

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN AGUA DE**  
**CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE TAMBURCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO**  
**VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**Bach. MIGUEL ARROYO RODRÍGUEZ**

**APURÍMAC, PERÚ**

**2017**



**COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN AGUA DE  
CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE TAMBURCO**



## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico en primer lugar a mi padre celestial quien me guió por el buen camino, asimismo por darme fortaleza para seguir adelante y enfrentarme a los problemas que se presentaron, sin perder las esperanzas.

A mis padres y familiares quienes fueron un pilar fundamental apoyándome moralmente, psicológicamente y económicamente, gracias a ello logre culminar mis estudios satisfactoriamente. Agradezco a mi padre y madre desde el fondo de mi corazón por todo lo entregado.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi querida familia su apoyo incondicional para poder lograr mis metas y de esta forma terminar mi carrera y ser un buen profesional.

A mi asesor de tesis Dr. Nilton Cesar Gómez Urviola, por el tiempo dedicado, paciencia, motivación y las orientaciones a lo largo de todo el proceso para elaborar la tesis, muy útil para formarme como investigador.

A los jurados de tesis, MSc. MVZ. Lilian Rocío Bárcena Rodríguez, MSc. MVZ. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva y MSc. MVZ. Víctor Alberto Ramos de la Riva, por las correcciones y consejos muy acertados y su generosidad al guiar también mediante su experiencia este trabajo, en un marco de confianza, afecto y amistad.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURÍMAC**

.....  
**Dr. Adolfo Prado Cárdenas**  
**RECTOR (i)**


.....  
**Mg. Mauro Huayapa Huaynacho**  
**VICERRECTOR ACADÉMICO (i)**

.....  
**Dr. Wilson Mollocondo Flores**  
**VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN (i)**

.....  
**M.Cs. Ulises Sandro Quispe Gutiérrez**  
**DECANO DE LA FACULTAD DE**  
**MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA (i)**



ASESOR



.....  
**Dr. Nilton César Gómez Uryiola**

**JURADO EVALUADOR**



.....  
**MSc. MVZ. Lilian Rocío Bárcena Rodríguez**  
**PRESIDENTE**



.....  
**MSc. MVZ. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva**  
**PRIMER MIEMBRO**



.....  
**MSc. MVZ. Víctor Alberto Ramos de la Riva**  
**SEGUNDO MIEMBRO**

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. El agua de consumo humano	8
2.2.2. Uso del cloro	13
2.2.3. Método de número más probable (NMP)	13
2.2.4. Control de calidad	14
2.2.5. Junta de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS)	14
2.2.6. Parámetros bacteriológicos	18
2.2.7. Enterobacterias	22
2.2.8. Coliformes	26
2.2.9. Coliformes totales	26
2.2.10. Coliformes termotolerantes	27
2.2.11. Escherichia coli	28
2.2.12. Diarrea aguda	39
2.2.13. Clasificación clínica de la diarrea	41
2.2.14. Clasificación funcional de la diarrea	43
2.2.15. Casos epidemiológicos de EDAS a nivel local, regional y nacional e internacional.	48
2.3. Marco conceptual	50
3.2.1. Agua	50
3.2.2. Agua potable	50
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	51
3.1. Tipo y nivel de investigación	51
3.2. Zona de estudio y tamaño muestral	51
3.3. Recolección de datos	55
3.4. Procesamiento de la muestra en el Laboratorio Referencial de la Dirección General de Salud Ambiental, DIGESA-Apurímac	58

3.5. Tipos de pruebas de laboratorio para análisis de coliformes totales y Termotolerantes	61
3.6. procedimiento de determinación de Numero Más Probable (NMP)	64
3.7. Análisis estadístico	65
3.7.1 Análisis estadístico Chi cuadrado $X^2$	65
3.7.2 Análisis de correspondencia múltiple (ACM)	66
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>68</b>
4.1. Cloro libre residual en el agua potable de cada sistema de abastecimiento en el distrito de Tamburco	68
4.2. Coliformes totales y termotolerantes presentes en el agua de consumo humano en el distrito de Tamburco	72
4.2.1. Presencia de coliformes totales en agua de consumo humano	72
4.2.2. Presencia de coliformes termotolerantes en agua de consumo Humano	75
4.3. Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDA) ocasionadas por contaminación del agua con coliformes totales y termotolerantes en el distrito de Tamburco.	78
4.4. Análisis de algunas características relacionados con la potabilización de agua y enfermedades diarreicas agudas en el distrito de Tamburco, 2016	83
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>86</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>87</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	10
<b>Tabla 2.</b> Cepas utilizadas como control para los ensayos microbiológicos de coliformes totales y termotolerantes	14
<b>Tabla 3.</b> Sectores, localidades, captaciones, urbanizaciones, número de muestras y administración por sistema de agua del distrito de Tamburco	53
<b>Tabla 4.</b> Concentración de Caldo Lauril Triptosa (CLT) en función al volumen de muestra adecuado	60
<b>Tabla 5.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanización del distrito de Tamburco, clasificados según su contenido de cloro libre residual (CLR)	69
<b>Tabla 6.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificados según su contenido de cloro libre residual (CLR)	70
<b>Tabla 7.</b> Condiciones de sistema de agua potable por sectores en el distrito de Tamburco	71
<b>Tabla 8.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanización del distrito de Tamburco, clasificados según su Número Más Probable (NMP) por 100 ml	73
<b>Tabla 9.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por	

sectores del distrito de Tamburco, clasificados según su contenido de cloro libre residual (CLR)	74
<b>Tabla 10.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanización del distrito de Tamburco, clasificados según Número Más Probable (NMP) de coliformes termotolerantes por 100 ml	76
<b>Tabla 11.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificados según Número Más Probable (NMP) de coliformes termotolerantes por 100 ml	77
<b>Tabla 12.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano respecto al cloro libre residual, coliformes totales y termotolerantes, clasificados según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada	79
<b>Tabla 13.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanizaciones del distrito de Tamburco, clasificadas según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada	80
<b>Tabla 14.</b> Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificadas según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada.	81
<b>Tabla 15.</b> Resultados por método Número Más Probable (NMP), tubos múltiples <math><1.8/100\text{ml}</math>	98
<b>Tabla 16.</b> Características de sistema de agua potable respecto a los casos de enfermedades diarreicas agudas en el distrito de Tamburco, 2016	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de las comunidades del distrito de Tamburco.	51
<b>Figura 2</b> Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de cloro residual, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM)	70
<b>Figura 3</b> Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de coliformes totales, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM)	74
<b>Figura 4</b> Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de coliformes termotolerantes, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM)	77
<b>Figura 5</b> Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de enfermedades diarreicas agudas acuosas y disintéricas, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM)	82
<b>Figura 6</b> Características del sistema de agua potable del distrito de Tamburco según la evaluación de enfermedades diarreicas agudas acuosas y disintéricas, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM)	85
<b>Figura 7.1</b> Decreto Supremo N° 031-2010-SA emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011	100

<b>Figura 7.2</b>	Decreto Supremo N° 031-2010-SA emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011	101
<b>Figura 8.</b>	Hoja de vigilancia de la calidad de agua de consumo humano (PVICA) y monitoreo de cloro residual	102
<b>Figura 9.</b>	Hoja de cadena de custodia de agua de consumo humano y monitoreo de cloro residual	103
<b>Figura 10.</b>	Procedimiento de NMP al 95% de confianza para resultados de combinaciones de tubos positivos y negativos cuando se usan 10 tubos inoculados con 10 mL de muestra	104
<b>Figura 11.</b>	Evaluación clínica del paciente con EDA, en el Centro de Salud Tamburco	105
<b>Figura 12.</b>	Realización de encuesta de agua de consumo humano, posterior al diagnóstico de EDA, del Centro de Salud Tamburco	105
<b>Figura 13.</b>	Encuesta al usuario de agua de consumo humano frente al colegio Valer Pinto, distrito de Tamburco	106
<b>Figura 14.</b>	Medición de cloro residual en Urb. Señor de Huanca, Tamburco	106
<b>Figura 15.</b>	Toma de muestra en captación Huaranguyuc - Maucacalle, distrito de Tamburco	107
<b>Figura 16.</b>	Medición de cloro libre residual y toma de muestra del reservorio de la localidad de Antabamba baja del distrito de Tamburco	107
<b>Figura 17.</b>	Medición de cloro residual y posterior toma de muestra de pileta domiciliaria, en sector Bancapata, distrito de Tamburco	108
<b>Figura 18.</b>	Captación en la comunidad de Ccallaspampa, distrito de Tamburco.	108

<b>Figura 19.</b>	Estado crítico y en abandono del sistema de captación en la comunidad de Ccallaspampa, distrito de Tamburco	109
<b>Figura 20.</b>	Estado crítico y en abandono del sistema de reservorio en la comunidad de Maucacalle, distrito de Tamburco	109
<b>Figura 21.</b>	Preparación de materiales para procesamiento de muestras	110
<b>Figura 22.</b>	Esterilización de materiales para el procesamiento de muestras de agua de consumo humano en el Laboratorio de la Dirección Regional de Salud Ambiental	110
<b>Figura 23.</b>	Pesaje de Sulfato de Laurilo, Brilla y EC, para enriquecimientos de medios de cultivos	111
<b>Figura 24.</b>	Mezclado de Sulfato de Laurilo con agua destilada	111
<b>Figura 25.</b>	Homogeneización y calentamiento de caldo de cultivo	112
<b>Figura 26.</b>	Pipeteo del caldo de cultivo de Sulfato de Laurilo y distribución a tubos de ensayos de 10 ml	112
<b>Figura 27.</b>	Proceso de preparación de caldo de cultivo	113
<b>Figura 28.</b>	Preparación y esterilización de caldo de cultivo en autoclave	113
<b>Figura 29.</b>	Mezclado de muestras de agua de consumo humano en caldo de cultivo de Sulfato de Laurilo	114
<b>Figura 30.</b>	Combinación de muestras de caldo Sulfato de Laurilo y agua de consumo humano para indicar la presencia presuntiva de la bacteria y su viabilidad	114

<b>Figura 31.</b> Combinación de muestras selectivas de caldo Sulfato de Laurilo, caldo de Brilla y caldo EC, para confirmar la presencia de coliformes totales y termotolerantes	115
<b>Figura 32.</b> Tubos de ensayo con gas que confirman la presencia de coliformes totales y termotolerantes positivos	115
<b>Figura 33.</b> Tabla de NMP al 95 a 99% de confianza para resultados de combinaciones de tubos positivos y negativos	116

## ÍNDICE DE FICHAS

	Pág.
<b>Ficha 1.</b> Ficha de encuesta de pacientes con diagnósticos clínicos con enfermedades diarreicas agudas atendidos en el Centro de Salud Tamburco	96

## RESUMEN

Se determinó la presencia de coliformes totales y termotolerantes, respecto a los niveles de cloración y el número de casos de enfermedad diarreica aguda (EDA), en el ámbito de trabajo del Comité Local de Administración de Salud (CLAS)-Tamburco, Abancay. Se recolectó datos de 80 pacientes diagnosticados con EDA durante los meses de julio a diciembre del año 2016, asimismo, se muestreó agua de las piletas domiciliarias de cada uno de ellos, para que el Laborarotario Referencial de la Dirección General de Salud Ambiental-Apurímac, determine la concentración de cloro libre residual (CLR) y los coliformes totales y termotolerantes, mediante técnicas microbiológicas, método colorimétrico y número más probable. Se encontró que 12 (21%) muestras de agua mostraron valores permisibles ( $>0.5$  ppm/L) y 68 (79%) no permisibles ( $<0.5$  ppm/L) de CLR; respecto a la presencia de coliformes totales y termotolerantes, 57 (63%) y 53 (58%) resultaron positivas ( $>1.8/100$  ml), así como 23 (37%) y 27 (42%) resultaron negativas ( $<1.8/100$  ml). Se diagnosticaron 73 (94%) casos de EDA acuosa y 7 (6%) de EDA disintérica, la EDA se asocia estadísticamente a la presencia de coliformes termotolerantes ( $P<0.05$ ) que a su vez está asociada a los coliformes totales ( $P<0.05$ ) y la ausencia de ambos tipos de bacterias en el agua de consumo humano depende de realizar una buena cloración ( $P<0.05$ ). Los sectores II, III y V del distrito de Tamburco son los más afectados por la presencia de los coliformes totales y termotolerantes, debido a una deficiente cloración ( $P<0.05$ ).

