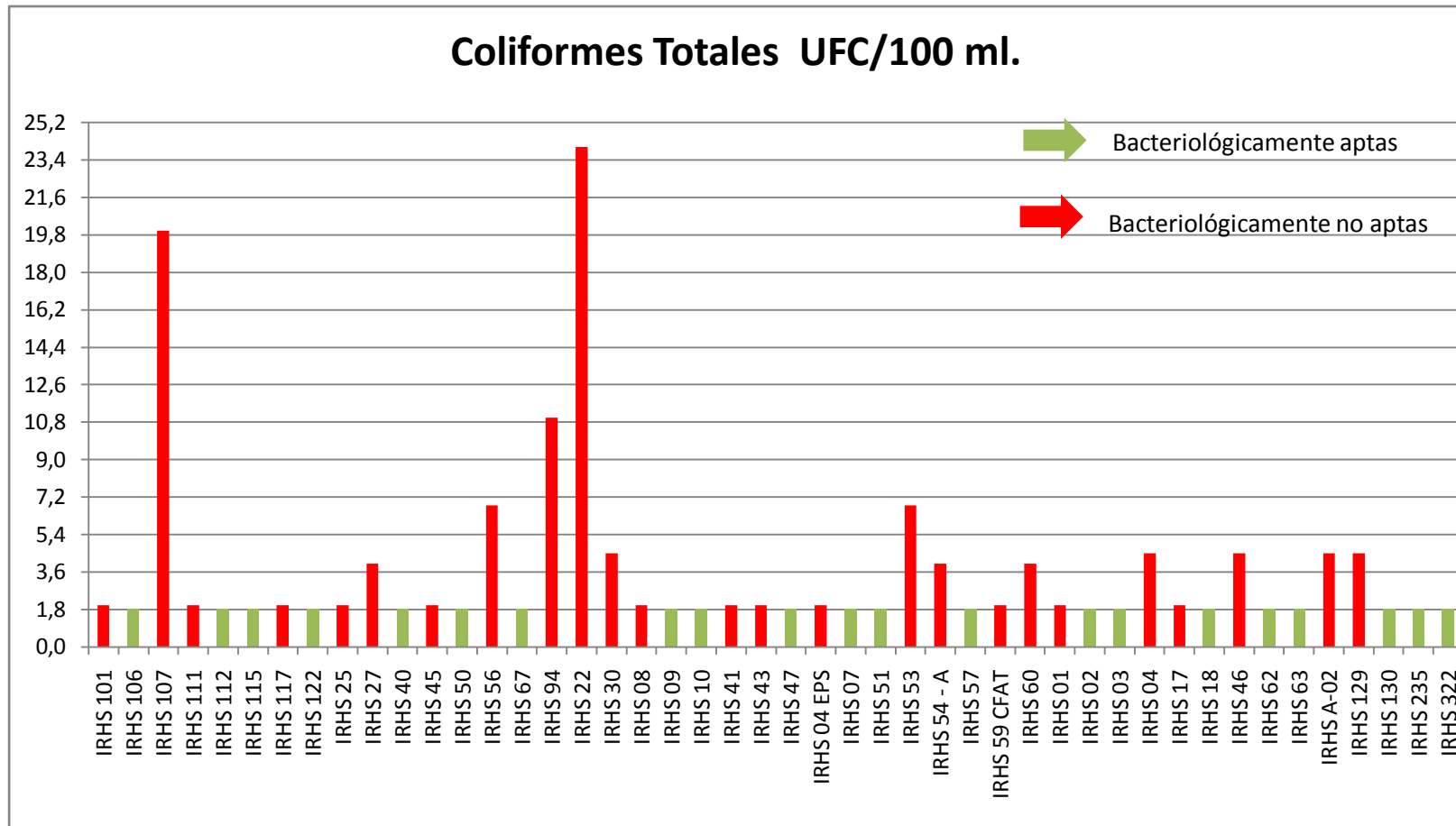
Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN TABLA 03:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para coliformes totales comparándolos con los parámetros de la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Coliformes Totales NMP/100 ml	Normas de Calidad NMP/100ml	Calidad Bacteriológica - Coliformes Totales (Apta - No apta)
24	IRHS 47	< 1,8	< 1,8	Apta
25	IRHS 04 EPS	2	< 1,8	No apta
26	IRHS 07	< 1,8	< 1,8	Apta
27	IRHS 51	< 1,8	< 1,8	Apta
28	IRHS 53	6,8	< 1,8	No apta
29	IRHS 54 - A	4	< 1,8	No apta
30	IRHS 57	< 1,8	< 1,8	Apta
31	IRHS 59 CFAT	2	< 1,8	No apta
32	IRHS 60	4	< 1,8	No apta
33	IRHS 01	2	< 1,8	No apta
34	IRHS 02	< 1,8	< 1,8	Apta
35	IRHS 03	< 1,8	< 1,8	Apta
36	IRHS 04	4,5	< 1,8	No apta
37	IRHS 17	2	< 1,8	No apta
38	IRHS 18	< 1,8	< 1,8	Apta
39	IRHS 46	4,5	< 1,8	No apta
40	IRHS 62	< 1,8	< 1,8	Apta
41	IRHS 63	< 1,8	< 1,8	Apta
42	IRHS A-02	4,5	< 1,8	No apta
43	IRHS 129	4,5	< 1,8	No apta
44	IRHS 130	< 1,8	< 1,8	Apta
45	IRHS 235	< 1,8	< 1,8	Apta
46	IRHS 322	< 1,8	< 1,8	Apta

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 01 se observa que el pozo IRHS 107 y el IRHS 22 presentaron un alto índice de contaminación bacteriana en lo que respecta a Coliformes Totales.



**GRÁFICO 01:** Coliformes totales encontrados en aguas subterráneas de pozos muestreados en los Centros Poblados La Yarada y Los Palos de la Provincia de Tacna en el año 2012.

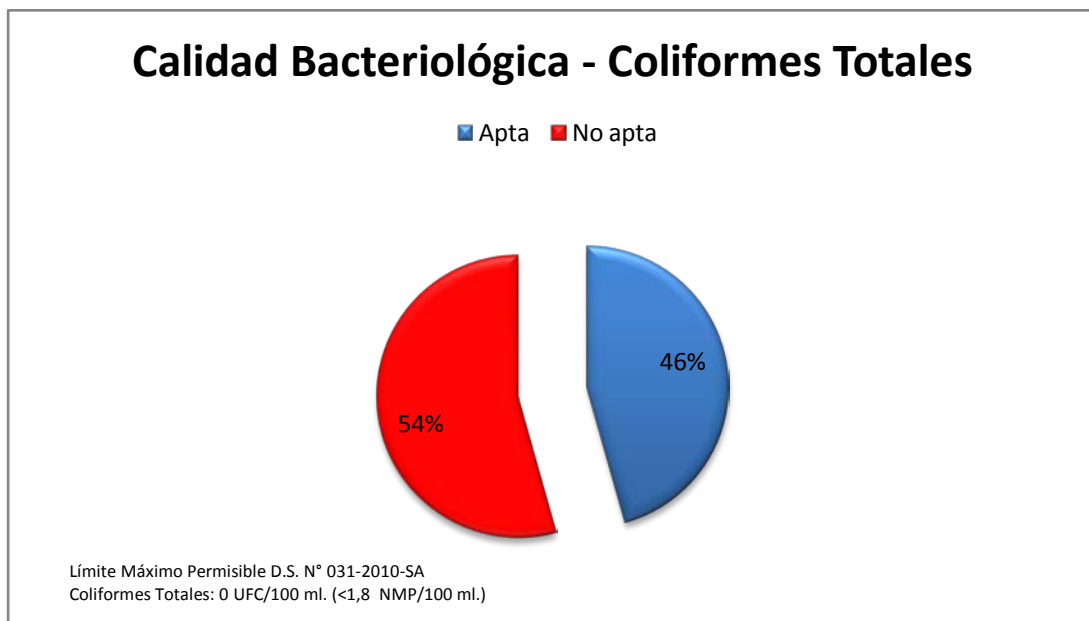
**Fuente:** Gráfico obtenido de la Tabla 03.

En la tabla 04 y figura 01 se observa que el 45,65 % son aptas y 54,35 % no son aptas bacteriológicamente referente a Coliformes Totales.

**TABLA 04:** Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de coliformes totales, según Reglamento DS N° 031-2010-SA

Calidad del agua/pozo	Nro. de pozos	%
Apta	21	45,65
No apta	25	54,35
Total	46	100,00

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 01:** Calidad bacteriológica referente a coliformes totales según límites máximos permisibles

Fuente: Obtenido de la tabla 04

En la tabla 05 se observa que solo el 11% de las muestras de agua subterránea de los pozos escogidos no cumplieron con la norma nacional establecida para la cantidad aceptable de Coliformes Termotolerantes.

**TABLA 05:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Coliformes Termotolerantes comparándolo con los parámetros de la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Normas de Calidad NMP/100ml	Calidad Bacteriológica - Coliformes Termotolerantes (Apta - No apta)
1	IRHS 101	< 1,8	< 1,8	Apta
2	IRHS 106	< 1,8	< 1,8	Apta
3	IRHS 107	20	< 1,8	No apta
4	IRHS 111	< 1,8	< 1,8	Apta
5	IRHS 112	< 1,8	< 1,8	Apta
6	IRHS 115	< 1,8	< 1,8	Apta
7	IRHS 117	< 1,8	< 1,8	Apta
8	IRHS 122	< 1,8	< 1,8	Apta
9	IRHS 25	2	< 1,8	No apta
10	IRHS 27	< 1,8	< 1,8	Apta
11	IRHS 40	< 1,8	< 1,8	Apta
12	IRHS 45	< 1,8	< 1,8	Apta
13	IRHS 50	< 1,8	< 1,8	Apta
14	IRHS 56	< 1,8	< 1,8	Apta
15	IRHS 67	< 1,8	< 1,8	Apta
16	IRHS 94	11	< 1,8	No apta
17	IRHS 22	< 1,8	< 1,8	Apta
18	IRHS 30	< 1,8	< 1,8	Apta
19	IRHS 08	< 1,8	< 1,8	Apta
20	IRHS 09	< 1,8	< 1,8	Apta
21	IRHS 10	< 1,8	< 1,8	Apta
22	IRHS 41	< 1,8	< 1,8	Apta
23	IRHS 43	< 1,8	< 1,8	Apta

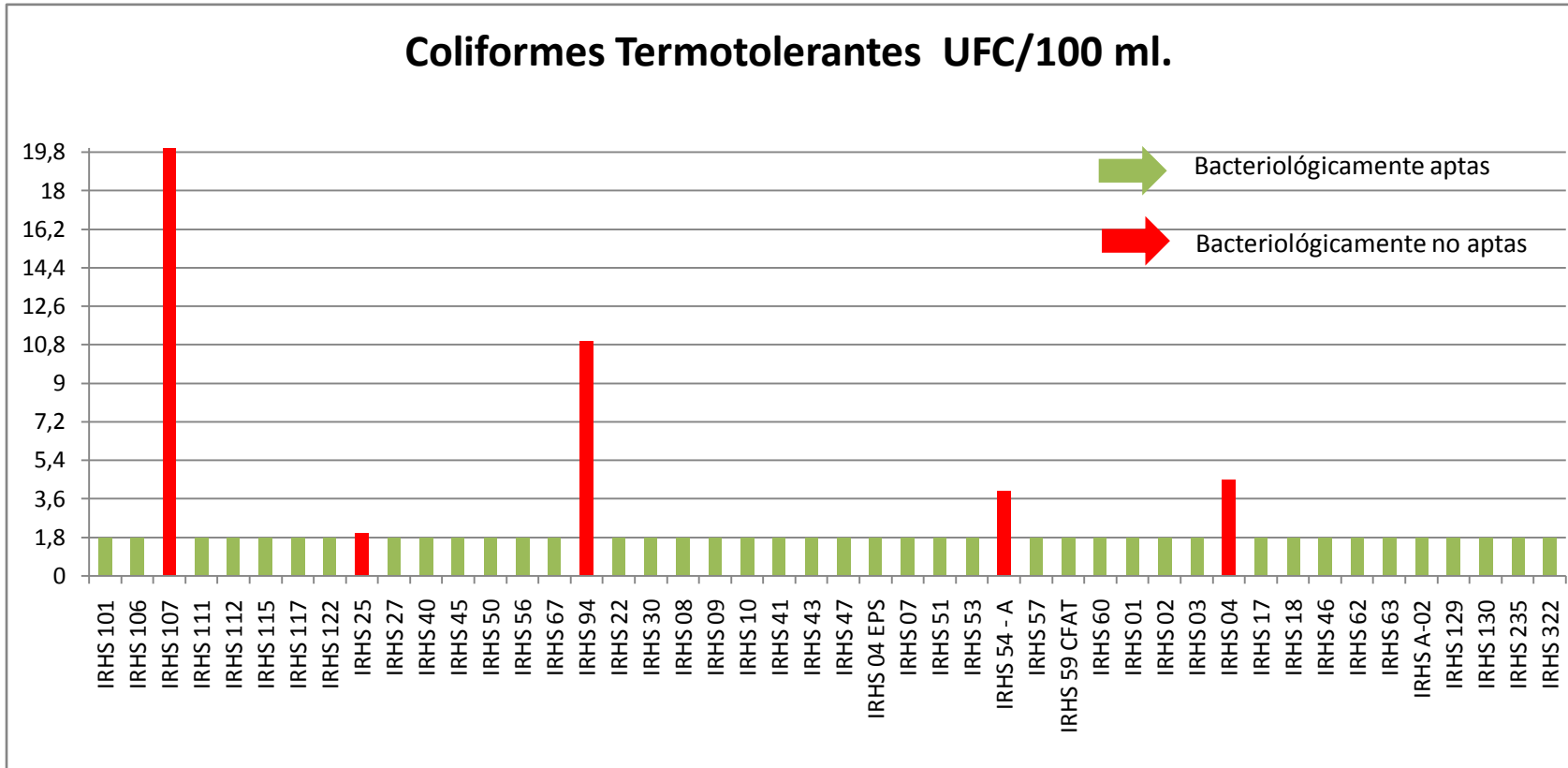
Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN TABLA 05:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Coliformes Termotolerantes comparándolos con los parámetros de la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Normas de Calidad NMP/100ml	Calidad Bacteriológica - Coliformes Termotolerantes (Apta - No apta)
24	IRHS 47	< 1,8	< 1,8	Apta
25	IRHS 04 EPS	< 1,8	< 1,8	Apta
26	IRHS 07	< 1,8	< 1,8	Apta
27	IRHS 51	< 1,8	< 1,8	Apta
28	IRHS 53	< 1,8	< 1,8	Apta
29	IRHS 54 - A	4	< 1,8	No apta
30	IRHS 57	< 1,8	< 1,8	Apta
31	IRHS 59 CFAT	< 1,8	< 1,8	Apta
32	IRHS 60	< 1,8	< 1,8	Apta
33	IRHS 01	< 1,8	< 1,8	Apta
34	IRHS 02	< 1,8	< 1,8	Apta
35	IRHS 03	< 1,8	< 1,8	Apta
36	IRHS 04	4,5	< 1,8	No apta
37	IRHS 17	< 1,8	< 1,8	Apta
38	IRHS 18	< 1,8	< 1,8	Apta
39	IRHS 46	< 1,8	< 1,8	Apta
40	IRHS 62	< 1,8	< 1,8	Apta
41	IRHS 63	< 1,8	< 1,8	Apta
42	IRHS A-02	< 1,8	< 1,8	Apta
43	IRHS 129	< 1,8	< 1,8	Apta
44	IRHS 130	< 1,8	< 1,8	Apta
45	IRHS 235	< 1,8	< 1,8	Apta
46	IRHS 322	< 1,8	< 1,8	Apta

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 02 se observa que el pozo IRHS 107 y el IRHS 94 presentaron un alto índice de contaminación bacteriana en lo que respecta a Coliformes Termotolerantes.