**Palabras claves:** Contaminación, diarrea, cloro residual, sistema de agua potable.



## ABSTRACT

The presence of total and thermotolerant coliforms was determined in relation to chlorination levels and the number of cases of acute diarrheal disease (EDA) in the work area of the Comité Local de Administración de Salud (CLAS)-Tamburco, Abancay. Data were collected from 80 patients diagnosed with EDA during the months of July to December of the year 2016. Likewise, water was sampled from the household pools of each of them, so that the Referential Laboratory of the General Directorate of Environmental Health - Apurímac, Determine the concentration of residual free chlorine (CLR) and total and thermotolerant coliforms, using microbiological techniques, colorimetric method and most probable number. It was found that 12 (21%) water samples showed allowable values ( $> 0.5$  ppm / L) and 68 (79%) non-permissible ( $<0.5$  ppm / L) of CLR; regarding the presence of total and thermotolerant coliforms, 57 (63%) and 53 (58%) were positive ( $>1.8$  / 100 ml), 23 (37%) and 27 (42%) were negative ( $<1.8$  / 100 ml). EDA was statistically associated with the presence of thermotolerant coliforms ( $P<0.05$ ), which in turn is associated with total coliforms ( $P<0.001$ ) and the absence of both types of bacteria in drinking water depends on good chlorination ( $P<0.001$ ). Sectors II, III and V of Tamburco district are the most affected by the presence of total and thermotolerant coliforms due to poor chlorination ( $P<0.05$ ).

**Keywords:** Contamination, diarrhea, residual chlorine, drinking water system.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más urgentes del mundo actual es la falta de agua potable, el saneamiento y la higiene. Las mejoras relacionadas con el agua son cruciales para cumplir con los objetivos de desarrollo, reducir la mortalidad infantil y mejorar la salud de una manera sostenible, 2 500 millones de personas carecen de acceso a saneamiento mejorado, 748 millones de personas carecen de acceso a fuentes mejoradas de agua potable, 1 000 millones de personas practican la defecación al aire libre, nueve de cada 10 viven en zonas rurales, pero el número de las zonas urbanas está en aumento, la mitad de los países no informaron sobre el acceso a servicios de saneamiento adecuados en escuelas o centros de salud, lo que apunta a una falta de capacidad y sistemas de monitoreo, el 34% de las escuelas primarias y el 25% de los centros rurales de salud carecen de instalaciones de saneamiento mejoradas (UN, 2015). La Organización Mundial de la Salud (OMS), informa que el 80% de enfermedades infecciosas microbiológicas gastrointestinales, y una tercera parte de defunciones causadas por estas, se deben al uso y consumo de agua insalubre. El área más afectada es la rural, ya que es donde se concentran las poblaciones en extrema pobreza, analfabetas y que no cuentan con servicios de agua potable y desagüe además de lo mencionado se pueden añadir otros factores de riesgo que contribuyen a la presentación de

diarreas, como son el mal uso de las letrinas, la falta de una cultura de buenas prácticas de higiene, inadecuado manejo de basuras y excretas, entre otros (GADMA, 2012). Cabe indicar que las enfermedades diarreicas agudas (EDA) mundialmente causan un promedio 4.6 millones de muertes infantiles anuales, de los cuales el 70% ocurre por deshidratación, complicación más frecuente y grave de la enfermedad (MINSA, 2014).

Entonces, considerando que los coliformes totales y termotolerantes se pueden emplear como una referencia en la evaluación de la calidad higiénica y sanitaria del agua (Allen, 1996), planteamos como **objetivo general**, determinar la presencia de coliformes totales y termotolerantes en el agua de consumo humano y **objetivos específicos**, (1) determinar el cloro residual en el agua potable de cada sistema de abastecimiento, (2) cuantificar los coliformes totales y termotolerantes presentes en el agua de consumo humano y (3) determinar el número de casos de enfermedades diarreica agudas ocasionadas por contaminación del agua con coliformes totales y termotolerantes, en el distrito de Tamburco, provincia Abancay, región Apurímac, 2016.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Cutimbo (2012), evaluó la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en los centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna durante los meses de abril a junio de 2012. Se recolectó muestras coprológicas de 50 personas afectadas con procesos diarreicos, que informaron haber consumido agua no potable, resultando que en un 68% de las observaciones mostraron la presencia de *E. coli*. De las 46 muestras de agua subterránea, 21 (46%) fueron declaradas aptas para consumo humano y 25 (54%) no aptas de coliformes totales y termotolerantes mediante el método de tubos múltiples.

Vilca (1998), estudió el agua de consumo humano en el distrito de Carmen Alto, San Juan Bautista, Santiago de Pischa y Acosvinchos, del total de 56 muestras procesadas, se encontraron microorganismos indicadores de contaminación fecal en un 37.5% (periodo seco) y 45.8% en (periodo lluvioso), los cuales mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS. Mientras que en los distritos de Vinchos, Soccus, Ocros, Quinoa y Chiara del total de muestras analizadas se reportaron microorganismos indicadores de contaminación fecal en un 55% en (periodo seco) y 67.5% (periodo lluvioso), los cuales mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS; en los distritos de Acocro, Tambillo y San José de Ticllas

se encontraron la mayor carga microbiana en un 75% en (periodo seco), y 85.7% en (periodo lluvioso) donde mostraron valores superiores a los recomendados por la OMS.

Castillo (2012), analizó el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano del Municipio de La Concordia, fueron 203 viviendas, que representaban el 45% de las viviendas que tienen conexiones domiciliarias. Llegó a la conclusión que la calidad del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del Municipio de la Concordia varía en dependencia de la época del año, teniendo una mayor incidencia en la época de invierno, ya que la influencia de fenómenos externos como el incremento de las precipitaciones tiene un gran impacto en el sistema de abastecimiento de agua y esta clase de fenómenos tiende a modificar las características físicas y bacteriológicas del agua incrementando el nivel de riesgo sanitario.

Estupiñan *et al.* (2010), determinaron la calidad bacteriológica (coliformes totales y *Escherichia coli*) del agua usada para el consumo de los habitantes de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol de San Antonio de Tequendama, en Cundinamarca, Colombia y así determinar si es apta para su consumo. La metodología incluyó la toma de muestra de cinco puntos de la red de distribución, una vez por mes durante tres meses, procesamiento de las muestras por el método filtración por membrana para determinar la cantidad de UFC/100mL de coliformes totales y *E. coli*. Los resultados mostraron que el agua en estudio no es apta para consumo humano debido a que en los

distintos puntos y meses de muestreo se encontró presencia de coliformes totales en un 100% y *E. coli* en un 86.6%. Algunos de los microorganismos identificados son *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Klebsiella sp.*, *Escherichia coli*, que igualmente causan enfermedades.

García (2011), aplicó una encuesta para conocer las características socio demográficas, conocimientos y prácticas. Demostró que el 45% de personas no conoce sobre el concepto del agua segura. Revela que las enfermedades causadas por la insalubridad del agua son: diarrea (42%), cólera (31%) y dengue (52%). El 30% si trata el agua y el 70% no practica ningún método de purificación.

Chiluiza (2015), determinó coliformes fecales en el agua de consumo humano y lo relacionó con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de Pasa del cantón Ambato, Ecuador en el período diciembre 2014 - mayo 2015. Se entrevistó a 100 hogares de la parroquia Pasa, a los cuales se los distribuyó equitativamente para las 10 comunidades que conforman el sector, realizando 111 encuestas para determinar el origen distribución y forma de manejo del agua, así como también si algún miembro familiar presentaba cuadros diarreicos, 60 personas presentaron cuadros diarreicos y 51 no. De las 60 personas que presentaron diarreas, 50 consumían agua de los reservorios del proyecto de agua no potable y 10 por otros medios. Los estudios bacteriológicos del agua identificaron la presencia de Coliformes fecales en su mayoría *E. Coli*. Se recolectó muestras coprológicas de las 50 personas con procesos diarreicos que

consumen agua del proyecto de agua no potable, a las que se les realizó análisis de laboratorio mediante cultivo de las heces en las que en un 68% se demostró la presencia de *E. Coli* y otras enterobacterias en el resto. Se analizó que la duración de los episodios de diarrea en el total de las 50 personas (100%), 40% ha presentado 4 veces episodios diarreicos, continuando en orden descendente, 30% 3 veces, 14% 6 veces, un 4% 2 veces y 2% una vez, durante el período de estudio. Con respecto a la duración de los procesos diarreicos se pudo determinar que todas las personas con diarrea presentaron el cuadro de forma aguda. Se comparó la población expuesta al agua contaminada con enfermedad diarreica aguda (50) y sin diarrea (37) con prueba de Chi cuadrado (0.182) y se establece que no existe diferencia significativa, por tanto aunque el agua está contaminada no es la causante del incremento de la diarrea en la población debido a otros factores involucrados.

Bastidas (2009), evaluó la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia- Chile. Realizó estos estudios con el objetivo de determinar la calidad bacteriológica del agua, para este fin se tomaron 157 muestras de agua de pozos en viviendas particulares, entre los meses de julio-agosto del 2008, y se procedió a cuantificar los coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) según la técnica del número más probable. Además, en cada muestra positiva a CF, se determinó presencia de *Escherichia coli*. De forma paralela se evaluaron algunas características sanitario-estructurales de los pozos mediante la realización de una encuesta a los propietarios. Los

análisis microbiológicos mostraron que el 92.4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales, el 59.2% con coliformes fecales y el 58.6% con *E. coli*, lo que hace que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano, según lo que establece la normativa chilena ( $P < 0.05$ ).

Marchand (2002), efectuó una investigación entre junio y diciembre del año 2000, en la ciudad de Lima Metropolitana. Se analizaron 224 muestras de agua del Sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y 56 muestras de agua provenientes de pozo. De éstas, 40 (17.86%) muestras de agua de inmuebles y 41 (73.68%) muestras provenientes de pozos no cumplieron las normas microbiológicas. Además de los indicadores tradicionales se encontró *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococcus fecales*, hallándose estos microorganismos en muchos de los casos, en ausencia de coliformes. Se concluye que éstos dos microorganismos pueden ser utilizados como indicadores complementarios de la calidad del agua de uso humano. El agua proveniente de la red pública no presentó contaminación microbiológica, contaminándose en el sistema de abastecimiento y distribución de los inmuebles, en donde el 17.86% presentó contaminación microbiológica (no apta para el consumo humano), principalmente por bacterias heterotróficas (BH), coliformes totales (CT) (70%) y coliformes fecales (termotolerantes) (CF) (52,50%). Con relación a la concentración de cloro libre residual (CLR), el 38.84% de muestras de inmuebles tuvieron un rango entre 0.6 y 1.0 ppm de CLR, el 35.71% entre 0.1 y 0.5 ppm de CLR, el 24.11% carecía de CLR y el 1.34% una concentración mayor que 1 ppm de CLR.

Además el mayor número de muestras inaptas (88.88%) fueron aquellas que carecían de CLR (0 ppm), seguidas de aquellas que tuvieron rangos entre 0.1-0.5 ppm (5.56%), 0.6-1.0 ppm (5.56%) y mayor de 1 ppm (0%).

COMURSABA (2016), identificó 1097 sistemas de agua en toda la región de Apurímac, de los cuales 14.23% reciben cloración adecuada, el 82.16% deficiente y en proceso 3.61%.

INEI, ENAPRES, ENAHO (2015), indican que la población de Apurímac consume agua de un sistema entubado, cuya infraestructura es buena (30%), regular (61%), en colapso (9%), además, mencionan que de cada 100 personas 85 todavía no disponen del servicio de saneamiento básico y 44 de cada 100, no tienen acceso a agua potable.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. El agua de consumo humano**

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; resulta difícil imaginar cualquier tipo de actividad en la que no se utilice, de una u otra forma. En nuestro planeta cubre el 75% de su superficie, pero no toda el agua se encuentra en condiciones aptas para el uso humano. El 97.5% del agua es salada, el 2.5% resultante es agua dulce distribuida en lagos, ríos, arroyos y embalses;

esta mínima proporción es la que podemos utilizar con más facilidad (Quino, 2011). Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua apta para el consumo humano, pudiendo consumirla sin ningún tipo de restricciones. Para asegurar aún más la potabilidad del agua, se le agrega cloro que elimina el exceso de bacterias y lo que es muy importante, su desarrollo en el recorrido hasta las viviendas (EMAPA, 2013). El agua apta para el consumo humano, es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento aprobado con el D.S. N° 031-2010-SA. Tiene que estar exenta de bacterias coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli*, virus, huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos, organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos, para el caso de bacterias heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C. Los parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, están referidos a coliformes totales y termotolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante, pH. En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

**Fuentes de agua en la naturaleza.-** Existen dos fuentes de abastecimiento de agua, el agua subterránea y de superficie. El agua de superficie es cualquier agua que viaja o se almacena sobre el suelo (ríos, lagos, océanos, etc.), el agua subterránea se encuentra bajo la superficie terrestre (Motte, 2013).

**Calidad del agua.-** El concepto de calidad del agua, encierra un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para el consumo humano y se relaciona con los procesos de abastecimiento, disponibilidad y sistemas de purificación aplicados (EMAPA, 2013).

**Tabla 1.** Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	LMP
1. Bacterias coliformes totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
3. Bacterias coliformes termotolerantes 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.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios reproductivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias, LMP = Límite máximo permisible  
 (\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1.8 /100 ml  
 D.S. N° 031-2010-SA

**La problemática de la calidad del agua.-** En América Latina y el Caribe el 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal. Por otro lado, se ha demostrado que las enfermedades hidrotansmisibles como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina. Hay una relación directa entre la mortalidad infantil y

la cobertura y calidad del agua de consumo debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse de diarrea (Aurazo de Zumaeta, 2002).

Se considera que la diarrea es la primera causa de muerte en niños menores de 5 años de edad, ya que para el 2004, de los 1.8 millones de personas que murieron debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera), un 90% fueron niños procedentes principalmente de países en desarrollo (INS, 2009). Para el año 2010, 1 101 503 personas fallecieron a causa de enfermedades diarreicas (Guerra y La Fuente, 2011). Los niños menores de 5 años son los más susceptibles ya que aún no tienen completo el sistema inmunológico y en los países en desarrollo, la mayor parte de ellos están afectados por la desnutrición; ya que en general la diarrea es transitoria, en las personas bien alimentadas, y persistente en las mal nutridas. Además la infección repetitiva puede aumentar la desnutrición que, a su vez, incrementa la vulnerabilidad ante nuevas infecciones. Las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y a servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas de origen hídrico (ríos, lagunas, lagos) se encuentran a un mayor riesgo debido a que la fuente de agua está expuesta a la contaminación fecal. Las razones para ello incluyen la carencia de una apropiada disposición de excretas y factores como la defecación a campo abierto, las letrinas mal diseñadas y la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos. Por tanto se piensa que un 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua

insalubre y de un abastecimiento y una higiene deficientes. Esto quiere decir que una mejora del abastecimiento de agua reduce entre un 6% y un 21% la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves. La mejora del saneamiento reduce la morbilidad por diarrea en un 32%. Las medidas de higiene, entre ellas la educación sobre el tema y la insistencia en el hábito de lavarse las manos, pueden reducir el número de casos de diarrea en hasta un 45%. La mejora de la calidad del agua de bebida mediante el tratamiento con cloro en el punto de consumo, puede reducir en un 35% a un 39% los episodios de diarrea (INS, 2009). En el Perú, para el 2008, solo el 61% de la población rural tenía acceso a fuentes mejoradas de agua potable, frente al 90% de la población urbana, así mismo, accedían al servicio de saneamiento mejorado, 36% de la población rural y 81% de la población urbana. Esto se ve reflejado en la distribución de las causas de muerte en niños menores de 5 años, donde las diarreas representa el 4% (OMS, 2010). Referente a esto, la comunidad internacional está aún lejos de lograr la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de reducir a la mitad el número de personas sin acceso a un agua segura y a unos servicios básicos de saneamiento para el 2015. A pesar del avance logrado hacia la consecución de ésta meta, grandes sectores de la población están aún lejos de alcanzarla. En el mundo, alrededor de 1 100 millones de personas todavía carecen de acceso a una fuente de agua mejorada de abastecimiento de agua y más de 2 600 millones carecen de acceso a unos servicios de saneamiento mejorados (INS, 2009).

### 2.2.2 Uso del cloro

El uso de cloro en el tratamiento del agua puede tener como objetivos la desinfección (destrucción de los microorganismos patógenos), la oxidación (alteración de las características del agua por la oxidación de los compuestos en ella existentes) o ambas acciones al mismo tiempo. La desinfección es el objetivo principal y más común de la cloración, lo que acarrea muchas veces el uso de las palabras "desinfección" y "cloración" como sinónimos (Bazzoli, 1993). Una segunda ventaja, reside en la mejora general de su calidad, como consecuencia de la reacción del cloro con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas. Por ello se debe empezar la determinación de cloro inmediatamente después de tomar la muestra, evitando el exceso de luz o agitación, lo cual evita el registro de datos falsos (EMAPA, 2013). La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un valor guía máximo de cloro libre de 5 mg por litro.

### 2.2.3. Determinación del número más probable (NMP)

La técnica de NMP, es uno de los métodos más empleados para la determinación del número de bacterias viables de una muestra, sin embargo, el NMP es solo una estimación estadística de la población microbiana de la muestra, es la mejor manera de enumerar muestras con poblaciones reducidas (menos de 10 células por g o ml), ya que permite el uso de cantidades mayores de muestra (Scharlau, 1996).

#### 2.2.4. Control de calidad del agua

Por cada muestra o lote de muestras que se analice se debe realizar controles positivos y negativos utilizando las cepas de trabajo de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Cepas utilizadas como control para los ensayos microbiológicos de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*.

Grupo	Control positivo	Control negativo
Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i> ó <i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> o <i>Pseudomonas sp.</i>
Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i> (MUG positiva)	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (MUG negativa)

Rice *et al.* (2012)

#### 2.2.5. Junta de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS)

La JASS se encarga de la administración, operación y mantenimiento de los servicios de agua, eliminación de las excretas y residuos (Rojas, 2002).

### **Funciones:**

- Gestiona y administra opera y mantiene los servicios de saneamiento.
- Informar a la asamblea general de usuarios acerca de las condiciones en las que se encuentra el sistema de agua y saneamiento.
- Manejar los recursos económicos y autorizar gastos y redición de cuentas.
- Ejecutar el plan operativo de trabajo, presupuesto anual y proponer la cuota familiar.
- Gestionar ante diversas instituciones locales la mejora del sistema de saneamiento básico (Rojas, 2002).

**Actividades de JASS.-** Desinfección y cloración del sistema de agua; esta actividad se realiza cada 6 meses y la cloración se realiza cada vez que se requiera (D.S. 031, DIGESA, 2010).

- a. Desinfección.-** Para la desinfección de la infraestructura del sistema de agua para consumo, se usa altas concentraciones de cloro (concentración mayor a 100 ppm), dos veces al año, se desinfecta los techos, paredes, tapas y accesorios de las instalaciones, se realiza con la finalidad de liberar elementos patógenos de las diferentes partes del sistema de abastecimiento de agua. Se incluye también la captación, cámara rompe presiones, línea de conducción, reservorio, red de distribución (Rojas, 2002).

**b. Cloración.-** Para clorar el agua y hacerla apta para el consumo humano, se usan bajas concentraciones de cloro de manera continua y permanente dosificando en el reservorio a fin de que el agua tenga siempre cloro. Se realiza utilizando un clorinador.

**c. Medición de cloro libre residual en el agua.-** Se realiza en cuatro diferentes lugares del sistema de agua para saber si tiene la cantidad adecuada de cloro para el consumo humano. La medición se hace en:

**Primer punto:** reservorio del sistema de abastecimiento de agua.

**Segundo punto:** pileta domiciliaria de la casa más cercana.

**Tercer punto:** pileta domiciliaria de la casa de la parte media.

**Cuarto punto:** pileta domiciliaria de la casa más alejada del reservorio.

Esta actividad es realizada por la JASS de forma interdiaria y por el gobierno regional y establecimiento de salud de forma semanal.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en sujeción a sus competencias de ley, está facultado para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, en lo siguiente (D.S. 031-2010):

**1.** Prever en las normas de su sector la aplicación de las disposiciones y de los requisitos sanitarios.

2. Establecer en los planes, programas y proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano la aplicación de las normas sanitarias.
3. Disponer las medidas que sean necesarias en su sector, a consecuencia de la declaratoria de emergencia sanitaria del abastecimiento de agua por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción, para revertir las causas que la generaron.
4. Generar las condiciones necesarias para el acceso a los servicios de agua en niveles de calidad y sostenibilidad en su prestación, en concordancia a las disposiciones sanitarias.

**Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.-** La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) está facultada para la gestión de la calidad del agua para consumo, en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación (D.S. 031-2010):

1. Formular o adecuar las directivas, herramientas e instrumentos de supervisión de su competencia a las normas sanitarias para su aplicación por los proveedores de su ámbito de competencia.
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones establecidas para el servicio de agua para consumo humano de su competencia.
3. Informar a la autoridad de salud de su jurisdicción, los incumplimientos en los que incurran los proveedores de su ámbito de competencia, a los requisitos de calidad sanitaria de agua normados.

**Vigilancia sanitaria realizada por el MINSA.-** La vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la autoridad de salud, que se define y rige como (D.S. 031-2010):

1. La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la autoridad de salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud.
2. Un sistema conducido por la autoridad de salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional.
3. El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la autoridad de salud establezca para el cumplimiento por el proveedor. Sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

### 2.2.6 Parámetros bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y

la lactosa. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridium (EMAPA, 2013). Estos últimos son anaerobios, formadores de esporas; estas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo. El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples, o filtración por membrana y de “número más probable” (NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1.8, son potables (Moposita, 2015).

**Contaminación del agua.-** El crecimiento de la población a nivel mundial y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con los vertidos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua (Arcos *et al.*, 2005). Según la OMS (2010), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. La contaminación del agua, es la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico, como también de agentes productores de enfermedades como bacterias, virus, hongos, quistes de parásitos, amebas.

### **Fuentes de contaminación**

**Fuentes naturales.-** Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la

salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar (García, 2011).

**Fuentes artificiales.-** Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar.

**Principales contaminantes del agua.-** Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes ocho grupos:

- 1. Microorganismos patógenos.-** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Contaminación del agua enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

2. **Desechos orgánicos.-** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).
  
3. **Sustancias químicas inorgánicas.-** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos.
  