**GRÁFICO 02:** Coliformes Termotolerantes encontrados en aguas subterráneas de pozos muestreados en los Centros Poblados La Yarada y Los Palos de la Provincia de Tacna en el año 2012.

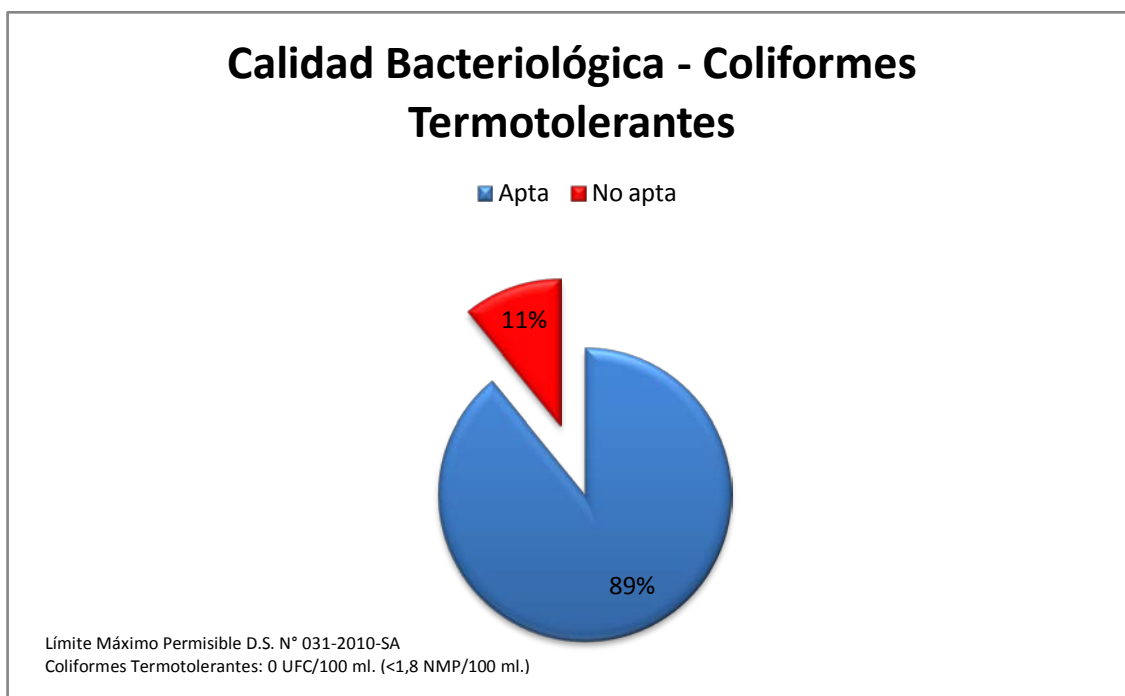
**Fuente:** Gráfico obtenido de la Tabla 05.

En la tabla 06 y figura 02 se observa que el 89,13 % son aptas y 10,87 % no son aptas bacteriológicamente referente a Coliformes Termotolerantes.

**TABLA 06:** Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de Coliformes Termotolerantes, según Reglamento DS N° 031-2010-SA.

Calidad del agua/pozo	Nro. de pozos	%
Apta	41	89,13
No apta	5	10,87
Total	46	100,00

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 02:** Calidad bacteriológica referente a coliformes termotolerantes según límites máximos permisibles

Fuente: Obtenido de la tabla 06.

En la tabla 07 se observa que solo una muestra de agua subterránea de los pozos muestreados (2%), no cumplieron con la norma nacional establecida para la cantidad aceptable de Bacterias Heterotróficas.

**TABLA 07:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Bacterias Heterotróficas comparándolo con los parámetros de la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Bacterias Heterotróficas UFC/100 ml	Normas de Calidad UFC/100 ml	Calidad Bacteriológica – Bacterias Heterotróficas (Apta - No apta)
1	IRHS 101	230	< 500	Apta
2	IRHS 106	61	< 500	Apta
3	IRHS 107	38	< 500	Apta
4	IRHS 111	95	< 500	Apta
5	IRHS 112	111	< 500	Apta
6	IRHS 115	74	< 500	Apta
7	IRHS 117	12	< 500	Apta
8	IRHS 122	10	< 500	Apta
9	IRHS 25	212	< 500	Apta
10	IRHS 27	271	< 500	Apta
11	IRHS 40	18	< 500	Apta
12	IRHS 45	31	< 500	Apta
13	IRHS 50	93	< 500	Apta
14	IRHS 56	331	< 500	Apta
15	IRHS 67	83	< 500	Apta
16	IRHS 94	42	< 500	Apta
17	IRHS 22	238	< 500	Apta
18	IRHS 30	219	< 500	Apta
19	IRHS 08	230	< 500	Apta
20	IRHS 09	5	< 500	Apta
21	IRHS 10	18	< 500	Apta
22	IRHS 41	15	< 500	Apta
23	IRHS 43	216	< 500	Apta

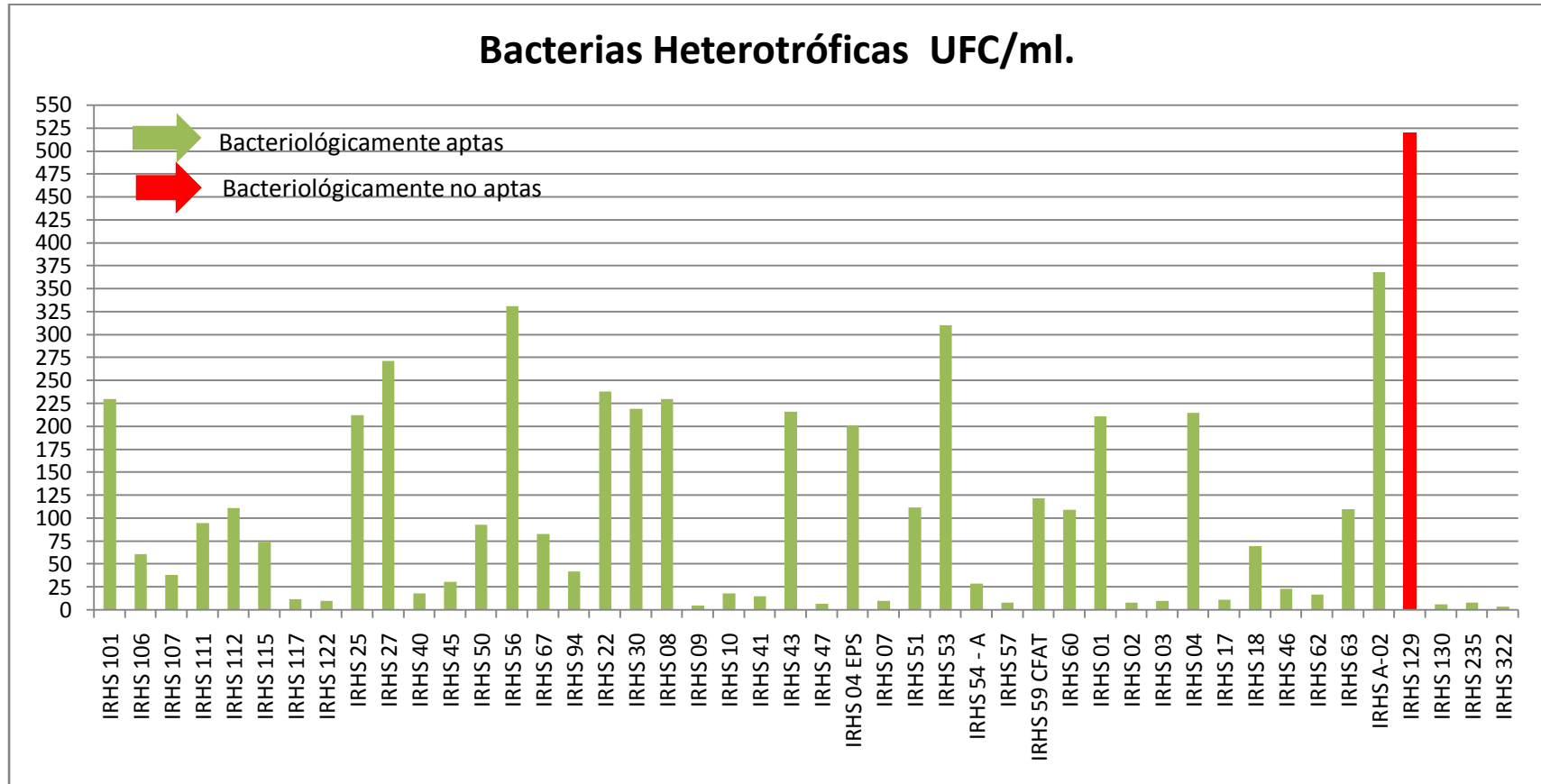
Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN TABLA 07:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica para Bacterias Heterotróficas comparándolo con los parámetros de la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Bacterias Heterotróficas UFC/100 ml	Normas de Calidad UFC/100 ml	Calidad Bacteriológica – Bacterias Heterotróficas (Apta - No apta)
24	IRHS 47	7	< 500	Apta
25	IRHS 04 EPS	201	< 500	Apta
26	IRHS 07	10	< 500	Apta
27	IRHS 51	112	< 500	Apta
28	IRHS 53	310	< 500	Apta
29	IRHS 54 - A	29	< 500	Apta
30	IRHS 57	8	< 500	Apta
31	IRHS 59 CFAT	122	< 500	Apta
32	IRHS 60	109	< 500	Apta
33	IRHS 01	211	< 500	Apta
34	IRHS 02	8	< 500	Apta
35	IRHS 03	10	< 500	Apta
36	IRHS 04	215	< 500	Apta
37	IRHS 17	11	< 500	Apta
38	IRHS 18	70	< 500	Apta
39	IRHS 46	23	< 500	Apta
40	IRHS 62	17	< 500	Apta
41	IRHS 63	110	< 500	Apta
42	IRHS A-02	368	< 500	Apta
43	IRHS 129	520	< 500	No apta
44	IRHS 130	6	< 500	Apta
45	IRHS 235	8	< 500	Apta
46	IRHS 322	4	< 500	Apta

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 03 se observa que sólo el pozo IRHS 129 presentó contaminación bacteriana en lo que respecta a Bacterias Heterotróficas.



**GRÁFICO 03:** Bacterias Heterotróficas encontrados en aguas subterráneas de pozos muestreados en los Centros Poblados La Yarada y Los Palos de la Provincia de Tacna en el año 2012.

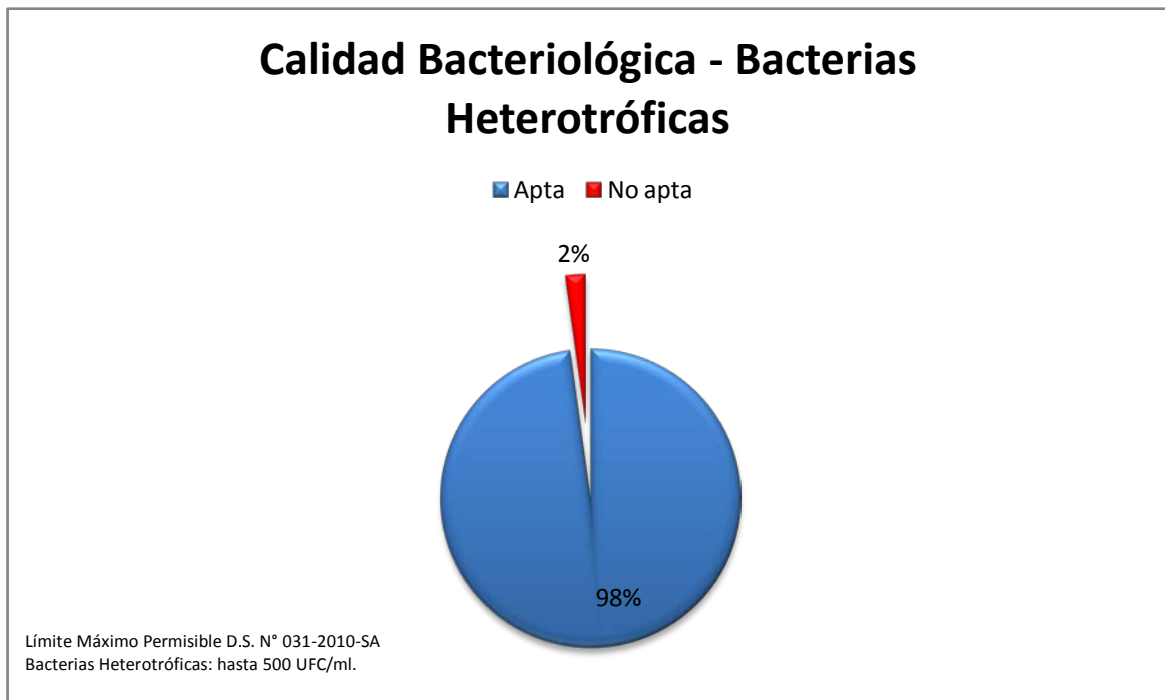
**Fuente:** Gráfico obtenido de la Tabla 07.

En la tabla 08 y figura 03 se observa que el 97,83 % son aptas y 2,17 % no son aptas bacteriológicamente referente a Bacterias Heterotróficas.

**TABLA 08:** Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas muestreadas referente a la cantidad de Bacterias Heterotróficas, según Reglamento DS N° 031-2010-SA.

Calidad del agua/pozo	Nro. de pozos	%
Apta	45	97,83
No apta	1	2,17
Total	46	100,00

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 03:** Calidad bacteriológica referente a coliformes termotolerantes según límites máximos permisibles

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 09 se tiene en consideración los tres aspectos biológicos que determinan si una muestra de agua es bacteriológicamente apta para el consumo humano según la actual norma.

**TABLA 09:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica del agua subterránea muestreada considerando los tres aspectos microbiológicos descritos en la norma.

Nro. de pozo	Código de Pozo	Calidad respecto a Coliformes Totales	Calidad respecto a Coliformes Termotolerantes	Calidad respecto a Bacterias Heterotróficas	Calidad Bacteriológica del agua subterránea evaluada
1	IRHS 101	-	+	+	-
2	IRHS 106	+	+	+	+
3	IRHS 107	-	-	+	-
4	IRHS 111	-	+	+	-
5	IRHS 112	+	+	+	+
6	IRHS 115	+	+	+	+
7	IRHS 117	-	+	+	-
8	IRHS 122	+	+	+	+
9	IRHS 25	-	-	+	-
10	IRHS 27	-	+	+	-
11	IRHS 40	+	+	+	+
12	IRHS 45	-	+	+	-
13	IRHS 50	+	+	+	+
14	IRHS 56	-	+	+	-
15	IRHS 67	+	+	+	+
16	IRHS 94	-	-	+	-
17	IRHS 22	-	+	+	-
18	IRHS 30	-	+	+	-
19	IRHS 08	-	+	+	-
20	IRHS 09	+	+	+	+
21	IRHS 10	+	+	+	+
22	IRHS 41	-	+	+	-
23	IRHS 43	-	+	+	-

(+) Apta; (-) No apta

**Fuente:** Elaboración propia

**CONTINUACIÓN TABLA 09:** Evaluación de la Calidad Bacteriológica del agua subterránea muestreada considerando los tres aspectos microbiológicos descritos en la norma nacional

Nro. de pozo	Código de Pozo	Calidad respecto a Coliformes Totales	Calidad respecto a Coliformes Termotolerantes	Calidad respecto a Bacterias Heterotróficas	Calidad Bacteriológica del agua subterránea evaluada
24	IRHS 47	+	+	+	+
25	IRHS 04 EPS	-	+	+	-
26	IRHS 07	+	+	+	+
27	IRHS 51	+	+	+	+
28	IRHS 53	-	+	+	-
29	IRHS 54 A	-	-	+	-
30	IRHS 57	+	+	+	+
31	IRHS 59 CF	-	+	+	-
32	IRHS 60	-	+	+	-
33	IRHS 01	-	+	+	-
34	IRHS 02	+	+	+	+
35	IRHS 03	+	+	+	+
36	IRHS 04	-	-	+	-
37	IRHS 17	-	+	+	-
38	IRHS 18	+	+	+	+
39	IRHS 46	-	+	+	-
40	IRHS 62	+	+	+	+
41	IRHS 63	+	+	+	+
42	IRHS A-02	-	+	+	-
43	IRHS 129	-	+	-	-
44	IRHS 130	+	+	+	+
45	IRHS 235	+	+	+	+
46	IRHS 322	+	+	+	+

(+) Apta; (-) No apta

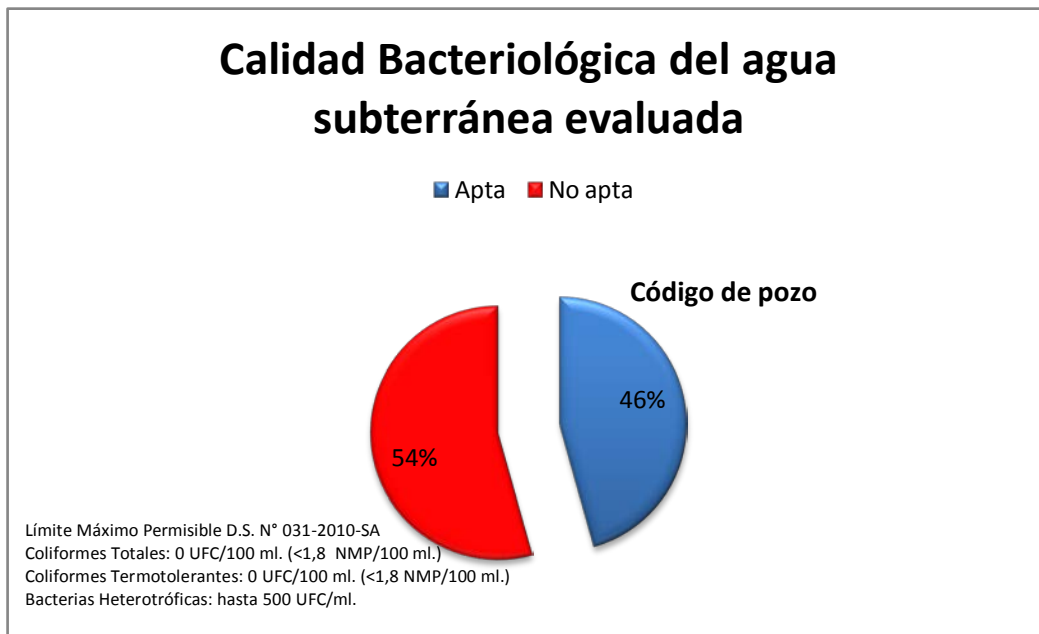
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 y figura 04 se observa que el 45,65 % son aptas y 54,35 % no son aptas considerando los tres aspectos bacteriológicos descritos en la norma nacional.

**TABLA 10:** Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas considerando tres aspectos microbiológicos (coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterotróficas) según Reglamento DS N° 031-2010-SA.

Calidad del agua/pozo	Nro. de pozos	%
Apta	21	45,65
No apta	25	54,35
Total	46	100,00

Fuente: Elaboración propia



**FIGURA 04:** Calidad bacteriológica considerando los tres aspectos microbiológicos establecidos en la norma.

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Uno de los temores sobre la contaminación bacteriológica de las aguas subterráneas es el reúso de las aguas residuales que se dan kilómetros antes de la zona de estudio, pero estudios muestran que el perfil natural del suelo puede servir como un sistema eficaz de purificación de las excretas humana. El proceso normalmente incluye la eliminación de microorganismos fecales y la atenuación de diversos compuestos químicos. Sin embargo, cabe señalar que no todos los perfiles de suelo tienen igual capacidad de procesamiento. El término "suelo" se utiliza aquí (como ocurre en la ingeniería) para designar a los estratos no consolidados.

En las zonas de reúso de las aguas servidas no existen fuentes de aguas superficiales ni subterráneas, pero sí se encuentran próximas. Las aguas superficiales que derivan del Río Caplina fluyen por el lado externo derecho del área de estudio, no existe por lo tanto mayor riesgo de contaminación por el curso de los efluentes. En las aguas subterráneas de La Yarada y Los Palos tampoco se aprecian riesgos de contaminación de los acuíferos a causa del funcionamiento de las plantas o reúso de sus efluentes.

Respecto a este último punto, tomando en cuenta las conclusiones del estudio “Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico”, OPS-1988, de que la contaminación de las aguas subterráneas a partir de las filtraciones de las lagunas de estabilización es muy limitada, después de los dos metros de profundidad, se podría inferir, al encontrarse la napa freática de Tacna por debajo de los 30 m en la zona de La Yarada y Los Palos, que no existe riesgo de contaminación. No obstante, se sabe que los efluentes que llegan a las plantas son de origen doméstico, hospitalario e industrial y que, por lo tanto, debe realizarse los estudios respectivos para descartar cualquier riesgo eventual.

Son dos las leyes que norman la calidad bacteriológica de las aguas para el consumo humano, anteriormente se usaba el Decreto Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946 denominado “REGLAMENTO DE LOS REQUISITOS OFICIALES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS QUE DEBEN REUNIR LAS AGUAS DE BEBIDA PARA SER CONSIDERADAS POTABLES” la cual es obsoleta por no considerar varios factores bacteriológicos y químicos.

Actualmente se usa el Decreto Supremo N° 031-2010-SA la cual menciona que el agua para el consumo humano debe estar exenta de microorganismos patógenos y pone como parámetro a los coliformes totales, termotolerantes. Además no debe

superar a las 500 UFC/mL de bacterias heterotróficas y según, los resultados obtenidos son varios los pozos de aguas subterráneas que no cumplen con la norma.

La contaminación de los pozos, la supervivencia de microorganismos indicadores patógenos depende de varios factores como: la actividad agrícola, la temperatura ambiental, la cercanía a basurales y letrinas, el recubrimiento de su infraestructura, la presencia de vectores, la crianza de animales, las aguas residuales cercanas y las malas prácticas alimentarias.

La supervivencia y multiplicación de los organismos patógenos en el agua subterránea, están regidos por varios factores entre los que se mencionan:

La disponibilidad de nutrientes determina la supervivencia y multiplicación de las bacterias, ya que cuando existe materia orgánica, los organismos abundan y cuando no, estos mueren. En el agua subterránea de la zona de estudio, dicha disponibilidad de nutrientes es mínima por la profundidad que tienen los pozos (entre 5 a 150 metros) pero esto no significa que no existen por que se sabe que hay otros grupos de bacterias que no necesariamente se alimentan de compuestos carbónicos.

Los resultados respecto a la Calidad Bacteriológica del Agua Subterránea presentan contaminación microbiana, no encontrándose dentro de los parámetros que contempla el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Esta situación es riesgosa para los pobladores de la zona por que son susceptibles a una epidemia que afectaría directamente su calidad de vida.

Desde el año 2010 hasta la actualidad el DESA encontró del total de muestras que provenían de los pozos un índice de contaminación del 60% (DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD TACNA). Sin embargo durante las continuas inspecciones un gran número de usuarios se quejaron de no estar al tanto de los resultados de los análisis que constantemente realizan las diferentes instituciones del estado al agua subterránea que ellos consumen y esto genera una gran desconfianza acerca de las políticas usadas contra ellos.

Del total de muestras analizadas, el 54% presenta contaminación microbiológica, principalmente por Coliformes totales y Termotolerantes, seguido de Bacterias Heterotróficas (2%), situación similar a la encontrada por el DESA en el 2011 en donde el riesgo de contaminación microbiológica fue alto. El problema radica principalmente en la proliferación de pozos y surtidores clandestinos los cuales no poseen ningún tipo de control sanitario, sin tratamiento y desinfección del agua,

condiciones higiénico sanitarias deplorables (presencia de basurales, letrinas, animales, etc.), mala ubicación del sistema de evacuación de excretas lo cual infiltra en el terreno y penetra por las paredes del pozo, contaminando el agua.

También es necesario resaltar que según los estudios realizados, la cantidad de Bacterias Heterotróficas es del 2% que es poco significativo para considerarlo peligroso para la salud esto quizás se deba a que el agua subterránea es pobre en nutrientes que necesitan este grupo de organismos **(Figura 03)**.

Con respecto a los resultados obtenidos en la determinación de coliformes totales se encontró que la mayoría de los pozos presenta contaminación bacteriana y sólo un 46% es apto para el consumo humano **(Figura 01)**.

Cabe resaltar que dentro de los pozos que cumplen con las condiciones higiénico sanitarias (15%) se encontraron coliformes totales esto quizás se deba al poco mantenimiento que reciben y a las malas prácticas de cuidado **(Ver Anexo 07)**.

Con respecto a las condiciones sanitarias de los pozos estas en su mayoría fueron deficientes al encontrarse por ejemplo estructuras sin tapa o inadecuadas (triplay, tablas de madera, cartón, metal oxidado) que en muchos casos no llegan a

cubrir la totalidad del orificio permitiendo de esta manera el ingreso de polvo por las corrientes de aire así como también heces de aves (gallinas, palomas). También se observó que los pozos sin cubierta presentan gran cantidad de algas, insectos, partículas en suspensión, sarro y sedimentos de lodo **(Ver Anexo 06)**.

También es necesario resaltar que la población del lugar consume el agua directamente. Los refrescos se preparan en el mismo lugar de afloramiento del agua subterránea.

Son preocupantes los malos hábitos alimenticios, no sólo porque los pobladores del lugar consumen agua contaminada, sino también porque preocupa la gran cantidad de empleados que trabajan en los diferentes fundos agrícolas.

En cuanto a la temporada en que se realizó la toma de muestra estuvo entre Abril y Junio temporada en donde la temperatura ambiental disminuye por el cambio de estación, lo que permitió el reducido desarrollo de los microorganismos patógenos.

La mayor parte del agua usada en la zona procede de pozos cuyos abastecimientos particulares no están protegidos, ni contruidos para evitar la contaminación, y por consiguiente, debe considerarse no solo la habilitación de nuevos servicios o abastecimientos particulares, sino también el mejoramiento de los existentes.

## VI. CONCLUSIONES

1. De los 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano fueron: para bacterias de recuento de Bacterias Heterotróficas 2%, para Coliformes Totales 54% y para Coliformes Termotolerantes 11%.
2. De los 46 pozos muestreados 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para el consumo humano; 25 (54%) no aptos.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Repetir el estudio para los meses de septiembre hasta marzo, ya que en estos meses la temperatura podría incrementar el crecimiento de las Bacterias Heterotróficas, los Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.
2. Continuar este trabajo tomando como muestras agua de pozos ilegales para complementar los resultados obtenidos.
3. La Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann como institución pública debería participar en conjunto con el Ministerio de Salud en programas de sensibilización y capacitación a la población rural afectada directamente con el consumo de agua y reforzar la educación sanitaria empleando didáctica sencilla sobre la desinfección del agua, disposición de excretas y mantenimiento de los pozos.
4. Implementar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua para el consumo humano en los Centros Poblados La Yarada y Los Palos, que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, M. 1996. La Importancia para la Salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en el agua potable. Reunión sobre la calidad del Agua Potable. CEPIS. OPS. OMS. Lima, Perú.
2. AURAZO DE ZUMAETA, M. (2004). Manual para Análisis Básicos de Calidad del agua de bebida. OMS. Lima Perú.
3. AUTORIDAD LOCAL DEL AGUA TACNA 2012. Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. Cap. 3 Vigilancia y Monitoreo de la calidad de las fuentes naturales de agua.
4. ASIAN DEVELOPMENT BANK (2004). Project Completion Report on the small scale water resources sector project in Bangladesh. Project Completion Report: BAN 25312.
5. APHA, WEF, AWWA.2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 th edition. American Public Health Association. Washington DC.
6. BANCO MUNDIAL 2008. Programa sobre agua y saneamiento para el 2008.