4. **Nutrientes vegetales inorgánicos.-** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

5. **Compuestos orgánicos.-** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
6. **Sedimentos y materiales suspendidos.-** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos.
7. **Sustancias radiactivas.-** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

#### 2.2.7. Enterobacterias

En la naturaleza existen dos clases de células, las procariotas y las eucariotas; las primeras son evolutivamente más antiguas, sólo se hallan como seres unicelulares y constituyen las bacterias. El resto de los organismos vivos unicelulares y pluricelulares está formado por células eucariotas (Prats, 2006).

Las bacterias poseen un tamaño medio que oscila entre 2 y 10  $\mu\text{m}$ . Su citoplasma está repleto de ribosomas; el material genético, constituido por ácido desoxirribonucleico (DNA), forma un conglomerado compacto (nucleoide) carente de membrana nuclear. La membrana citoplasmática está rodeada externamente por una pared dura y elástica, de peptidoglicano (glicopéptido, mureina), que confiere la forma a la célula. Por su morfología, las bacterias se clasifican en cocos, cuando tienen forma redondeada, y bacilos, cuando muestran una morfología alargada. Las bacterias se clasifican en dos grupos diferentes en función de la estructura de su pared. Un grupo, las denominadas grampositivas, sólo poseen peptidoglicano; el otro, las denominadas gramnegativas, tienen adosada por fuera del peptidoglicano una membrana rica en lipopolisacáridos. Algunas bacterias tienen una cápsula rodeando la pared; también pueden poseer flagelos, que facilitan su movilidad, y fimbrias (pili), que desarrollan varias funciones, fundamentalmente de adherencia. En las bacterias, además del DNA cromosómico (nucleoide) puede existir DNA extra cromosómico formando plásmidos (Prats, 2006).

Las enterobacterias son un vasto grupo heterogéneo de bacilos Gram negativos cuyo hábitat natural es el intestino de humanos y animales (Murray *et al.*, 2013). Los bacilos negativos pertenecientes a enterobacteacea son las bacterias que se recuperan con mayor frecuencia en las muestras clínicas complementos dispersos en la naturaleza estos microorganismos se encuentran en la tierra, el agua sobre plantas y como indica el nombre de la familia, en el tubo digestivo de seres humanos y de animales produce

síndromes diarreicos y disentéricos acompañados de fiebre y septicemia (Koneman *et al.*, 2006).

Esta familia incluye muchos géneros como *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Proteus* y otros. Las enterobacterias son microorganismos aerobios, fermentan una amplia variedad de carbohidratos, poseen una estructura antigénica compleja y producen varias toxinas y otros factores de virulencia. Son el grupo más común de bacilos Gram negativos cultivado en el laboratorio clínico y se encuentran entre las bacterias patógenas más comunes. La taxonomía de las enterobacterias es compleja, comprenden 20 a 25 especies. Dentro de este grupo se encuentran los denominados coliformes. La familia enterobacteriaceae son bacilos Gram negativos dotados de movilidad por flagelos peritricos carentes de motilidad; crecen sobre peptona o medios con extractos de carne sin adición de cloruro de sodio (Na Cl), ni otros suplementos; crecen bien en agar Mac Conkey, en condiciones aerobias y anaerobias (son anaerobios facultativos), fermentan la glucosa en vez de oxidarla y con frecuencia producen gas; son catalasa positivos; oxidasa negativos y reducen el nitrato a nitrito (Murray *et al.*, 2013).

**Estructura antigénica.-** Las enterobacterias poseen una compleja estructura antigénica. Se han clasificado más de 150 diferentes antígenos somáticos O (lipopolisacáridos) termoestables, más de 100 antígenos K (capsulares) termolábiles, y más de 50 antígenos H (flagelares). Los antígenos O son la parte más externa de la

pared lipopolisacarida de la célula y constan de unidades repetidas de polisacáridos. Algunos polisacáridos O contienen azúcares únicos. Aunque cada género de enterobacterias se asocia con grupos específicos O, un solo microorganismo puede ser portador de varios antígenos O. Los antígenos K son antígenos O externos sobre algunas, pero no todas, las enterobacterias. Algunos son polisacáridos, incluso los antígenos K de la *E. coli*; otros son proteínas. Los antígenos K pueden interferir con la aglutinación por antisuero O, y a veces se asocian con la virulencia. Los antígenos H se localizan sobre los flagelos y se desnaturalizan o retiran mediante calor o alcohol. En las variedades de bacterias dotadas de motilidad se les pueden conservar mediante tratamiento con formalina. Estos antígenos H son una función de la secuencia de aminoácidos en la proteína flagelar (flagelina). La mayor parte de las bacterias Gram negativas poseen lipopolisacáridos complejos en su pared celular. Estas sustancias, endotoxinas, muestran varios efectos fisiopatológicos muchas bacterias entéricas Gram negativas también producen exotoxinas de importancia clínica (Koneman *et al.*, 2006).

**Bacilos entéricos.-** Los coliformes son bacterias que tienen forma de bastoncillos, que no forman esporas, y son Gram negativos aerobias y anaerobias facultativas, su característica principal es que fermenta la lactosa con formación de gases al cabo de 48 horas a una temperatura de 35°C a 37°C, donde los coliformes fecales se diferencian de estas por ser termotolerantes y resistentes a temperaturas de 44°C a 46°C. Los coliformes, son pequeños, tienen forma de bastoncillos (0.5  $\mu$ m por 3  $\mu$ m), no forman esporas, pueden ser móviles y formar cadenas (Koneman *et al.*, 2006).

### 2.2.8. Coliformes

La clasificación taxonómica de los coliformes es la siguiente:

**Reino:** Bacteria

**Filo:** Proteobacteria

**Clase:** Gamma proteobacteria

**Orden:** Enterobacteriales

**Familia:** Enterobacteriaceae

**Géneros:** Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter

### 2.2.9. Coliformes totales

Estas bacterias se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa entre 44 y 45 °C, comprende especies del género *Escherichia* y en menor grado, especies de los géneros *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en la flora intestinal del hombre y en el de otros animales de sangre caliente. Hay diversas cepas de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte (OMS, 1996).

La prueba más relevante utilizada para la identificación del grupo coliformes, es la hidrólisis de la lactosa. El rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima B-D-Galactosidasa. Ambos monosacárido (la galactosa después es transformada en glucosa por reacciones bioquímicas) posteriormente son metabolizados a través del ciclo glicolítico y ciclo del citrato. Los productos metabólicos de estos ciclos son ácidos y/o CO<sub>2</sub>. Para la determinación de la B-Galactosidasa se utilizan medios cromógenos tales como chromocult (Manafi, 1998).

#### 2.2.10. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes también denominados coliformes fecales, llamados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, que fermentan la lactosa 44.5±0.2 °C en 24 horas, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Hayes, 1993). En su mayoría están representados por el microorganismo *E. coli* pero se pueden encontrar, entre otros menos frecuentes, *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* estos últimos hacen parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen se asocia normalmente con la vegetación y solo ocasionalmente aparecen en el intestino (Hayes, 1993).

Los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) y

son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos entre un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59% (Gómez, 1999).

**Distribución de los coliformes.-** Las cepas de coliformes totales y fecales se encuentran en el suelo, alimentos, agua, polvo y principalmente en el tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente. Estos organismos se transmiten por contacto con el agua y alimentos contaminados y falta de higiene (OPS, 1988).

### 2.2.11. *Escherichia coli*

Originalmente llamada *Bacterium comune*, fue aislada por primera vez en 1985 a partir de heces de niños; son bacilos estrechos de 1.1 a 1.5  $\mu\text{m}$  de diámetro y de 2 a 6  $\mu\text{m}$  de longitud, se encuentran solos o en parejas, Gram negativos, móviles por flagelos peritricos o inmóviles, anoxigénicos facultativos, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo. Perteneciente a la familia Enterobariaceae, son coliformes capaces de producir indol a partir de triptófano, en 21 +/- 3 horas a 44 +/- 0.5 °C. También poseen la enzima B -Galactosidasa, que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L – glutámico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono o de crecer en un caldo con cianuro de potasio. *E. coli* es

la única especie dentro de las Enterobacterias que presenta la enzima B – D Glucoronidasa, que degrada el sustrato 4–metilumberiferil –  $\beta$ -D-glucorónico (MUG), formando 4 - metilumbeliferona, este producto tiene la propiedad de emitir fluorescencia azul/verde cuando se ilumina con luz ultravioleta. Se ha descrito un gran número de antígenos O, H y K, los cuales se utilizan para clasificar a las cepas con fines epidemiológicos (Molina, 2015).

**Patogenia e inmunidad.-** Las cepas de *Escherichia*, son miembros de la familia Enterobacteriaceae y responsables de enfermedades como las infecciones del aparato urinario y gastroenteritis, poseen unos factores de virulencia especializados, se dividen en dos categorías generales:

**Adhesinas.-** La *E. coli* es capaz de permanecer en el aparato urinario o digestivo como consecuencia de su capacidad de adherencia a las células en estas localizaciones para evitar ser eliminado por el efecto de arrastre de la orina que se expulsa con la micción o por la motilidad intestinal. Las cepas de *E. coli* poseen numerosas adhesinas muy especializadas. Estas incluyen factores antígenos del factor de colonización (CFA/I, CFA/II, CFA/III), fimbrias de adherencia y agregación (AAF/I, AAF/III), pili que forman haces (Bfp), intimina, pili P (que también se une a los antígenos del grupo sanguíneo P), proteína Ipa (antígeno del plásmido de invasión) y fimbrias (que se unen a los antígenos del grupo sanguíneo (Murray *et al.*, 2013).

**Exotoxinas.-** *E. coli* produce también un espectro variado de exotoxinas. Estas incluyen las toxinas Shiga (Stx-1, Stx-2), las toxinas termoestables (STa, STb) y las toxinas termolábiles (LT-I y LT- II). Por otra parte, las hemolisinas (Hl y A) se consideran importantes en la patogenia de la enfermedad producida por *E. coli* uropatógeno y las cepas de *E. coli* que provocan gastroenteritis se subdividen en los cinco principales grupos siguientes: *E. coli enteropatógena* (ECEP), *E. coli enterotoxigénica* (ECET), *E. coli enterohemorrágica* (ECEH), *E. coli enteroinvasiva* (ECEI) y *E. coli enteroagregativa* (ECEA) (Murray *et al.*, 2013).

***E. coli* enteropatógena (ECEP).**- Las cepas enteropatógenas de *E. coli* fueron las primeras en asociarse a la enfermedad diarreica y continúan siendo la principal causa de diarrea infantil en los países pobres. La enfermedad es rara en niños mayores y en adultos, tal vez debido al desarrollo de inmunidad protectora. Aunque se han asociado algunos sero grupos específicos O a brotes de diarrea por ECEP en las guarderías, no se recomienda estudiar el serotipo de una cepa *E. coli* aislada en una infección esporádica o endémica, salvo en caso de estudios epidemiológicos. La infección se caracteriza por la adhesión bacteriana a las células epiteliales del intestino delgado con la destrucción posterior de las microvellosidades. Las cepas ECEP forman microcolonias en la superficie de las células epiteliales en las que las bacterias se unen a las células del organismo anfitrión a través de unas estructuras en forma de copa. Inicialmente se establece una unión laxa medida por los pili que forman haces, seguida de una secreción activa de proteínas por el sistema de secreción bacteriano de tipo III hacia la célula

epitelial anfitriona. Una proteína, el receptor de la intimina translocada (Tir), se inserta en la membrana epitelial (este proceso está mediado por otras dos proteínas secretadas) y actúa como receptor de una adhesina bacteriana de la membrana externa, la intimina. La diarrea acuosa típica de esta entidad se debe a la absorción inadecuada derivada de la destrucción de las microvellosidades (Murray *et al.*, 2013).

***E. coli enterotoxigena (ECET).***- La enfermedad producida por *E. coli enterotoxigena* se observa con mayor frecuencia en los países en vías de desarrollo (se ha estimado que se registran unos 650 millones de casos al año), aunque se calcula que casi 80 000 casos se producen anualmente en viajeros procedentes de EE.UU. Las infecciones afectan a niños pequeños de los países en vías de desarrollo o a los que viajan a estas zonas. El inoculo para esta enfermedad ha de ser grande, por lo que las infecciones se adquieren fundamentalmente a través del consumo de alimentos o de agua contaminada con restos fecales. No se produce transmisión de una persona a otra. ECET sintetiza dos clases de enterotoxinas: toxinas termolábiles (LT-I, LT- II) y toxinas termoestables (STa y STb). Mientras que la LT-II no se asocia a enfermedad en el ser humano, LT-I es funcional y estructuralmente semejante a la toxina del cólera y se asocia a enfermedad en el ser humano. La diarrea secretora producida por ECET se manifiesta tras un período de incubación de 1 a 2 días, y se prolonga a lo largo de un período medio comprendido entre 3 y 4 días. Los síntomas, espasmos abdominales, náuseas, vómitos (raro) y diarrea acuosa son semejantes a los del cólera, pero más leves (Molina, 2015)

***E. coli* entero hemorrágica (ECEH).**- Las cepas de *E. coli* entero hemorrágica son las cepas que causan con mayor frecuencia enfermedad en los países desarrollados. Se estima que estas bacterias producen 73 000 infecciones y 60 muertes al año en EE.UU. La ingestión de un inóculo que contenga menos de 100 bacterias puede producir la enfermedad. La gravedad de la enfermedad producida por ECEH varía desde una diarrea leve y no complicada hasta una colitis hemorrágica con dolor abdominal grave, diarrea sanguinolenta, sin fiebre o con febrícula. Se han aislado más de 50 serogrupos de ECEH; sin embargo, se cree que la mayoría de los causantes de enfermedad en el ser humano en EE.UU. pertenecen al serotipo 0157:H7. El síndrome hemolítico urémico (SHU), un trastorno que se caracteriza por insuficiencia renal aguda, trombopenia y anemia hemolítica microangiopática, es una complicación que afecta a una proporción comprendida entre el 5% y el 10% de los niños menores de 10 años. La enfermedad por ECEH es más frecuente en los meses cálidos, y su mayor incidencia se registra en los niños menores de 5 años. La mayoría de los casos de esta enfermedad se ha atribuido al consumo de carne de vaca o de otros productos cárnicos poco cocinados, agua, leche no pasteurizada o zumos de frutas (p. ej., sidra elaborada a partir de manzanas contaminadas por heces de ganado), verduras crudas y frutas. Inicialmente se desarrolla en los pacientes, tras un período de incubación de 3 a 4 días, una diarrea no sanguinolenta con dolor abdominal. Se observan vómitos en la mitad de los pacientes. Tras 2 días de evolución, la enfermedad puede progresar a diarrea sanguinolenta con dolor abdominal grave en el 30% al 65% de los afectados. La resolución de los síntomas suele tener lugar entre el cuarto y el noveno día en la

mayoría de los pacientes que no reciben tratamiento; sin embargo, el SHU es una complicación grave de esta entidad, en especial en los niños pequeños. La muerte puede ocurrir en el 3% al 5% de los pacientes aquejados de SHU, y pueden quedar secuelas graves (p. ej., insuficiencia renal, hipertensión, manifestaciones del SNC) en hasta el 30% de los pacientes (Murray *et al.*, 2013).

***E. coli* entero invasiva (ECEI).**- Las cepas de *E. coli* entero invasiva son infrecuentes tanto en EE.UU. como en los países en vías de desarrollo. Las cepas patogénicas se asocian fundamentalmente a un número limitado de serotipos 0: 0124, 0143 y 0164. Las cepas presentan una estrecha relación con las propiedades fenotípicas y patogénicas de *Shigella*. Las bacterias son capaces de invadir y destruir el epitelio colónico para producir una enfermedad que se caracteriza inicialmente por diarrea acuosa. Una minoría de pacientes evoluciona a la forma disentérica de la enfermedad, la cual debuta con fiebre, espasmos abdominales y presencia de sangre y leucocitos en las heces. Este proceso de destrucción de las células epiteliales con infiltración inflamatoria puede dar lugar a una ulceración colónica (Molina, 2015).

***E. coli* entero agregativa (ECEA).**- Las cepas de *E. coli* entero agregativo se han visto implicadas en una diarrea acuosa, persistente y con deshidratación en niños de los países en vías de desarrollo y en personas que han viajado a estos países. La persistencia de estas bacterias se asocia a la presencia de diarrea crónica y a un retraso del desarrollo de los niños afectados. Las bacterias se caracterizan por su capacidad de

aglutinarse entre sí en una organización de “ladrillos apilados”. Este proceso está mediado por unas fimbrias formadoras de haces (fimbrias de adherencia agregativa I y II), las cuales son codificadas por un plásmido (Molina, 2015).

**Salmonella.-** Por una parte, los estudios de homología del ácido desoxirribonucleico (ADN) han demostrado que este género está formado por dos especies: *Salmonella entérica* y *Shigella bongori*. *S. entérica* se subdivide, a su vez, en seis subespecies, y la mayor parte de los patógenos del ser humano se incluye en la primera subespecie, *S. entérica sub entérica*.

**Patogenia e inmunidad.-** Después de ser ingeridas y de pasar a través del estómago, las salmonelas son capaces de invadir y de replicarse en las células M (micropliegues) que se localizan en las placas de Peyer de la región terminal del intestino delgado. Típicamente estas células transportan antígenos de cuerpos extraños hasta los macrófagos subyacentes para su eliminación. Dos sistemas separados de secreción de tipo III intervienen en la invasión inicial de la mucosa intestinal (isla de patogenicidad 1 de *Salmonella* [SPI-1]) y la enfermedad sistémica posterior (SPI-2). Las especies de *Salmonella* se protegen también de los ácidos del estómago y del pH ácido del fagosoma mediante un gen de respuesta de tolerancia a los ácidos (ATR). La catalasa y la superóxido dismutasa son otros factores que protegen a las bacterias frente a la destrucción intracelular. La mayoría de las infecciones son consecuencia de la ingestión de productos alimentarios contaminados, y, en los niños, de una transmisión

directa por vía fecal-oral. La incidencia de la enfermedad es más elevada en niños menores de 5 años y en adultos mayores de 60 años, que se infectan durante los meses de verano y otoño cuando los alimentos contaminados se consumen en reuniones sociales al aire libre. La gastroenteritis es la forma más frecuente de salmonelosis. Los síntomas suelen aparecer entre las 6 y las 48 horas siguientes a la ingestión de alimentos o agua contaminada, con una sintomatología inicial de náuseas, vómitos y diarrea no sanguinolenta (Murray *et al.*, 2013).

**Shigella.-** Se han descrito cuatro especies con más de 45 serogrupos basados en el antígeno O: *S. dysenteriae*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* y *Shigellasonnei*. *S. sonnei* es la causa más frecuente de shigelosis en las naciones industrializadas, y *S. flexneri* es la causa más común en los países en vías de desarrollo. No obstante, los análisis de ADN han determinado que estas cuatro especies constituyen, en realidad, biogrupos de *E. coli* que difieren a nivel serológico (Murray *et al.*, 2013).

**Patogenia e inmunidad.-** *Shigella* causa la enfermedad al invadir y replicarse en las células que tapizan la mucosa colónica. Las proteínas de los genes estructurales intervienen en la adherencia de los microorganismos a las células, así como en su invasión, replicación intracelular y diseminación de una célula a otra. Las especies de *Shigella* parecen incapaces de unirse a las células mucosas diferenciadas; en lugar de ello, parece que se unen en primer lugar e invaden a las células M de las placas de Peyer. El sistema de secreción de tipo III interviene en la secreción de cuatro proteínas

(IpaA, IpaB, IpaC, IpaD) hacia las células epiteliales y en los macrófagos. Estas proteínas hacen que se ondulen las membranas de las células diana, lo que permite que las bacterias sean engullidas. Las shigelas sobreviven a la fagocitosis al inducir la muerte celular programada (apoptosis). Este proceso comporta, igualmente, la liberación de IL-1b, lo que atrae a los leucocitos polimorfonucleares hacia los tejidos infectados, desestabiliza la integridad de la pared intestinal y permite que las bacterias lleguen hasta las células epiteliales más profundas. Los brotes epidémicos de la enfermedad ocurren en las guarderías, los jardines de infancia y las prisiones. La shigelosis se transmite por vía feco-oral, principalmente por personas con las manos contaminadas, y con menor frecuencia por el agua y los alimentos. Debido a que un inoculo menor de 200 bacterias puede producir la enfermedad, la shigelosis se extiende rápidamente en comunidades en las que las condiciones sanitarias y la higiene personal son deficientes. La shigelosis se caracteriza por la presencia de espasmos abdominales, diarrea, fiebre y heces sanguinolentas. Los signos y síntomas clínicos de la enfermedad aparecen entre 1 y 3 días tras la ingestión de los bacilos. Las shigelas colonizan inicialmente el intestino delgado y comienzan a multiplicarse en las primeras 12 horas. El primer signo de infección (una profusa diarrea acuosa sin indicios histológicos de invasión mucosa) se relaciona con la acción de una enterotoxina. Sin embargo, la característica fundamental de la shigelosis son los espasmos abdominales y el tenesmo, con abundante pus y sangre en las heces. Es consecuencia de la invasión de la mucosa colónica por las bacterias. En las heces se observan numerosos neutrófilos, hematíes y mucosidad. La infección suele resolverse de forma espontánea, aunque se recomienda

el tratamiento antibiótico con el fin de reducir el riesgo de diseminación secundaria a los miembros de la familia y a otros contactos (Murray *et al.*, 2013).

***Vibrio cholerae.***- El *Vibrio cholerae* produce una enterotoxina que está formada por una subunidad A y otra subunidad B. El *Vibrio* llega a la superficie del enterocito, se adhiere a ella y produce la toxina colérica. La subunidad A se desprende de la bacteria y se une a un receptor de membrana GM-1, en la superficie del enterocito mientras que la subunidad B se une a la membrana celular. Posteriormente la subunidad A penetra en la membrana celular, se une a un receptor, en la membrana basolateral del enterocito, y se genera el AMPc intracelular, el cual estimula el canal de cloro en las criptas intestinales, lo que incrementa la secreción de agua y electrolitos e inhibe el cotransporte de sodio y cloro en las células de las vellosidades. Como resultado de estas dos acciones en las criptas y en las vellosidades por la toxina colérica, la secreción de líquidos en el lumen intestinal lleva a una diarrea secretora. La toxina colérica (TC) puede estimular al intestino delgado por activación secundaria de los metabolitos del ácido araquidónico, y aumentar la producción de prostaglandinas, las cuales activan el sistema nervioso entérico. Este proceso parece estar mediado por la 5-hidroxitriptamina (5-HT) liberada por las células cromafines y la neurotoxina liberada por las células neuroendocrinas (Murray *et al.*, 2013).

**Bacterias indicadoras de contaminación.**- Según Apella y Araujo (2005), las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista

sanitario. La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal que son los responsables de transmitir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amebiasis. Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir los siguientes requisitos: fáciles de aislar y crecer en el laboratorio; ser relativamente inocuos para el hombre y animales; y presencia en agua relacionada, cuali y cuantitativamente con la de otros microorganismos patógenos de aislamiento más difícil. Tres tipos de bacterias califican a tal fin:

- Coliformes fecales: indican contaminación fecal.
- Aerobias mesófilas: determinan efectividad del tratamiento de aguas.
- Pseudomonas: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.

Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua, es preciso investigar bacterias aerobias mesófilas y, coliformes totales y fecales. La gran sensibilidad de las bacterias aerobias mesófilas a los agentes de los agentes de cloración, las ubica como indicadoras de la eficacia del tratamiento de potabilización del agua. Las bacterias coliformes habitan el tracto intestinal de mamíferos y aves, y se caracterizan por su capacidad de fermentar lactosa a 35°C. Los géneros que componen este grupo son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*. Todas pueden existir como saprofitas independientemente, o como microorganismos intestinales, excepto el género *Escherichia* cuyo origen es sólo fecal. Esto ha llevado a distinguir entre coliformes totales (grupo que incluye a todos los

coliformes de cualquier origen) y coliformes fecales (término que designa a los coliformes de origen exclusivamente intestinal) con capacidad de fermentar lactosa también a 44,5°C. La existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal se restringe a la presencia de coliformes fecales, mientras que la presencia de coliformes totales que desarrollan a 35°C, sólo indica existencia de contaminación, sin asegurar su origen. Los enterococos fecales cuyo desarrollo ocurre a 35°C se usan como indicadores complementarios de contaminación fecal. El análisis cuantitativo de bacterias indicadoras de contaminación en una muestra de agua puede realizarse por dos metodologías diferentes:

- Recuento directo de microorganismos cultivables por siembra de la muestra sobre o en un medio de cultivo agarizado.
- Recuento indirecto (basado en cálculos estadísticos) después de sembrar diluciones seriadas de la muestra en medios de cultivos líquidos específicos. Se considera, al cabo de una incubación adecuada, los números de cultivos «positivos» y negativos». Esta metodología se denomina «Técnica de los Tubos Múltiples» y los resultados se expresan como número más probable (NMP) de microorganismos.

### 2.2.12 Diarrea aguda

La diarrea aguda consiste en un aumento en el número de deposiciones y/o una disminución en su consistencia, de instauración rápida. Se puede acompañar de signos y síntomas como náuseas, vómitos, fiebre o dolor abdominal. La causa más frecuente

es la infección gastrointestinal, que produce una gastroenteritis o inflamación de la mucosa gástrica e intestinal. Debido a ello el término diarrea aguda es prácticamente sinónimo de gastroenteritis aguda de causa infecciosa. La diarrea refleja un aumento en la pérdida a través de las heces de sus principales componentes: agua y electrolitos. El término agudo viene dado de ser habitualmente un proceso de carácter autolimitado, con una duración menor de 2 semanas (Román *et al.*, 2010).

**Agentes infecciosos.-** Más de 90% de los casos de diarrea aguda se deben a agentes infecciosos; estos casos se manifiestan a menudo por vómito, fiebre y dolores abdominales (Braunwald, 2005).

La mayor parte de las diarreas infecciosas se transmite por vía fecal-oral, a través de contactos personales directos o, con mayor frecuencia, al ingerir alimentos o agua contaminados con los microorganismos patógenos que están en las heces de humanos o de animales. En las personas inmuno competentes, la flora fecal saprofita, que abarca a más de 500 especies taxonómicas distintas, rara vez produce diarrea, y en realidad puede desempeñar un papel protector, impidiendo la proliferación de agentes patógenos ingeridos. La lesión o infección aguda aparece cuando el agente patógeno ingerido supera a las defensas inmunitarias y no inmunitarias (ácido gástrico, enzimas digestivas, secreción de moco, peristaltismo y flora saprofita supresora) de las mucosas digestivas del hospedador. La diarrea aguda es la emisión de heces de consistencia líquida debido a inflamación y/o disfunción del

intestino producida por un microorganismo o sus toxinas, que se puede acompañar de sangre o moco en las heces, fiebre, vómitos y/o dolor abdominal. La diarrea suele basarse en criterios cuantitativos: tres o más deposiciones por día y un peso de las heces por encima del límite normal (200 g/día en el adulto sano) (Braunwald, 2005).

**Patología.-** La diarrea es una consecuencia de la disfunción en el transporte de agua y electrólitos a nivel del intestino. Como resultado de esta alteración se produce un aumento de la frecuencia, cantidad y volumen de las heces, así como un cambio en su consistencia por el incremento de agua y electrólitos contenidos en ellas. Los mecanismos patogénicos que ocasionan diarrea están en dependencia de los agentes causales que la producen (Kliegman *et al.*, 2016).

### 2.2.13 Clasificación clínica de la diarrea

**Diarrea aguda.-** Se manifiesta por la pérdida diaria de tres o más evacuaciones intestinales líquidas o semilíquidas sin sangre visible, que pueden acompañarse de vómitos, fiebre baja, disminución del apetito e irritabilidad; el cuadro se inicia agudamente y tarda menos de catorce días, aunque la mayoría se resuelve en menos de siete (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea persistente.-** Este tipo de enfermedad diarreica se inicia como un episodio agudo de diarrea líquida, pero persiste por más de 14 o más días. En estos casos ocurre

frecuentemente pérdida marcada de peso. El volumen de la pérdida fecal puede ser grande, pudiendo causar deshidratación (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea crónica.-** Diarrea de tipo recurrente o de larga duración, es de causa no infecciosa, tal como sensibilidad al gluten o desórdenes metabólicos hereditarios. Puede considerarse cuando el proceso diarreico dura más de 21 días (Kliegman *et al.*, 2016).

**Disentería.-** Diarrea con presencia de sangre, moco y/o pus en heces, independientemente de su duración. Entre los efectos que produce incluye anorexia, pérdida de peso rápida y daño a la mucosa intestinal causado por agentes invasores (Kliegman *et al.*, 2016).

**Enfermedad diarreica aguda acuosa.-** Todo paciente que presenta aumento en frecuencia (3 o más veces en 24 horas), fluidez y/o volumen de las deposiciones en comparación a lo habitual, con pérdida variable de agua y electrolitos y cuya duración es menor de 14 días (MINSA, 2014).

**Hospitalización por EDA.-** Paciente internado con diagnóstico de enfermedad diarreica aguda, con permanencia igual o mayor a 24 horas. En la clasificación se debe especificar si se trata de una EDA acuosa o disintérica según la definición (MINSA, 2014).

**Defunciones por EDA.-** Caso que fallece a causa de diarrea o cualquier gastroenteritis de origen presumiblemente infeccioso o no y, que puede o no contar con identificación del agente etiológico. En la clasificación se debe especificar si se trata de una EDA acuosa o disentérica según la definición (MINSA, 2014).

#### 2.2.14. Clasificación funcional de la diarrea

En función de las alteraciones fisiológicas que provocan en el organismo, las diarreas se clasifican en cuatro grupos:

**Diarrea osmótica.-** Se presentan cuando existen solutos en la luz intestinal, las cuales tienen actividad osmótica e inducen el movimiento de líquidos y electrolitos del enterocito hacia la luz intestinal, superando la capacidad de absorción de la mucosa. En proporción, se pierde una cantidad mayor de agua que de sodio, lo que incrementa las concentraciones de este ion en la sangre, aunque el colon intenta conservar agua y sodio no retiene potasio, que se pierde en las heces. El efecto final es un agotamiento de agua y potasio. Las evacuaciones son ácidas y las causas más comunes son la deficiencia de enzimas disacaridasas como lactasa y sacarasa, la ingestión de laxantes polivalentes, la desnutrición tipo Kwashiorkor, el esprue tropical y la gastroenteritis, entre otras (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea secretora.-** Se presentan como consecuencia de un aumento importante del

movimiento de agua y electrolitos hacia la luz intestinal. Este efecto se produce por el incremento en la secreción, por la disminución en la absorción o por la combinación de ambas situaciones. La afluencia de líquido a la luz intestinal supera la capacidad de absorción del colon, lo que ocasiona la diarrea. Las heces son isotónicas en relación con el plasma; sin embargo, a pesar de existir una composición iónica similar, se fuerza al máximo la absorción de sodio y cloro, lo que condiciona la pérdida de potasio y bicarbonato hacia la luz intestinal (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea secundaria a alteraciones de motilidad.-** Se producen tanto por una disminución anormal de la motilidad intestinal que condicionan sobre crecimiento bacteriano, como por un aumento en la peristalsis, que reduce el tiempo de contacto entre el contenido intestinal y la mucosa (Kliegman *et al.*, 2016). Las principales causas de este tipo de diarreas son el abuso de laxantes, la enfermedad diverticular del colon, el síndrome del intestino irritable y la neuropatía diabética.

**Diarrea por alteraciones morfológicas de la mucosa.-** Se deben a lesiones anatómicas de las estructuras encargadas del proceso de absorción. Esto impide el ingreso de los nutrientes o bien la salida de productos de escasa absorción, como sangre, moco, pus o proteínas completas, hacia la luz del intestino. Entre las principales causas de este tipo de diarreas se encuentran la gastroenteritis infecciosa persistente, la enfermedad de Whipple, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida y la enfermedad inflamatoria intestinal (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea infecciosa aguda.-** La diarrea infecciosa aguda es aquella que tiene una duración menor de 14 días. Actualmente se clasifica de manera práctica en diarrea acuosa y diarrea con sangre (Kliegman *et al.*, 2016). La diarrea acuosa a su vez puede ser secretora u osmótica y la diarrea con sangre puede ser invasiva o no invasiva.

**Diarrea secretora.-** Se define como un cuadro diarreico, aquél que es el resultado del movimiento neto de agua y electrolitos desde la mucosa intestinal hasta el lumen, y cuyo volumen excede los 10 mL/kg/día y cuya osmolaridad es similar al plasma. La diarrea secretora es una diarrea acuosa abundante que produce deshidratación con trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y ácido básico y es producida principalmente por el *Vibrio cholerae* y la *Escherichia coli enterotoxigénica* (ECET), aunque otras bacterias como la *Shigella spp*, la *Yersinia enterocolítica* y las *Aeromonas* también pueden producirla (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea osmótica.-** La diarrea osmótica es aquélla que se produce por un incremento de carbohidratos en el lumen intestinal, como consecuencia de lesiones en forma de parches en las vellosidades intestinales y por la invasión de los enterocitos de la vellosidad y la posterior aglutinación de las vellosidades afectadas. La necrosis de la porción superior (ápex) de las vellosidades da lugar a que en un período de 12 a 40 horas, los enterocitos de las criptas, que son enterocitos secretores, cubran totalmente la vellosidad y den lugar a áreas donde hay secreción de líquidos y la absorción está disminuida o ausente. En la medida que las lesiones se hacen más extensas tendrá lugar

una menor absorción y se aumentará la secreción. Este mecanismo de producción de diarrea osmótica es el que provocan los agentes virales, principalmente los rotavirus. Otro mecanismo de producción de diarrea osmótica es el que ocurre por la adhesión de algunos protozoos al "borde en cepillo" del enterocito que bloquean la entrada de agua, electrólitos y micronutrientes lo que produce un exceso de carbohidratos a nivel del lumen intestinal, que son atacados por las bacterias con producción de ácido láctico, lo cual da lugar a una diarrea ácida que se traduce clínicamente por un marcado eritema perianal. Los parásitos que con mayor frecuencia presentan este tipo de diarrea con acentuada mal absorción a los carbohidratos son la *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Ciclospora cayetanensis* y los Microsporidios, aunque los pacientes inmunosuprimidos presentan un componente de hipersecreción. También puede producirse una diarrea osmótica cuando se ingiere una sustancia osmóticamente activa de pobre absorción, esto puede suceder cuando se administran purgantes como el sulfato de magnesio. Si la sustancia es ingerida con una solución isotónica, el agua y los solutos pasan por el intestino sin adsorberse, y esto da lugar a la diarrea osmótica. Este tipo de diarrea se puede observar en los pacientes con mal absorción a los disacáridos (lactosa) y en lactantes alimentados con el seno materno (exceso de lactosa) o cuando se administran grandes cantidades de leche animal o leches muy concentradas (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea con sangre.-** La diarrea con sangre se presenta con una elevada frecuencia en niños menores de 5 años. Constituye un problema de salud en los países

subdesarrollados y puede expresarse con manifestaciones clínicas severas que pueden llevar al paciente a la muerte y, en otras ocasiones, su cuadro clínico es más benigno por tener sus agentes causales una vida auto limitada (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea con sangre invasiva.-** La diarrea con sangre invasiva tiene como prototipo a la *Shigella*, aunque también puede ser producida por otros agentes bacterianos entero patógenos como son: *Escherichia coli* entero invasiva, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolítica* y *Vibrio parahaemolyticus* (Kliegman *et al.*, 2016).