7. BARTRAM, J.; LEWIS, K.; LENTON, R. AND WRIGHT, A. (2005). The Millennium Project: Focusing on improved water and sanitation for health. *The Lancet* 365:810-12.
8. CABELLI, DUFOUR, Mc CABE, LEVIN. 1982. Swimming Associated Gastroenteritis and Water Quality. *American Journal of Epidemiology*. Vol 115 (4): 606-616.
9. CABELLI, DUFOUR, Mc CABE, LEVIN. 1983. A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis. *Journal WPCF*. 55 (10): 1306-1314.
10. CÁCERES LOPEZ OSCAR. 1990. *Desinfección del Agua*. Ministerio de Salud- OPS. Lima-Perú.
11. CASTRO, M. L. (1996). Programa sobre monitoreo y evaluación global de la calidad del agua. Control de calidad analítica. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS/OPS.

- 12.** CEPE 1995. Protection and Sustainable USE of Waters: Recommendations to ECE Governments. Water Series Nro. 2. ECE/CEP/!=", Comisión económica para Europa, Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra.
- 13.** CEPIS/OPS (2000a). Proyecto de capacitación para los laboratorios de El Salvador, Nicaragua y Honduras. Programa de Mejoramiento de la Capacidad de los Laboratorios de Control y Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, CEPIS/OPS-USAID-EPA.
- 14.** CONTRERAS, G.J; COHA, J.M.; MARTÍNEZ, A.M y AURAZO, M. 1996. Efecto Bactericida de Catabolitos de Pseudomonas aeruginosa sobre Coliformes fecales en Agua de Consumo. Lima. IV Congreso Latinoamericano de Higiene y Microbiología de Alimentos.
- 15.** DAVIS, J. (2004). Corruption in Public Service Delivery: Experience from South Asia's Water and Sanitation Sector. World Development Report 32(1):53-71.
- 16.** DECRETO SUPREMO N° 031-2010-SA. (2011). Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011.

17. DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL (DESA) TACNA – PERÚ 2010. Oficio 4163 – 2011-ESBHAZ.
18. DUTKA, B.J. 1978. Pathogenes as indicators of water quality-1-Candida albicans. 2 Ps. aeruginosa. Canadá, Institute Canadá-Center for Inland Waters Burlington.
19. EASTON, J. 1998. The Development of a Risk Assessment Methodology to evaluate the adverse human health effect of pathogens found in servagecontaminate waters. Enviromental Health Engine erring program. University of Alabama at Birmingham.
20. EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS TACNA 1999. Reglas del Abastecimiento de agua para el consumo humano.
21. FATTAL, B.; PELEG-OLEVSKY, E.; AGURSKY, T. & SHUVAL, H. 1987. The association between seawater pollution as measured by bacterial indicators and morbidity among bathers at Mediterranean bathing beaches of Israel. Chemospere, 16 (2/3): 565-570.

22. FAWELL J, NIEUWENHUIJSEN MJ (2003). Contaminants in drinking water, environmental pollution and health. Br. Med. Bull., 68(1): 199-208.
23. FLEISHER, J; JONES, F.; KAY, D.; STANWELL, R.; WYER, M. & MORANO, R. 1993. Water and non water related risk factors for gastroenteritis among bathers exposed for sewage-contaminated marine waters. International Journal of Epidemiology. 1993, 22: 698-708.
24. FLORES, J.; SUÁREZ, G.; FRANCO, M.; HEREDIA, M. y VIVAS, M. 1995. Calidad Bacteriológica del Agua potable de la Ciudad de Mérida, México. Salud Pública de México. Vol 37 (3) pp.236-239.
25. GALARRAGA SOTO, EFRÉN 1984. Algunos Aspectos relacionados con Microorganismos en agua potable. Revista Politécnica de información técnica científica 9(3) p. 135-43.
26. GOEZ MARIANO, VÁSQUEZ MARÍA JOSÉ 1999. Determinación y diferenciación de E. Coli y Coliformes Totales usando un mismo sustrato cromogénico. Textos Completos. CEPIS.

27. GUARÍN SALAZAR NOLBERTO 2010. Estadística Aplicada a Poblaciones. Editorial San José. México.
28. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA 2012. Censo Poblacional 2007 Región Tacna Capitulo III, Hidrogeología Regional.
29. INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA 1992. Criterios para el perfeccionamiento de las Normas de Calidad Sanitaria de las aguas de Uso recreativo. Ministerio de salud. CUBA.
30. INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA 1992. Relación entre las Concentraciones de Cloro Residual, la Turbiedad y los Niveles de Coliformes fecales en Agua de Consumo. Ministerio de Salud. CUBA.
31. JONES, J.G. 1998. Calidad Microbiológica del agua: características del problema. Ingeniería Sanitaria y Ambiental Número 37 p: 48-53. Extractado de AQUA Vol 46 (6). 1997.
32. KORNACKI J.L. & JOHNSON J.L. (2001) "Enterobacteriaceae, Coliforms, and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators". In: Compendium of Methods for

the Microbiological Examination of Foods. 4th ed. Downs F.P. Ito K. (Eds.) APHA. Washington. 69-82.

- 33.** LE CHEVALLIER M. & MC FETERS G.A.1985. Enumerating Injured Coliforms in Drinking Water. Journal AWWA, June 1985. pp: 81-87
- 34.** LECLERC, H.; EDBERG, S.; PIERZO, V. Y DELATTRE, JM. (2000) "Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwater". J. Appl. Microbiol. 85, 5-21.
- 35.** LECLERC, H.; MOSSEL, D.; EDBERG, S. Y STRUIJK, C. (2001). "Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety". Annu. Rev. Microbiol. 55, 201-234.
- 36.** MORA, D. (1996). Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS.
- 37.** OMS 1985. Guías OMS para la Calidad del Agua de Bebida. Volumen Publicación Científica OPS Nx 481.

38. OMS. 1995. Guías para la calidad del agua potable. OMS. Ginebra.
  
39. ONTIVEROS ARREOLA, ME 1983 .Pseudomonas aeruginosa como indicador de la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. México.
  
40. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAD 2006. Conferencia internacional sobre el agua y la calidad de vida. España.
  
41. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (1988). Guías para la calidad del agua potable. Vol. 3. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Publicación Científica 508. Washington D. C., OPS.
  
42. OPS-OMS.2000. Evaluación Global de los Servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Informe Analítico. Perú.
  
43. PAVEZ WELLMANN, ALEJANDRO 2008. Las aguas subterráneas en la costa de Perú y el norte de Chile. Pontificia Universidad Catolica de Chile.

- 44.** PROYECTO ESPECIAL TACNA 2006. La Yarada en emergencia. Boletín Abril 2006
- 45.** ROJAS, R. (2002). Elementos de vigilancia y control. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima, CEPIS/OPS.
- 46.** VARGAS GARCÍA CARMEN, ROJAS RICARDO y JOSELI JUAN. 1996. Control y Vigilancia de la Calidad del Agua de Consumo humano. Textos Completos. CEPIS. 27p.
- 47.** VERGARAY GERMÁN y MÉNDEZ CARMEN ROSA. 1991. Riesgos infectocontagiosos del agua de bebida que se consume en la Ciudad de Lima. Libro de resúmenes de la I Reunión Científica- ICBAR. UNMSM. pág. 98.
- 48.** WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1996 The world health report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, WHO. 143 p.

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01

### COMPOSICIÓN Y PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS Y REACTIVOS

#### 1. Verde Brillante Bilis 2% Caldo (gramos/litro)

	Gramos
• Bilis de buey deshidratada	20,0
• Lactosa	10,0
• Peptona	10,0
• Verde brillante	0,0133

pH: 7,2 +/-0,2

\* Preparación de Brilla simple en tubos de 10 ml:

66 tubos x 10 ml = 660 ml pero se prepara 661

40 g -----> 1000 ml

X g <----- 661 ml

X = 24,44 g para 66 tubos simples.

\* Preparación del Brilla doble en tubos de 10 ml:

33 tubos x 10 ml = 330 ml pero se prepara 331

40 g -----> 1000 ml

X g <----- 331 ml

X = 13,24 g pero por ser doble se usa  $13,24 \times 2 = \mathbf{26,48\ g}$

#### 2. Agua Peptonada (gramos/litro)

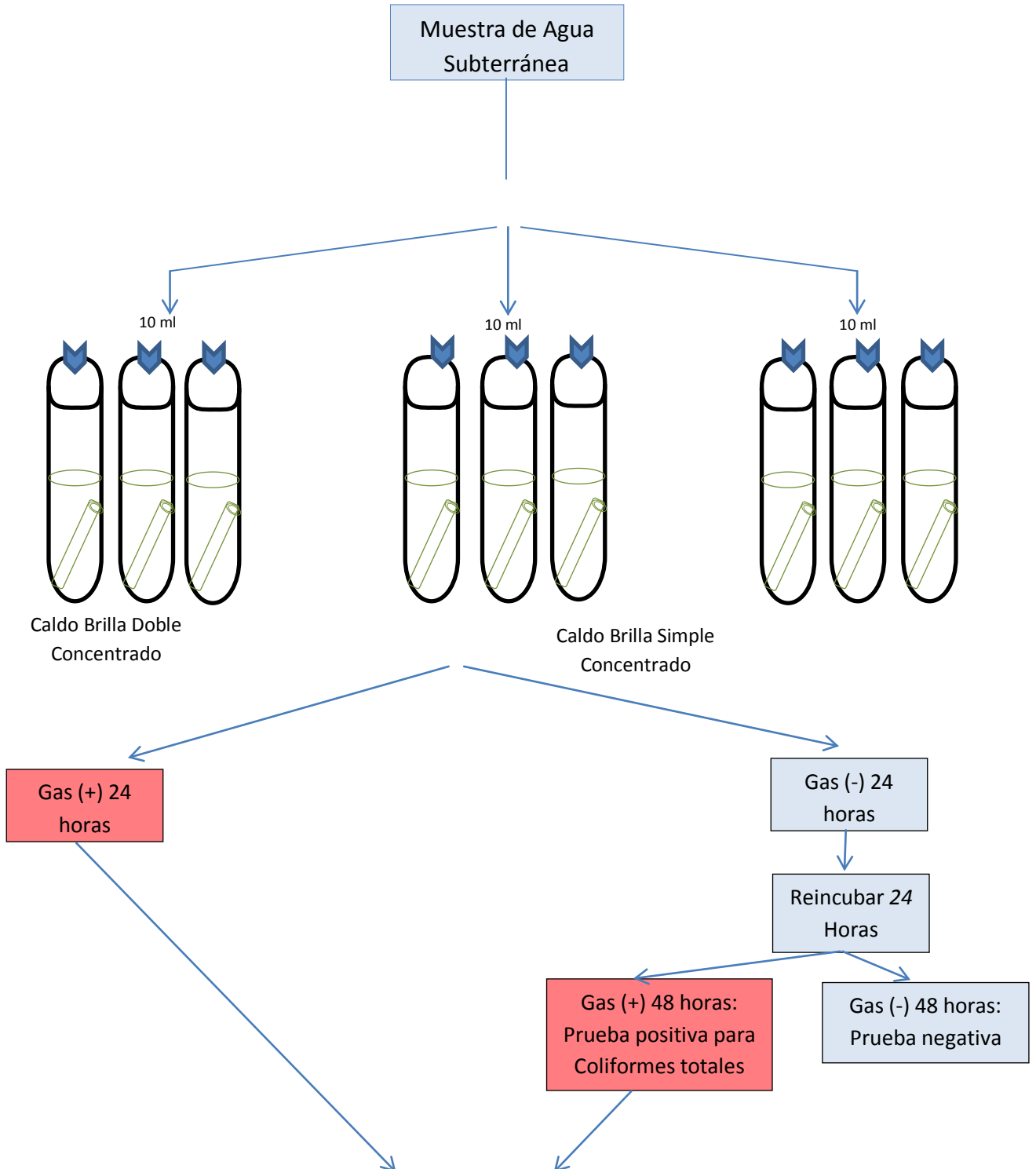
	Gramos
• Peptona de carne	10,0
• Cloruro de sodio	5,0

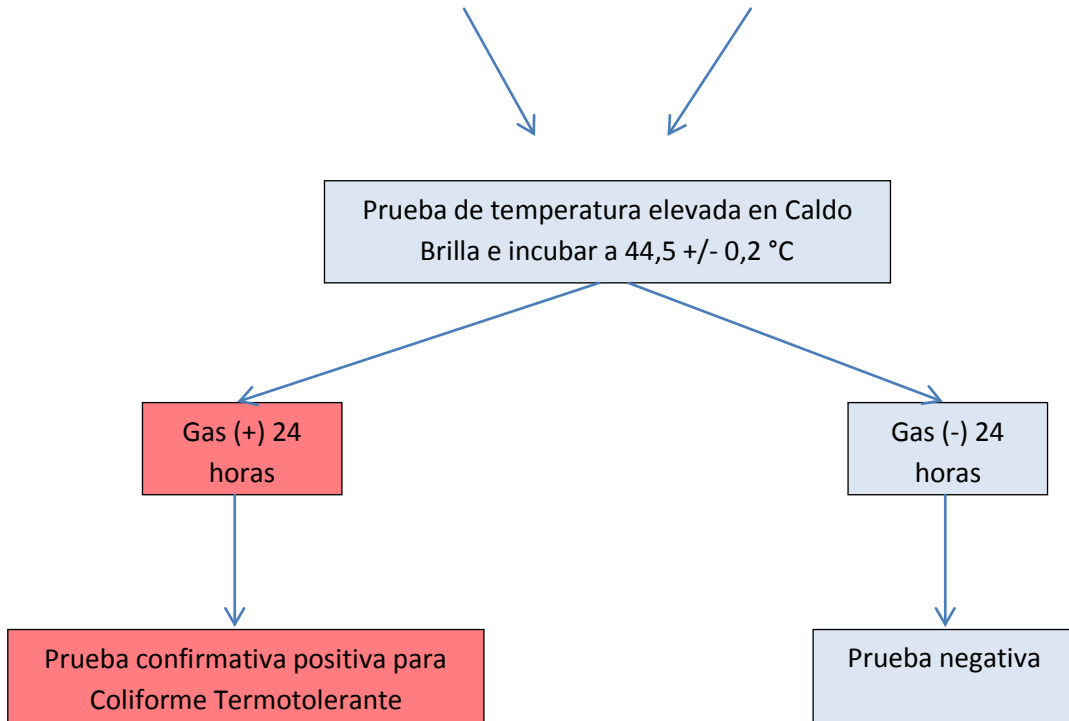
pH: 7,2 +/-0,2

## ANEXO 02

### DIAGRAMA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA SUBTERRÁNEA PROVENIENTE DE POZOS DE LOS CENTROS POBLADOS LA YARADA Y LOS PALOS

TÉCNICA: FERMENTACIÓN EN TUBOS MÚLTIPLES (APHA, AWW.WEF. Part. 9221B. 21 th ed. 2005)

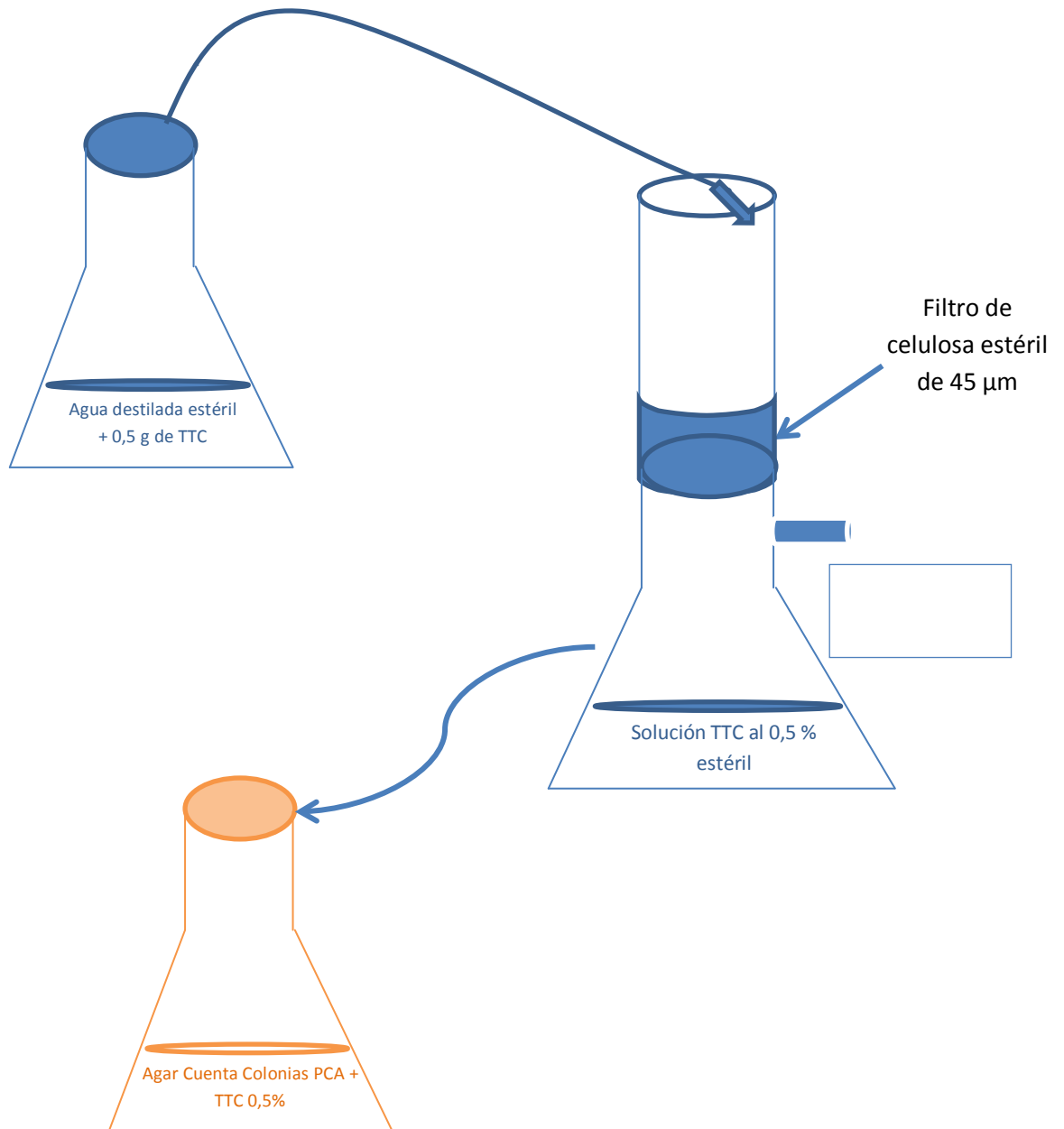




### ANEXO 03

DIAGRAMA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA SUBTERRÁNEA PROVENIENTE DE POZOS DE LOS CENTROS POBLADOS LA YARADA Y LOS PALOS

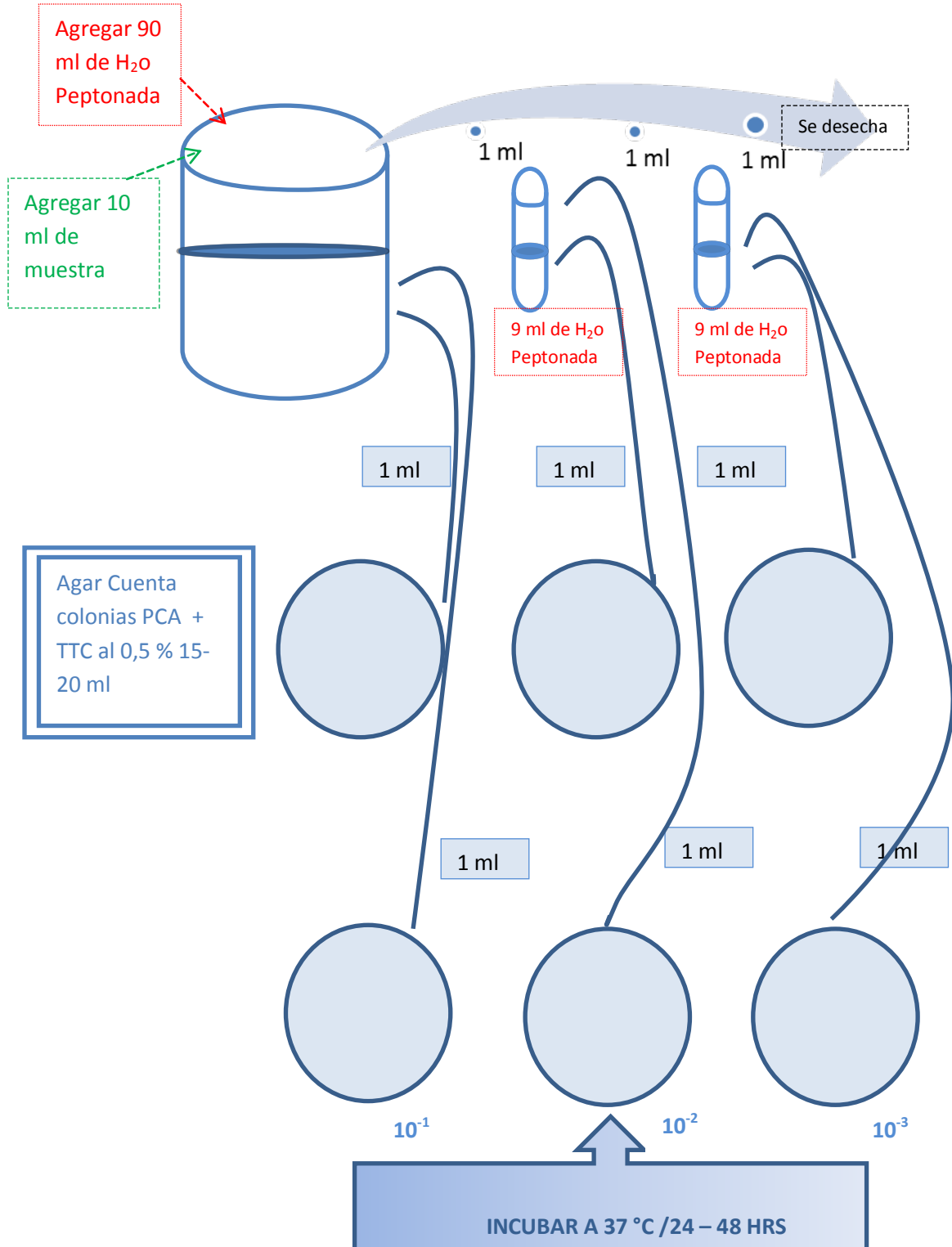
PREPARACIÓN DE AGAR CUENTA COLONIAS + TTC AL 0,5 %



## ANEXO 04

### DIAGRAMA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA SUBTERRÁNEA PROVENIENTE DE POZOS DE LOS CENTROS POBLADOS LA YARADA Y LOS PALOS

TÉCNICA: MÉTODO DE PLACA FLUIDA (APHA, AWW, WEF Part. 9215B 21 th ed. 2005).



## ANEXO 05

Tabla del índice del número más probable (N.M.P.) y límites de confianza del 95%, cuando son utilizados 3 porciones de 10 ml, 3 porciones de 1 ml, y 3 porciones de 0,1 m. de muestra

Combinación de positivos	NMP cantidad/100 ml	Límites de Confianza 95%	
		Bajo	Alto
0-0-0	< 1,8	-	6,8
0-0-1	1,8	0,090	6,8
0-1-0	1,8	0,090	6,9
0-1-1	3,6	0,70	10
0-2-0	3,7	0,70	10
0-2-1	5,5	1,8	15
0-3-0	5,6	1,8	15
1-0-0	2,0	0,10	10
1-0-1	4,0	0,70	10
1-0-2	6,0	1,8	15
1-1-0	4,0	0,71	12
1-1-1	6,1	1,8	15
1-1-2	8,1	3,4	22
1-2-0	6,1	1,8	15
1-2-1	8,2	3,4	22
1-3-0	8,3	3,4	22
1-3-1	10	3,5	22
2-0-0	4,5	0,79	15
2-0-1	6,8	1,8	15
2-0-2	9,1	3,4	22
2-1-0	6,8	1,8	17
2-1-1	9,2	3,4	22
2-1-2	12	4,1	26
2-2-0	9,3	3,4	22
2-2-1	12	4,1	26
2-2-2	14	5,9	36
2-3-0	12	4,1	26
2-3-1	14	5,9	36
3-0-0	7,8	2,1	22
3-0-1	11	3,5	23
3-0-2	13	5,6	35
3-1-0	11	3,5	26
3-1-1	14	5,6	36
3-1-2	17	6,0	36
3-2-0	14	5,7	36
3-2-1	17	6,8	40
3-2-2	20	6,8	40
3-3-0	17	6,8	40
3-3-1	21	6,8	40
3-3-2	24	9,8	70

Fuente: APHA, AWW.WEF. Part. 9221C. table 9921: IV. 21 th ed. 2005

## ANEXO 06

Tabla donde se muestra las condiciones higiénicas sanitarias de pozos de Centros poblados menores La Yarada y los Palos provincia de Tacna 2012

N° de Pozo	Deficiencia						
	Presencia de vectores	Presencia de algas	Pozo sin protección	Pozo sin revestimiento	Cercanía a basurales	Cercanía a letrinas	Presencia de animales
IRHS 101							
IRHS 106	x	x					
IRHS 107		x			x		
IRHS 111		x					
IRHS 112	x						
IRHS 115	x						
IRHS 117							x
IRHS 122	x						
IRHS 25		x					
IRHS 27		x					
IRHS 40		x					
IRHS 45	x		x				
IRHS 50			x				
IRHS 56			x		x	x	
IRHS 67	x	x	x				x
IRHS 94	x		x	x			x
IRHS 22		x					
IRHS 30			x				
IRHS 08			x				
IRHS 09			x				

Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN ANEXO 06:** Condiciones Higiénico Sanitarias de pozos de Centros poblados menores La Yarada y los Palos Provincia de Tacna 2012.

N° de Pozo	Deficiencia						
	Presencia de vectores	Presencia de algas	Pozo sin protección	Pozo sin revestimiento	Cercanía a basurales	Cercanía a letrinas	Presencia de animales
IRHS 10			x				
IRHS 41			x				
IRHS 43	x	x	x				
IRHS 47	x						
<b>IRHS 04 EPS</b>							
IRHS 07				x			
IRHS 51		x					
IRHS 53			x				
IRHS 54 - A			x				
IRHS 57			x				
IRHS 59			x				
CFAT							
IRHS 60							
IRHS 01			x				
IRHS 02			x				
IRHS 03			x				
IRHS 04			x				
IRHS 17			x				
IRHS 18							
IRHS 46	x						
IRHS 62	x						
IRHS 63			x				
IRHS A-02							
IRHS 129							
IRHS 130							
IRHS 235			x				
IRHS 322	x						

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 07

Resultados de la Inspección Higiénico sanitarias de pozos de Centros poblados menores La Yarada y los Palos de la Provincia de Tacna 2012.