**Diarrea con sangre no invasiva.-** La diarrea con sangre no invasiva tiene como prototipo a la *Escherichia coli* entero hemorrágica (ECEH). Los primeros estudios de este tipo de *Escherichia coli* se realizaron en 1983, cuando se asociaron cepas de *Escherichia coli* del serotipo O157H7 raramente encontradas con anterioridad. Con un brote de una nueva enfermedad, la colitis hemorrágica, caracterizada por diarrea con abundante sangre y sin fiebre. Estudios realizados posteriormente pusieron de manifiesto que dichas cepas pueden producir también un síndrome hemolítico urémico y llevar a una insuficiencia renal aguda. Las cepas de serotipo O157H7 elaboran 2 potentes citotoxinas que destruyen las células Vero, por lo que reciben el nombre de verotoxinas (VT-1 y VT-2). Estas toxinas están relacionadas, biológica y estructuralmente, con la toxina Shiga sintetizada por la *Shigella dysenteriae* tipo 1 (Sd1) por lo que se propuso la denominación de toxinas similares a la toxina Shiga (SLT-1 y SLT-2). El aspecto clínico más relevante de la ECEH es su habilidad para causar el

síndrome hemolítico urémico, caracterizado por anemia micro angiopática, trombocitopenia e insuficiencia renal (Kliegman *et al.*, 2016).

**Manifestaciones clínicas.-** Se puede asociar a otros síntomas y signos como náuseas, vómitos, dolor abdominal en forma de retortijón, fiebre, deposiciones sanguinolentas, tenesmo y/o urgencia defecatoria, claro está que esto puede variar de acuerdo al tipo de germen causante (Rodríguez, 2010).

#### **2.2.15. Casos de investigación epidemiológica a nivel local, regional, nacional e internacional de EDAS.**

El sistema de vigilancia epidemiológico del ámbito de la Red de Salud Abancay, para la semana epidemiológica (SE:01-20-2015) se llegó a notificar 4740 casos de enfermedades diarreicas agudas acuosas, de los cuales 11.37% de los casos se dieron en <1 año, 32.64% en niños de 1-4 años y 55.99% en mayores de 5 años de edad, notificando 201 casos de EDA acuosas, de igual manera se notificó un total de 9 casos de diarreicas disintéricas, por otro lado en la semana epidemiológica (SE:01-28-2015) se llegó a notificar 1039 casos de enfermedades diarreicas agudas acuosas, de los cuales 202 de los casos se dieron en <1 año, 834 en niños de 1-4 años y 395 en mayores de 5 años de edad, notificando 190 casos de EDA acuosas. Asimismo, para esta semana N° 31 del año 2015 ha llegado a notificar un total de 87 nuevos casos de enfermedades diarreicas disintéricas. En lo que va el semestre del presente año, se consolida un total

de 87 casos de diarrea disintérica, en los niños menores de cinco años (Red de Salud de Abancay, 2015). En el Perú, hasta la semana epidemiológica 51 del presente año se han notificado 1 102 634 episodios de enfermedades diarreicas agudas (EDAS Acuosa + EDAS Disintérica) presentando una tasa de incidencia de 354.0 casos x cada 10 000 habitantes. Por cada 100 episodios de EDAS en mayores de 5 años se tiene una tasa de 209.9 y en menores de 5 años se tiene una tasa del 1778.0. El porcentaje de casos que llegaron a hospitalizarse por una EDA no superó el 0.9% del total de casos, sin embargo las defunciones fueron 36 (11 menores de 1 años, 19 de 1 a 4 Años y 6 en mayores de 5 años) (Red de Salud Lima, 2016). El Ministerio de Salud, mediante la Dirección General de Epidemiología de Episodios de Enfermedades Diarreicas Agudas, reporta en la semana epidemiológica N°46, entre los años 2011, 2012 los siguientes resultados: en el 2011, donde se muestra un total de 1507 EDAS de las cuales fueron diarreas acuosas 397, 34 diarreas disintéricas y 3 defunciones. Por otro lado en los resultados de 2012, se puede observar 10 523 casos, dentro los se pueden identificar 1089 diarreas acuosas, 22 casos disintéricos y 2 defunciones (MINSAL, 2012).

El Hospital Guillermo Díaz de la Vega de Abancay –Apurímac a través del Aseguramiento del Sistema Integral de Salud (ASIS, 2012), reporta diarreas y gastroenteritis de presunto de origen infeccioso, en la forma siguiente: infantil 07 casos, pre-escolares (1-4 años) 21casos, escolares (5-9 años), 04 casos, adolescentes (10-19 años), 04 casos, adultos (20-64 años), 18 casos, adulto mayor (65 a mas), 13 casos (H.G.D.V, 2013). Las enfermedades diarreicas agudas (EDA) son un serio problema de

salud en países en vías de desarrollo y provocan un millón de muertes cada año. Se realizó un estudio descriptivo correlacional, de corte transversal retrospectivo, de la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) y su posible relación con la calidad sanitaria del agua de consumo en el municipio Bejucal del 2003 al 2007, con el propósito de establecer la relación entre la morbilidad por EDA y la calidad sanitaria del agua de consumo. Se determinó la calidad sanitaria del agua de consumo, según muestreo realizado. Se encontró que la EDA y la calidad del agua de consumo están relacionadas inversamente; pero esta correlación no es significativa (Pino *et al.*, 2010).

### 2.3 Marco conceptual

**Agua.-** El agua es esencial para la vida, constituye el principal componente del protoplasma celular y representa 2/3 del peso total del hombre y hasta 9/10 del peso de algunos vegetales. El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color) (Beltrán, 2002).

**Agua potable.-** Se denomina agua potable al agua “bebible” en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades satisface las condiciones y requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos (OMS, 2010).



## Ubicación geográfica del distrito de Tamburco

Longitud: 72°51' O

Latitud: 13°33' S

### Límites:

Por el norte: Con el distrito de San Pedro de Cachora y Huanipaca; por el Este: con el distrito de Curahuasi; por el Sur: con el distrito de Abancay; por el Oeste: con el distrito de Abancay. El distrito de Tamburco se encuentra ubicado geográficamente en la provincia de Abancay de la región Apurímac, específicamente en la parte Norte de la ciudad de Abancay y el acceso es mediante la carretera Cusco-Abancay. Su posición geográfica está comprendida entre las coordenadas 13°33' de latitud Sur y 72°51' de longitud Oeste. El piso ecológico corresponde a las regiones Quechua, Suni y Puna (2 581 msnm a 4 800 msnm). Tiene una extensión de 54.6 km<sup>2</sup> (figura 1).

Los datos fueron recolectados para la investigación durante los meses de julio a diciembre de 2016 en el distrito de Tamburco, considerando la buena disposición del Centro de Salud y los pacientes. Se recolectó de piletas domiciliarias 80 muestras de agua de consumo humano, respecto a los casos de diarrea detectados en cinco sectores del distrito de Tamburco (Hernández *et al.*, 2000), se, evaluaron 20 sistemas de agua, 20 captaciones y 38 urbanizaciones (Tabla 3).

**Tabla 3.** Sectores, localidades, captaciones, urbanizaciones, número de muestras y administración por sistema de agua del distrito de Tamburco.

Sectores de Tamburco	Localidades por sistema de agua	Nombre de captaciones	Urbanizaciones muestreadas	Número de muestras	Procedencia de Administración
Sector I (11)	1.Nueva Granja	Ullpuhuaycco I y II	VAR II	4	JASS
	2.Sahuanay	Condorrumiyuc	Sahuanay	2	JASS
	3.Pantillay	Ullpuhuycco	Pantillay	3	JASS
Sector II (28)	1.Maucacalle I	Arayanchayuc A	Maucacalle	2	JASS
	2.Ccallaspampa	Ccallaspampa	Antabamba Baja	4	JASS
			Ccallaspampa Alta	3	JASS
			Sahuanay Alta	2	JASS
	3.Mosocpampa	Ucuchachupan	Mosocpampa	3	JASS
	4.Kerapata	Uchujara	Kerapata	6	JASS
5.Ccorhuanic	Faccha	Ccorhuani	6	JASS	
6.Antabamba Alta	Tamcarpuquio	Antabamba Alta	4	JASS	
Sector III(29)	1.Maucacalle II	Maucacalle	Túpac Amaru,	3	Municipio
			Micaela Bastidas	2	Municipio
			VAR II.	1	Municipio
	2.Antabamba Baja	Antabamba Baja	Sahuanay Baja	1	Municipio
			Lambrashuaycco	1	Municipio
	3.Bancapata	Soccoshuaycco	Ccallaspampa Baja	1	Municipio
			Bancapata	3	Municipio
	4.María Parado	Titirumiyuc	Av. Garcilazo	1	Municipio
			Tupac Amaru	1	Municipio
	5.Miraflores	Manzanales	Coronel Gonzales	2	Municipio
			Miraflores	2	Municipio
			Pasaje Palomino	2	Municipio
			Prolong. Cusco.	2	Municipio
	6.Tamburco	Killuyacu Huaranguyuc	Ricardo Palma	1	Municipio
			Qta Sta. Rosa	1	Municipio
			Sta Santa Isabel	1	Municipio
			Sr. de Huanca	1	Municipio
			San Lorenzo	1	Municipio
Av. Tamburco			2	Municipio	
Virg. del Rosario			1	Municipio	
Marcamarca			1	Municipio	
Sector IV (3)	1. VAR. I	Rontoccocha	Víctor Acosta I	1	Emusap
			Juan Pablo II.	1	Emusap
	2.Juan Pablo II	Rontoccocha	Juan Pablo II.Baja	1	Emusap
Sector V (9)	1.Ccanabamba	Misquiyacu	San Antonio Alta	2	JASS
	2.San Jorge	Chapa	San Antonio Baja	2	JASS
	3.San Antonio	Marcamarca	San Antonio	2	JASS
			Huilcuypata	2	JASS
			Mirador	1	JASS
<b>Total</b>	<b>20 sistemas</b>	<b>20 captaciones</b>	<b>38 urbanizaciones</b>	<b>80 muestras</b>	<b>3 procedencias</b>

## **Descripción por sectores y sistemas de agua potable del distrito de Tamburco**

**Sector 1:** Administrados por JASS. Sistema Nueva Granja (captación Ullpuhuycco I y II), abastecen Víctor Acosta Ríos II. Sistema Sahuanay (captación Condorrumiyuc) abastecen a Sahuanay. Sistema Pantillay (captación Ullpuhuaycco I), abastecen a comunidad de Pantillay.

**Sector 2:** Administrados por JASS. Sistema Maucacalle I, captación Arayanchayuc I y II. Sistema Callaspampa, captación Callaspampa, abastecen a Antabamba Baja. Sistema Mosoccpampa (captación Ucuchachupam), abastecen a Mosoccpampa. Sistema Kerapata (captación Uchujura), abastecen a Kerapata. Sistema Ccorhuani (captación León Huaycco y Faccha), abastecen a Ccorhuani. Sistema Antabamba Alta (captación Tancarpuquio), abastecen a Antabamba Alta.