DEFICIENCIA	N°	%
Presencia de vectores	12	26
Presencia de algas	10	22
Pozo sin protección	22	48
Pozo sin revestimiento	2	4
Cercanía a basurales	2	4
Cercanía a letrinas	1	2
Presencia de animales	3	7
Aptos	7	15

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 08

Determinación de Coliformes Totales en muestras de aguas subterráneas a las 24 y 48 horas

<b>Primera salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 11-12 abril)</b>			
<b>Siembra 10 de Abril 12:30 pm</b>			
<b>Muestra</b>	<b>24 horas</b>	<b>48 horas</b>	<b>NMP/100 ml</b>
<b>01 IRHS 101</b>	100	100	2,0
<b>02 IRHS 106</b>	000	000	< 1,8
<b>03 IRHS 107</b>	322	322	20
<b>04 IRHS 111</b>	000	100	2,0
<b>05 IRHS 112</b>	000	000	< 1,8
<b>06 IRHS 115</b>	000	000	< 1,8
<b>07 IRHS 117</b>	100	100	2,0
<b>08 IRHS 122</b>	000	000	< 1,8
<b>Segunda salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 18-19 abril)</b>			
<b>Siembra 17 de Abril 11:53 am</b>			
<b>09 IRHS 25</b>	100	100	2,0
<b>10 IRHS 27</b>	100	110	4,0
<b>11 IRHS 40</b>	000	000	< 1,8
<b>12 IRHS 45</b>	100	100	2,0
<b>13 IRHS 50</b>	000	000	< 1,8
<b>14 IRHS 56</b>	200	210	6,8
<b>15 IRHS 67</b>	000	000	< 1,8
<b>16 IRHS 94</b>	310	310	11
<b>Tercera salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 24-25 abril)</b>			
<b>Siembra 23 de Abril 10:21 am</b>			
<b>17 IRHS 22</b>	332	332	24
<b>18 IRHS 30</b>	200	200	4,5
<b>19 IRHS 08</b>	100	100	2,0
<b>20 IRHS 09</b>	000	000	< 1,8
<b>21 IRHS 10</b>	000	000	< 1,8
<b>22 IRHS 41</b>	100	100	2,0
<b>23 IRHS 43</b>	100	100	2,0
<b>24 IRHS 47</b>	000	000	< 1,8
<b>Cuarta salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 8-9 mayo)</b>			
<b>Siembra 7 de mayo 10:21 am</b>			
<b>25 IRHS 04 EPS</b>	100	100	2,0
<b>26 IRHS 07</b>	000	000	< 1,8
<b>27 IRHS 51</b>	000	000	< 1,8
<b>28 IRHS 53</b>	210	210	6,8
<b>29 IRHS 54-A</b>	110	110	4,0
<b>30 IRHS 57</b>	000	000	< 1,8
<b>31 IRHS 59 CFAT</b>	100	100	2,0
<b>32 IRHS 60</b>	100	110	4,0

Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN ANEXO 08:** Determinación de Coliformes Totales de aguas subterráneas a las 24 y 48 horas

<b>Quinta salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 16-17 mayo)</b>			
<b>Siembra 15 de mayo 10:34am</b>			
<b>Muestra</b>	<b>24 horas</b>	<b>48 horas</b>	<b>NMP/100 ml</b>
<b>33 IRHS 01</b>	100	100	2,0
<b>34 IRHS 02</b>	000	000	< 1,8
<b>35 IRHS 03</b>	000	000	< 1,8
<b>36 IRHS 04</b>	200	200	4,5
<b>37 IRHS 17</b>	100	100	2,0
<b>38 IRHS 18</b>	000	000	< 1,8
<b>39 IRHS 46</b>	200	200	4,5
<b>40 IRHS 62</b>	000	000	< 1,8
<b>Sexta salida</b>			
<b>Resultados para coliformes totales (lectura 22-23 mayo)</b>			
<b>Siembra 21 de mayo 12:45 pm</b>			
<b>41 IRHS 63</b>	000	000	< 1,8
<b>42 IRHS A-02</b>	000	200	4,5
<b>43 IRHS 129</b>	000	200	4,5
<b>44 IRHS 130</b>	000	000	< 1,8
<b>45 IRHS 235</b>	000	000	< 1,8
<b>46 IRHS 322</b>	000	000	< 1,8

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 09

Determinación de Coliformes Termotolerantes de aguas subterráneas a las 24 y 48 horas

<b>Primera salida</b>			
<b>Siembra jueves 12 de abril 10:30 am. Resultados (lectura 13-14 de abril)</b>			
Muestra	24 horas	48 horas	UFC/100 ml
01 IRHS 101	Negativo	Negativo	< 1,8
03 IRHS 107	Positivo 3 (3-2-2)	Positivo 3 (3-2-2)	20
04 IRHS 111	Negativo	Negativo	< 1,8
07 IRHS 117	Negativo	Negativo	< 1,8
<b>Segunda salida</b>			
<b>Siembra jueves 19 de abril 11:00 am. Resultados (lectura 20-21 de abril)</b>			
09 IRHS 25	Positivo	Positivo (1-0-0)	2,0
10 IRHS 27	Negativo	Negativo	< 1,8
12 IRHS 45	Negativo	Negativo	< 1,8
14 IRHS 56	Negativo	Negativo	< 1,8
16 IRHS 94	Positivo (3-1)	Positivo (3-1-0)	11
<b>Tercera salida</b>			
<b>Siembra jueves 26 de abril 11:10 am. Resultados (lectura 26-27 de abril)</b>			
17 IRHS 22	Negativo	Negativo	< 1,8
18 IRHS 30	Negativo	Negativo	< 1,8
19 IRHS 08	Negativo	Negativo	< 1,8
22 IRHS 41	Negativo	Negativo	< 1,8
23 IRHS 43	Negativo	Negativo	< 1,8
<b>Cuarta salida</b>			
<b>Siembra miércoles 9 de mayo 11:30 am. Resultados (lectura 10-11 de mayo)</b>			
25 IRHS 04 EPS	Negativo	Negativo	< 1,8
28 IRHS 53	Negativo	Negativo	< 1,8
29 IRHS 54-A	Positivo (1-1)	Positivo (1-1-0)	4,0
31 IRHS 59 CFAT	Negativo	Negativo	< 1,8
32 IRHS 60	Negativo	Negativo	< 1,8
<b>Quinta salida</b>			
<b>Siembra jueves 17 de mayo 11:00 am. Resultados (lectura 18-19 de mayo)</b>			
33 IRHS 01	Negativo	Negativo	< 1,8
36 IRHS 04	Positivo (2)	Positivo (2-0-0)	4,5
37 IRHS 17	Negativo	Negativo	< 1,8
39 IRHS 46	Negativo	Negativo	< 1,8
<b>Sexta salida</b>			
<b>Siembra miércoles 23 de mayo 12:00 am. Resultados (lectura 24-25 de mayo)</b>			
42 IRHS A-02	Negativo	Negativo	< 1,8
43 IRHS 129	Negativo	Negativo	< 1,8

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 10

Recuento de Bacterias Heterotróficas en Agar PCA (Dilución  $10^{-3}$ )

Primera salida	
Siembra 10 de Abril , Lectura 11 de Abril	
Muestra	24 horas
01 IRHS 101	230 UFC
02 IRHS 106	61 UFC
03 IRHS 107	38 UFC
04 IRHS 111	95 UFC
05 IRHS 112	111 UFC
06 IRHS 115	74 UFC
07 IRHS 117	12 UFC
08 IRHS 122	10 UFC
Segunda salida	
Siembra 17 de Abril , Lectura 18 de Abril	
09 IRHS 25	212 UFC
10 IRHS 27	271 UFC
11 IRHS 40	18 UFC
12 IRHS 45	31 UFC
13 IRHS 50	93 UFC
14 IRHS 56	331 UFC
15 IRHS 67	83 UFC
16 IRHS 94	42 UFC
Tercera salida	
Siembra 23 de Abril , Lectura 24 de Abril	
17 IRHS 22	238 UFC
18 IRHS 30	219 UFC
19 IRHS 08	230 UFC
20 IRHS 09	5 UFC
21 IRHS 10	18 UFC
22 IRHS 41	15 UFC
23 IRHS 43	216 UFC
24 IRHS 47	7 UFC
Cuarta salida	
Siembra 7 de mayo , Lectura 8 de mayo	
25 IRHS 04 EPS	201 UFC
26 IRHS 07	10 UFC
27 IRHS 51	112 UFC
28 IRHS 53	310 UFC
29 IRHS 54-A	29 UFC
30 IRHS 57	8 UFC
31 IRHS 59 CFAT	122 UFC
32 IRHS 60	109 UFC

Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN ANEXO 10: Recuento de Bacterias Heterotróficas en Agar PCA (Dilución 10<sup>-3</sup>)**

<b>Quinta salida</b>	
<b>Siembra 15 de mayo , Lectura 16 de mayo</b>	
<b>Muestra</b>	<b>24 horas</b>
<b>33 IRHS 01</b>	211 UFC
<b>34 IRHS 02</b>	8 UFC
<b>35 IRHS 03</b>	10 UFC
<b>36 IRHS 04</b>	215 UFC
<b>37 IRHS 17</b>	11 UFC
<b>38 IRHS 18</b>	70 UFC
<b>39 IRHS 46</b>	23 UFC
<b>40 IRHS 62</b>	17 UFC
<b>Sexta salida</b>	
<b>Siembra 21 de mayo , Lectura 22 de mayo</b>	
<b>41 IRHS 63</b>	110 UFC
<b>42 IRHS A-02</b>	368 UFC
<b>43 IRHS 129</b>	520 UFC
<b>44 IRHS 130</b>	6 UFC
<b>45 IRHS 235</b>	8 UFC
<b>46 IRHS 322</b>	4 UFC

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 11

Nombre, Situación Actual y Características Físicas de los pozos muestreados de los centros poblados La Yarada y Los Palos.

ID	CD_POZO	NM_POZO	TP_POZO	USO_POZO	EST_POZO	COTA_TE	CONDUCTIVI	PH	TEMPERAT	CAUDAL	SECTOR	CUENCA
1	IRHS 101	COMITE N° 05	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	98,30	1,39	7,05	26,4	21	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
2	IRHS 106	COMITE N° 05	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	108,10	1,420	7,750	26,400	30,000	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
3	IRHS 107	COMITÉ N° 03	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	106,00	1,370	7,550	15,200	37,000	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
4	IRHS 111	COMITÉ N° 03	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	85,86	0,000	0,000	0,000	0,000	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
5	IRHS 112	COMITÉ N° 04	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	86,52	1,380	7,830	28,200	21,000	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
6	IRHS 115	COMITÉ N° 115 (POZO N° 1)	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	102,20	1,730	7,390	25,200	67,000	ASENTAMIENTO N° 5 y 6	CAPLINA
7	IRHS 117	COMITÉ N° 117	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	123,60	1,810	7,300	25,000	50,000	ASENTAMIENTO N° 5 y 6	CAPLINA
8	IRHS 122	COMITÉ N° 122	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	111,15	1,680	7,490	25,900	60,000	ASENTAMIENTO N° 5 y 6	CAPLINA
9	IRHS 25	ASOCIACIÓN POZO N° 25	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	34,11	2,330	7,090	27,500	40,000	LA ESPERANZA	CAPLINA
10	IRHS 27	COMITÉ DE POZO N° 27	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	46,30	1,310	7,050	27,600	29,000	LA ESPERANZA	CAPLINA
11	IRHS 40	COMITÉ DE POZO N° 40	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	7,10	3,860	7,280	25,500	16,000	SANTA LUISA	CAPLINA
12	IRHS 45	COMITÉ DE POZO N° 45 - SANTA CAROLINA	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	22,00	3,300	7,650	26,000	29,000	LA ESPERANZA	CAPLINA
13	IRHS 50	COMITÉ DE POZO N° 50	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	24,30	2,500	7,340	27,300	83,000	LOS PALOS	CAPLINA
14	IRHS 56	COMITÉ DE POZO N° 56	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	73,97	1,570	7,680	25,600	44,000	COOP. 60	CAPLINA
15	IRHS 67	(P-14)	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	80,60	1,640	7,050	26,000	77,000	28 DE AGOSTO	CAPLINA
16	IRHS 94	EL PROGRESO	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	43,83	1,130	6,380	27,000	20,000	LOS OLIVOS	CAPLINA
17	IRHS 22	COMITÉ DE POZO N° 22	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	43,26	1,550	7,840	26,800	15,000	LOS OLIVOS	CAPLINA
18	IRHS 30	ANTONIO BIONDI. C	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	44,89	0,000	0,000	0,000	0,000	LA ESPERANZA	CAPLINA
19	IRHS 8	LUCAS MAMANI LOPEZ	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	4,93	2,850	7,310	26,500	10,000	LAS PALMERAS	CAPLINA
20	IRHS 9	COMITÉ DE POZO N° 09	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	7,23	2,760	7,730	25,600	23,000	LAS PALMERAS	CAPLINA
21	IRHS 10	COMITÉ DE POZO N° 10	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	7,80	4,100	7,250	24,700	36,000	FDO. LA CAPILLA	CAPLINA
22	IRHS 41	COMITÉ DE POZO N° 41	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	5,81	3,220	7,210	25,800	20,000	LAS PALMERAS	CAPLINA
23	IRHS 43	COMITÉ DE POZO N° 43	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	9,75	3,360	7,360	25,900	37,000	SANTA LUISA	CAPLINA

Fuente: Elaboración propia

**CONTINUACIÓN ANEXO 11:** Nombre, Situación Actual y Características Físicas de los pozos muestreados de los centros poblados La Yarada y Los Palos.

ID	CD_POZO	NM_POZO	TP_POZO	USO_POZO	EST_POZO	COTA_TE	CONDUCTIVI	PH	TEMPERAT	CAUDAL	ZONA	SECTOR	CUENCA
24	IRHS 47	COMITÉ DE USUARIOS N° 47	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	10,29	6,770	7,160	24,800	16,000	TACNA	LAS PALMERAS	CAPLINA
25	IRHS 4-EPS	E.P.S. - MUNICIPALIDAD TACNA	TUBULAR	DOMESTICO	UTILIZADO	670,00	1,060	7,450	0,000	16,000	TACNA	VIÑANI	CAPLINA
26	IRHS 7	EL VALLESITO.	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	19,95	1,650	7,550	25,000	24,000	TACNA	LOS OLIVOS	CAPLINA
27	IRHS 51	ASOCIACION DEL POZO N° 51	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	25,60	3,500	6,690	26,100	77,000	TACNA	C. P. LOS PALOS	CAPLINA
28	IRHS 53	COMITÉ DE POZO N° 53	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	8,71	4,280	7,170	25,400	29,000	TACNA	LOS PALOS	CAPLINA
29	IRHS 54-A	COMITÉ DE POZO N° 54	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	17,40	0,000	0,000	0,000	0,000	TACNA	LOS PALOS	CAPLINA
30	IRHS 57	COMITÉ DE POZO N° A.S. N° 57	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	41,40	1,330	8,000	25,500	80,000	TACNA	C. P. LOS PALOS	CAPLINA
31	IRHS 59	I.E.S.T.P - C.F.A.T	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	58,90	1,190	7,410	21,700	50,000	TACNA	LOS PALOS	CAPLINA
32	IRHS 60	COMITÉ DE POZO N° 60	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	57,00	1,380	7,740	26,000	45,000	TACNA	LOS PALOS	CAPLINA
33	IRHS 1	COMITÉ DE POZO N° 01	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	10,52	2,020	7,620	24,900	18,000	TACNA	RANCHO GRANDE	CAPLINA
34	IRHS 2	REMIGIO CEVERO VILDOSE LIENDO	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	4,89	3,000	7,170	25,500	11,000	TACNA	RANCHO GRANDE	CAPLINA
35	IRHS 3	COMITÉ DE POZO N° 03	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	8,29	2,070	7,800	24,800	0,000	TACNA	RANCHO GRANDE	CAPLINA
36	IRHS 4	COMITÉ DE POZO N° 04	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	6,80	3,050	7,330	25,100	13,000	TACNA	RANCHO GRANDE	CAPLINA
37	IRHS 17	UNIVERSIDAD JORGE BASADRE. G.	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	23,98	2,720	7,710	26,500	31,000	TACNA	LOS OLIVOS	CAPLINA
38	IRHS 18	COMITÉ DE POZO N° 18	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	30,00	2,950	7,500	27,100	83,000	TACNA	LOS OLIVOS	CAPLINA
39	IRHS 46	COMITÉ DE POZO N° 46	MIXTO	RIEGO-DOMES	UTILIZADO	27,89	2,550	7,760	26,000	38,000	TACNA	LOS OLIVOS	CAPLINA
40	IRHS 62	EL PROGRESO A.S - 62	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	38,52	2,200	7,770	27,000	50,000	TACNA	LOS OLIVOS	CAPLINA
41	IRHS 63	COMITÉ DE POZO N- 63	MIXTO	RIEGO	UTILIZADO	68,80	1,440	7,560	25,500	27,000	TACNA	FDO. SANTA CATALINA	CAPLINA
42	IRHS A-2	COMITÉ N° 02	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	96,20	1,080	7,800	25,000	11,000	TACNA	ASENTAMIENTO N° 04	CAPLINA
43	IRHS 129	COMITÉ N° 129	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	97,20	0,000	0,000	0,000	45,000	TACNA	ASENTAMIENTO N° 5 y 6	CAPLINA
44	IRHS 130	COMITÉ N° 130	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	91,30	1,650	7,500	24,900	58,000	TACNA	ASENTAMIENTO N° 5 y 6	CAPLINA
45	IRHS 235	JULIO ESCOBAR QUISPE	TAJO ABIERTO	RIEGO	UTILIZADO	3,00	5,540	8,430	20,700	0,000	TACNA	EL CHASQUI	CAPLINA
46	IRHS 322	COMITÉ DE POZO N° 01 ASOC. ZONA-Z	TUBULAR	RIEGO	UTILIZADO	90,67	1,060	7,120	25,000	71,000	TACNA	ZONA Z - LOS PALOS	CAPLINA

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 12

### DETERMINACIONES BIOLÓGICAS – BACTERIOLÓGICAS SEGÚN EL MINISTERIO DE SALUD



Parámetro	Material del frasco	Volumen requerido	Conservación/preservación	Tiempo máximo para inicio de análisis	Tipo de agua
Coliformes totales (FM)	Vidrio	500 ml	Refrigerar por debajo de los 10 °C	24 horas	Agua tratada
Coliformes totales (NMP)	vidrio	250 ml	Refrigerar por debajo de los 10 °C	6 horas	Agua residual y agua superficial
Coliformes termotolerantes (FM)	vidrio	500 ml	Refrigerar por debajo de los 10 °C	24 horas	Agua tratada
Coliformes termotolerantes (NMP)	vidrio	250 ml	Refrigerar por debajo de los 10 °C	6 horas	Agua residual y agua superficial
Bacterias heterotróficas	vidrio	250 ml	Refrigerar por debajo de los 10 °C	8 horas	Agua tratada, agua superficial

FM: Filtración por membrana (método de análisis)

NMP: Número Más Probable (método de análisis)

**Fuente:** Dirección Regional Sectorial de Salud – Tacna

**ANEXO 13**

**FICHA DE INSPECCIÓN HIGIÉNICO SANITARIA DE POZOS**

ZONA DE MUESTREO \_\_\_\_\_

LUGAR Y PUNTO DE

MUESTREO \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN \_\_\_\_\_

FECHA/HORA DE MUESTREO \_\_\_\_\_

pH \_\_\_\_\_

**I.- CONDICIONES HIGIÉNICO SANITARIAS DEL LUGAR DE MUESTREO**

- 1.- Presencia de Basurales:                      SI ( )                      NO ( )
- 2.- Presencia de animales:                      SI ( )                      NO ( )
- 3.- Letrinas/silos:                                SI ( )                      NO ( )
- 4.- Tipo de suelo: \_\_\_\_\_

**II.- CARACTERÍSTICAS DEL POZO/SURTIDOR**

- 1.- Material:                                      Noble ( )                      Rústico ( )
- 2.- Profundidad (aprox.) \_\_\_\_\_
- 3.- Revestimiento interno:                      SI ( )                      NO ( )
- 4.- Tapa adecuada                                SI ( )                      NO ( )
- 5.- Algas en paredes:                            SI ( )                      NO ( )
- 6.- Insectos/Vectores:                           SI ( )                      NO ( )
- 7.- Autorización de funcionamiento:        SI ( )                      NO ( )
- 8.- Manguera de descarga  
    Estado de conservación:                      B ( )                      R ( )                      M ( )

INSPECTOR \_\_\_\_\_

## ANEXO 14

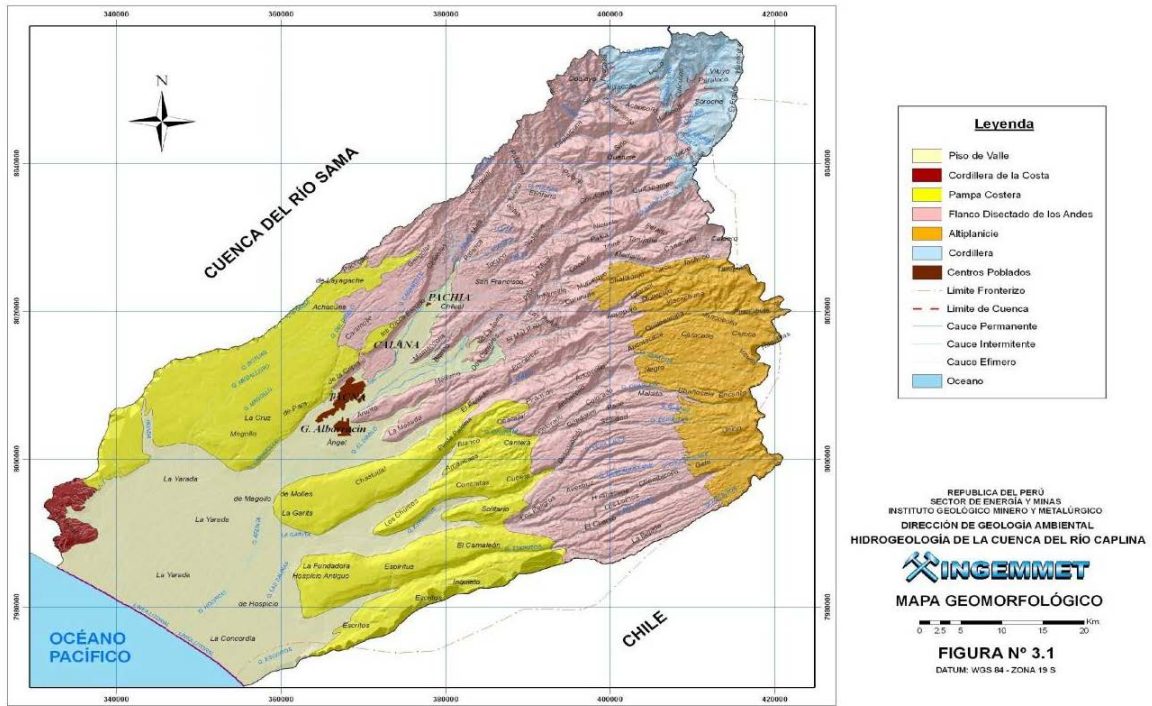
### DATOS DE FICHAS DE MUESTRA

<b>A. Identificación del punto de muestreo:</b> <i>Asentamiento N°04 – La Yarada</i>	<b>B. Procedencia:</b> <i>Agua subterránea</i>
<b>C. Código del pozo:</b> <i>IHRS 106</i>	<b>D. Fecha:</b> <i>10 de Abril del 2012</i>
<b>E. Hora:</b> <i>10:04 am</i>	<b>F. Volumen:</b> <i>250 ml</i>
<b>G. pH:</b> <i>7,750</i>	<b>H. Temperatura:</b> <i>26,4 °C</i>
<b>I. Caudal:</b> <i>30 l/s</i>	<b>J. Profundidad:</b> <i>108,1 metros</i>
<b>K. Parámetro Analítico:</b> <i>Coliformes totales, termotolerantes, bacterias heterotróficas</i>	
<b>L. Nombre y firma del recolector:</b> <i>César Cutimbo Ticona</i>	
<b>M. Observaciones:</b> <i>Presencia de vectores y algas</i>	

Fuente: Elaboración propia

# ANEXO 15

## Mapa Geomórfico de la Cuenca del Río Caplina



## ANEXO 16

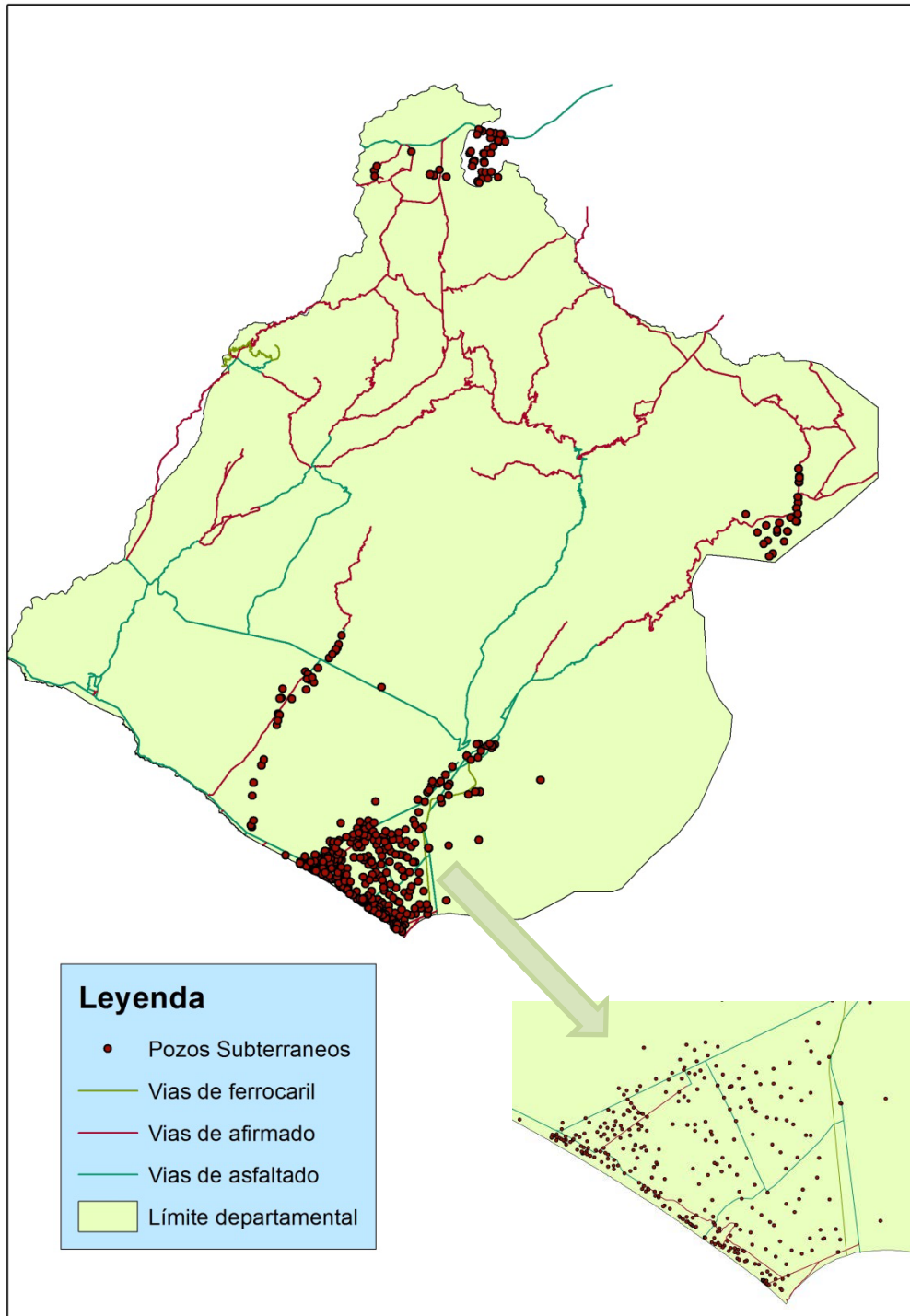
### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE MUESTREO



Fuente: Elaboración propia usando software Google Earth

## ANEXO 17

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEAS



Fuente: Elaboración Propia usando Software Arcgis 10.0

## ANEXO 18

### UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO



Fuente: Elaboración propia usando software Google Earth.

## ANEXO 19

### REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DS N° 031-2010-SA. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL MINISTERIO DE SALUD LIMA – PERÚ 2011

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



# Decreto Supremo

## APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

### CONSIDERANDO:



Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;



Que, el artículo 107º de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;



Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;



Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;



De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

**DECRETA:**

**Artículo 1°- Aprobación**

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. Akce R.

**Artículo 2°- Derogación**

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

**Artículo 3°- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. León Ch.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ  
Ministro de Salud



JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento



**FOTOS**

## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### INSPECCIÓN SANITARIA



**Foto 01:** Pozo sin cubierta expuesto a contaminación

**Foto 02:** Pozo con contaminantes inorgánicos



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### INSPECCIÓN SANITARIA



**Foto 03:** Pozo con abundante vegetación.

**Foto 04:** Pozo con infraestructura adecuada



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

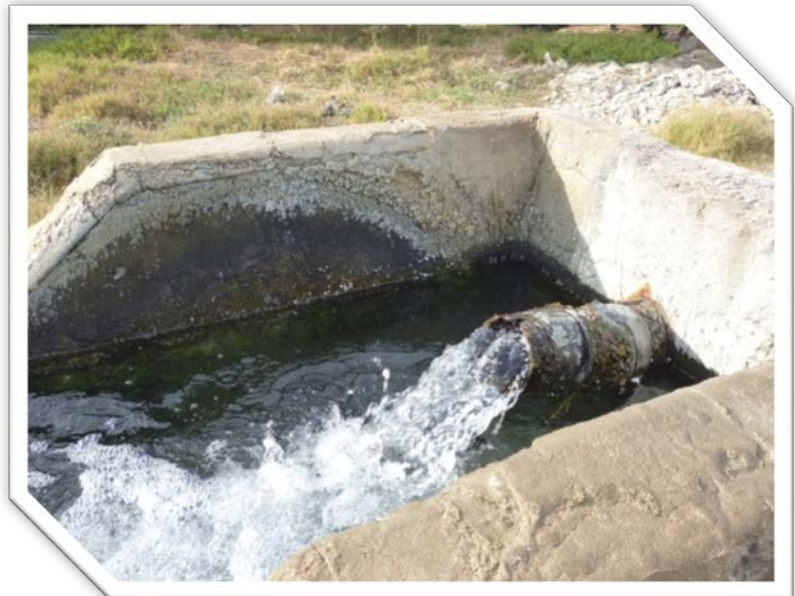
### INSPECCIÓN SANITARIA



**Foto 05:** Pozo con cubierta inadecuada.



**Foto 06:** Pozo con presencia de algas.



**MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS**

**INSPECCIÓN SANITARIA**

**Foto 07 y 08:** Pozos con deficiente infraestructura.



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### INSPECCIÓN SANITARIA



**Foto 09:** Contaminación química.

**Foto 10:** Frasco estéril para toma de muestra.



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### TOMA DE MUESTRA



**Foto 11:** Toma de muestra desde válvulas previamente desinfectadas.

**Foto 12:** Toma de muestra con cordel en pozos abiertos



### MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS

## DE LA YARADA Y LOS PALOS

### TOMA DE MUESTRA

**Foto 13:** Indumentaria para la toma de muestras.



**Foto 14:** Transporte para la toma de muestras.

## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### TOMA DE DATOS

Foto 15: Rotulado de las muestras

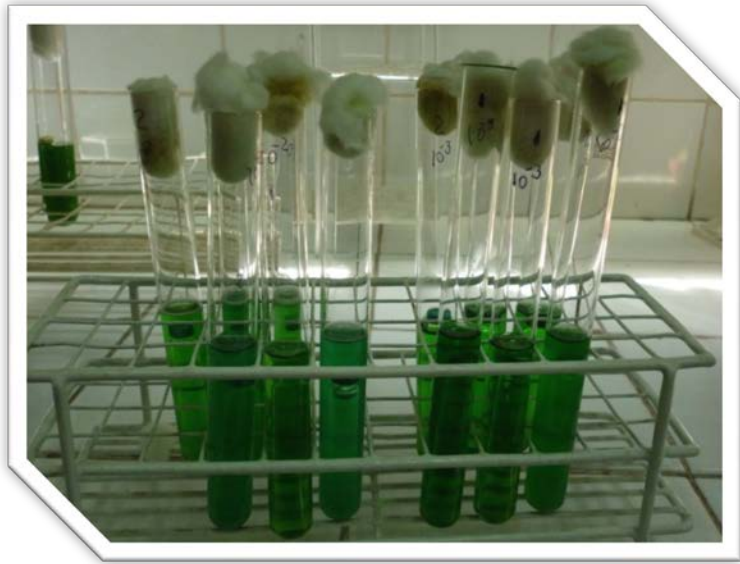


Foto 16: Medición del pH y la conductividad



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## DETERMINACIÓN DE COLIFORMES POR EL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE



**Foto 17:** Siembra en Caldo Brilla

**Foto 18:** Presencia de turbidez



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## DETERMINACIÓN DE COLIFORMES POR EL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE



**Foto 19:** Resultados a las 24 horas.

**Foto 20:** verificación de presencia o ausencia de gas.



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## EQUIPOS USADOS



**Foto 21:** Incubadora

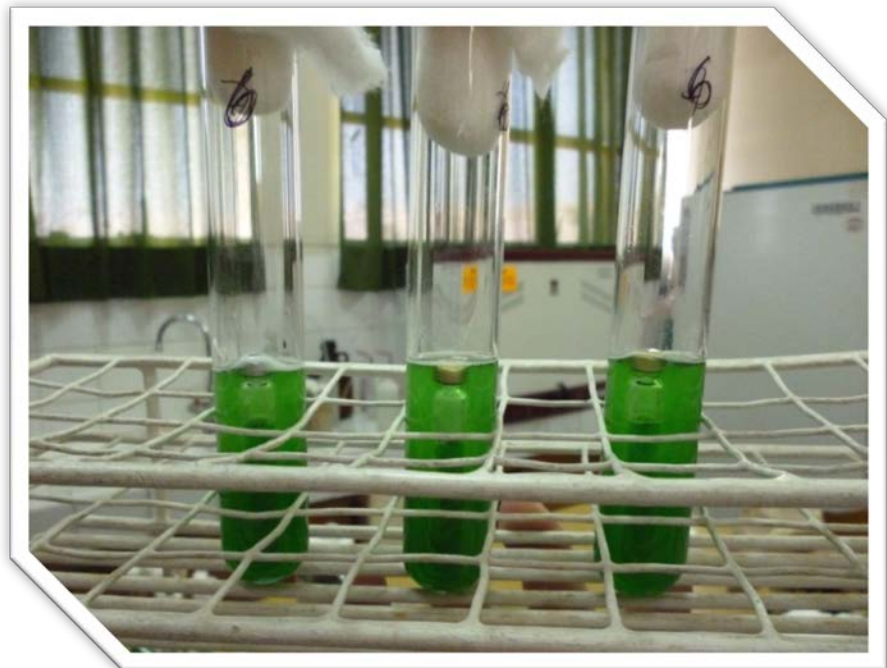


**Foto 22:** Contador de colonias



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

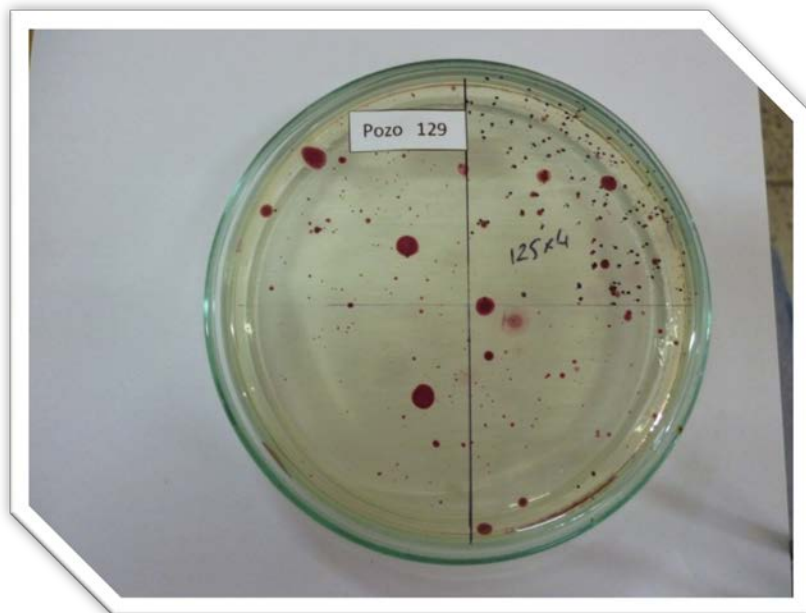
## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



**Foto 23:** presencia de gas y turbidez

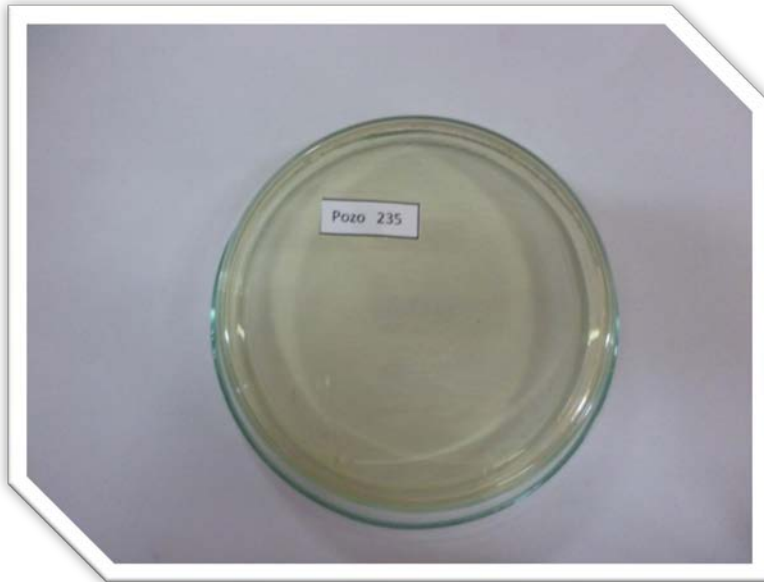


**Foto 24:** Colonias coloreadas teñidas por la reducción del TTC



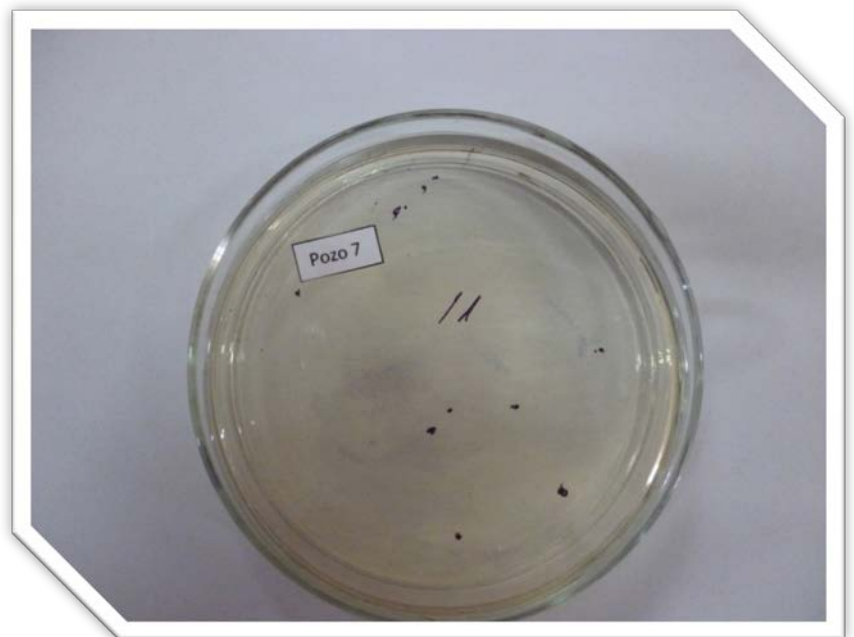
MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



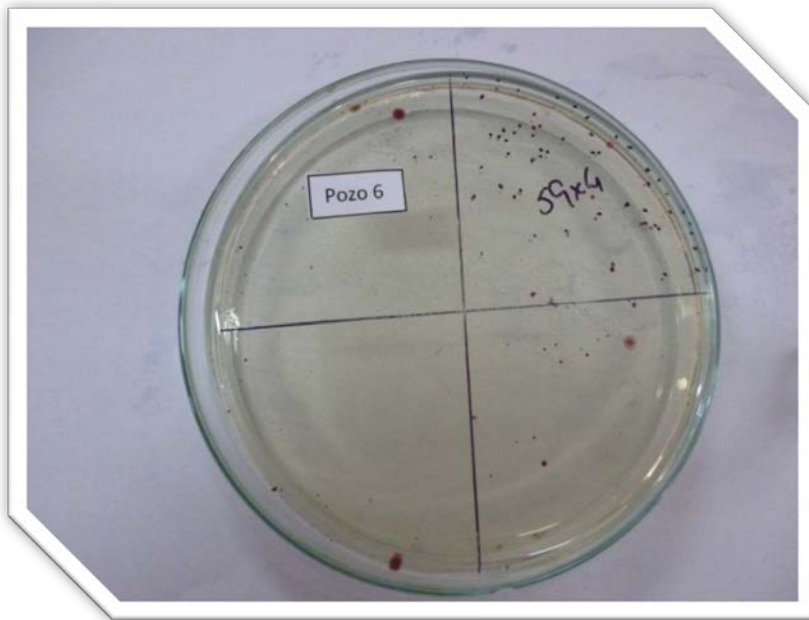
**Foto 25:** Reducida cantidad de colonias.

**Foto 26:** Presencia mínima de colonias de bacterias heterótrofas



MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



**Foto 27:** Conteo por cuadrantes

**Foto 28:** Determinación de Coliformes termotolerantes



MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS

DE LA YARADA Y LOS PALOS  
MEDIOS Y REACTIVOS USADOS



Foto 29: Reactivo TTC

Foto 30: Verde Brillante bilis (Brilla)



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

### MEDIOS Y REACTIVOS USADOS



Foto 31: Agar cuenta colonias

Foto 32: Componentes del agar cuenta colonias



## MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS DE LA YARADA Y LOS PALOS

## MEDIOS Y REACTIVOS USADOS



**Foto 33:** Reactivo para la preparación de Agua Peptonada

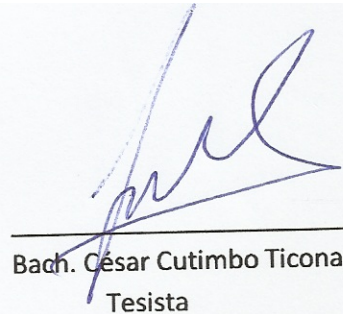


**Foto 34:** Filtro estéril



---

M.S.c. César Cáceda Quiroz  
Asesor



---

Bach. César Cutimbo Ticona  
Tesisista