**Sector 3:** corresponde a la administración de la Municipalidad Distrital de Tamburco que incluye el Sistema Maucacalle II, (captación Maucacalle), abastecen a la calle Túpac Amaru, Micaela Bastidas y VAR II. Sistema Antabamba Baja (captación Lambrashuaycco y Antabamba Baja), abastecen a Sahuanay Baja y Ccallaspampa Baja. Sistema Bancapata (captación Soccoshuaycco), abastecen Av. Garcilazo, Nueva Rioja. Sistema María Parado de Bellido (captación Titirumiyuc), abastecen a Túpac Amaru, Coronel Gonzales. Sistema Miraflores (captación Manzanales), abastecen Miraflores, pasaje Palomino, prolongación Cusco primera cuadra. Sistema Tamburco (captación Killuyacu, Huaranguyuc y Marcamarca), abastecen a Ricardo Palma, Quinta Santa

Rosa, Urb. Santa Isabel, Asociación. Señor de Huanca, San Lorenzo, Av. Tamburco, Virgen Del Rosario.

**Sector 4:** Administrado por EMUSAP, abastecen al Sistema Víctor Acosta I (captación Rontoccocha), abastecen a Víctor Acosta I, Juan Pablo II. Sistema Juan Pablo II (captación Rontoccocha). Juan Pablo II parte baja.

**Sector 5:** Administrados por JASS, incluyen el Sistema Ccanabamba (captación Misquiyacu), abastecen a San Antonio Alta. Sistema San Jorge (captación Chapa), abastecen a la parte baja de San Antonio. Sistema San Antonio (captación Marcamarca), abastecen San Antonio, Huilcuypata y Mirador.

### 3.3. Recolección de datos

El procedimiento para el registro de los datos necesarios para realizar la investigación fue el siguiente:

- a) **Coordinaciones administrativas.-** Antes de iniciar la investigación que duró seis meses aproximadamente, se coordinó con las autoridades del CLAS-Tamburco y el personal de laboratorio (DIGESA), para que puedan darnos la autorización y facilidades administrativas.
- b) **Identificación de los pacientes afectados con diarreas acuosas o disintéricas.-** Se colocó avisos en cada una de las salas de medicina, con la indicación que

deberían de comunicar inmediatamente si se detectaba pacientes con EDA acuosa o disentérica.

#### **c) Registro de datos después de haberse diagnosticado un caso de EDA**

Una vez detectado un caso clínico de diarrea por el médico de turno en el Centro de Salud de Tamburco, se procedió a registrar datos de acuerdo a la hoja de vigilancia de la calidad de agua de consumo humano (PVICA) (anexo, figura 3), la hoja de cadena de custodia de agua de consumo humano y monitoreo de cloro residual (anexo, figura 4) y un cuestionario (anexo, Ficha 1), que contenía 11 preguntas.

Fueron en total, 80 pacientes con diarrea a los cuales se registró sus datos personales y domiciliarios.

#### **d) Toma de muestras en el domicilio del paciente post diagnosticado con EDA**

Para poder completar las hojas y cuestionario mencionados en el ítem anterior, se realizó una visita domiciliaria respectiva a cada uno de los pacientes elegidos. En el domicilio, se tomaron fotos y se recogió una muestra de agua de la pileta, posteriormente se realizó la determinación del cloro residual y los coliformes totales y termotolerantes, en la forma siguiente:

- Se prepararon 80 frascos esterilizados antes del muestreo de agua recogida de las

piletas domiciliarias, fueron identificadas adecuadamente según la norma técnica (D.S. N° 031-2010-SA).

- Antes de obtener la muestra se verificó si el grifo de agua estaba conectado directamente al sistema de agua potable, luego se retiró la manguera, jebes, hilos, etc., que estuvieran presentes. Después se dejó correr el agua durante dos a tres minutos para eliminar impurezas y cloro acumulado en el interior de las tuberías. Finalmente se recibe una muestra de agua para determinar el cloro libre residual *in situ* (mg/L), mediante el método colorimétrico usando un comparador de cloro y añadiendo una pastilla DPD (N,N-Dietil-p-fenilendiamina) al lado izquierdo del comparador, se agita hasta la disolución de la pastilla y comparar el color obtenido con la línea patrón.
- Ya determinado el cloro residual, se apuntó los resultados en la hoja de monitoreo de cloro (anexo, figura 4). Se tomó una segunda muestra de la pileta domiciliaria, en un frasco de boca ancha dejando unos 2.5 cm de espacio sin llenar, lo que sirve para homogenizar la muestra antes del análisis de laboratorio (Rice *et al.*, 2012).
- Los frascos debidamente identificados (datos de identificación: tipo de análisis microbiológico, solicitante, nombre de fuente, localidad, punto de muestreo, origen de fuente, distrito, fecha y hora de muestreo, cantidad de muestra, nombre de muestreador, cloro residual), fueron transportados en termos acondicionados al laboratorio referencial de la Dirección General de Salud Ambiental-Apurímac, para que sean analizados y se determine los coliformes termotolerantes y totales.

### 3.4. Procesamiento de la muestra en el laboratorio referencial de la Dirección General de Salud Ambiental-Apurímac.

#### Medios de cultivo utilizados

- Caldo lauril triptosa o sulfato (CLT). Medio de enriquecimiento.
- Caldo lactosado verde brillante bilis (CLVBB). Medio selectivo.
- Caldo enzima caseína, lactosa, cloruro de sodio, dipotasio hidrógeno fosfato, sales biliares, potasio di-hidrógeno fosfato
- Agua de dilución.

#### Equipos y materiales utilizados

- Incubadora a  $35 \pm 0.5$  °C.
- Baño María a  $44.5 \pm 0.2$  °C.
- Frascos de dilución, capacidad de 100 ml autoclavables.
- Pipetas serológicas de 10 ml, tolerancia de  $\pm 2.5\%$ .
- Tubos de ensayos, resistentes al autoclavado, con dimensiones de 16 ó 18 x 150 mm (para concentración doble).
- Tubos (campanas) Durham.
- Probetas, matraces, espátulas, vasos de precipitación, magnetos.
- Asas de siembra de níquel-cromo o platino de 3.0 a 3.5 mm de diámetro.

## Composición y preparación de los medios de cultivos y reactivos

### Composición del caldo lauril triptosa (CLT)

Tryptosa	20.0 g
Lactosa	5.0 g
Dipotasio hidrógeno fosfato, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2.75 g
Potasio dihidrógeno fosfato, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.75g
Cloruro de sodio	5.0 g
Lauril sulfato de sodio	0.1 g
Agua destilada	1 L

### Preparación:

Se disolvió 35.6 g del medio deshidratado de caldo lauril triptosa por litro de agua destilada (caldo simple). Ajustando el pH a  $6.8 \pm 0.2$  y distribuyendo 10 ml del medio en tubos de ensayo de 16 o 18 x 150 mm provisto en su interior con un tubo de fermentación invertido (Durham), luego se tapó y esterilizo a 121°C durante 15 minutos. Para preparar el caldo de doble concentración, se disolvió 71.2 g del medio deshidratado por litro de agua destilada. Ajustando también el pH a  $6.8 \pm 0.2$ . Luego se distribuyó 10 ml del medio en tubos de ensayo de 20 x 150 mm provistos también en su interior con tubos Durham y se procedió como en el caso anterior.

Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

**Tabla 4.** Concentración de caldo lauril triptosa (CLT) en función al volumen de muestra adecuado

Tubos con CLT (ml)	Volumen de muestra (ml)	Concentración del medio		CLT g/L
10	0.1 a 1.0	1	x (simple)	35.6
10	10	2	x (doble)	71.2

#### **Composición del caldo lactosado verde brillante bilis lactosa (CLVBB)**

Peptona	10.0 g
Lactosa	10.0 g
Oxgall	20.0 g
Verde brillante	1 L

#### **Preparación:**

Se disolvió 40 g de medio CLVBB en un litro de agua destilada. Luego se distribuyó 10 ml en tubos de ensayos provisto con tubos Durham invertidos.

Después se esterilizó en una autoclave los tubos durante 15 minutos a 121 °C.

### Composición del caldo EC –MUG

Triptosa o tripticasa	20.00 g
Lactosa	5.00 g
Mezcla de sales biliares N° 3	1.50 g
Dipotasio hidrógeno fosfato K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2.75 g
Potasio dihidrógeno fosfato, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.75 g
Cloruro de sodio	5.00 g
4-methylumberiferil-β-D-glucoronido	0.05 g
Agua destilada	1.00 L

### Preparación:

Se disolvió 37 g de medio EC - MUG en un litro de agua destilada. Seguidamente se distribuyó 10 ml en tubos de ensayo provistos con tubos Durham invertidos. Se esterilizó en autoclave durante 15 minutos a 121 °C.

### 3.5. Tipos de pruebas de laboratorio para análisis de coliformes termotolerantes y totales

- Prueba presuntiva.-** Se colocó volúmenes determinados de muestra de agua en una serie de tubos conteniendo caldo lauril triptosa (CLT) que luego son incubados a 35± 0,5°C. Durante 24 – 48 horas.

### Procedimiento:

- Antes de inocular en los tubos estos estuvieron a temperatura ambiente.
  - Se colocó los tubos en gradillas y se codificó anotando el número asignado a la muestra y dilución al inoculado.
  - Para el análisis del agua se utilizó 10 tubos de 10 ml de CLT.
  - Se agitó el frasco de la muestra vigorosamente unas 25 veces.
  - De la muestra original se transfirió 1 ml a cinco tubos con CLT de concentración simple, 10 ml en cinco tubos con CLT de doble concentración y 0.1 ml a cinco tubos con CLT de concentración simple.
  - Se incubó los tubos inoculados a  $35\pm 0.5$  °C. Después de  $24\pm 2$  horas se examinó y se separó los tubos con CLT positivos, aquellos que presentan formación de gas y turbiedad.
  - Todos los tubos positivos pasaron a la siguiente fase, la prueba confirmativa.
- b) **Prueba confirmativa.-** Para la determinación de coliformes totales se inoculó los tubos positivos de la prueba presuntiva en el caldo lactosado verde brillante bilis (CLVBB), y se les incubó a  $35\pm 0.5$  °C por 48 horas, para coliformes termotolerantes en caldo EC. La formación de gas en los tubos de Durham así como la presencia de fermentación y turbiedad en los tubos, se consideró como reacción positiva. Los resultados se expresaron en términos de Número Más Probable (NMP) de microorganismos.

## Procedimiento para coliformes totales

- Antes de realizar la inoculación se puso los tubos en temperatura ambiente.
- Se agitó los tubos positivos de la prueba presuntiva antes de ser inoculados en los tubos de CLVBB.
- Con el asa de siembra estéril, se transfirió una o más asadas de un cultivo positivo de CLT a un tubo con CLVBB. Se repitió el procedimiento para todos los tubos presuntivos.
- Se incubó los tubos inoculados a  $35 \pm 0.5$  °C por  $24 \pm 3$  horas.
- Después de  $24 \pm 3$  horas de incubación, se retiró los tubos, agitándolos y observando la producción de gas.
- Seguidamente se procedió a realizar la lectura considerando positiva toda formación de gas en los tubos Durham (Fermentación) y turbiedad en los tubos. Se anotó los resultados.
- Posteriormente se reincubó los tubos negativos por otras  $24 \pm 3$  horas.
- A las 48 horas, se retiró los tubos, agitándolos y observando la producción de gas, asimismo, se procedió a realizar la lectura considerando positiva toda formación de gas en los tubos Durham (fermentación) y turbiedad en los tubos. Se anotó.
- Con las lecturas obtenidas a las 24 y 48 horas se calculó el NMP de microorganismos de acuerdo a una fórmula establecida en anexo figura 29.

### **Procedimiento para coliformes termotolerantes**

- Antes de inocular en los tubos estos se pusieron a temperatura ambiente.
- Se agitó los tubos positivos de la prueba presuntiva antes de ser inoculados en los tubos de caldo EC.
- Con el asa de siembra estéril, se transfirió una o más asadas de un cultivo positivo de CLT a un tubo con caldo EC. Se repitió el procedimiento para todos los tubos presuntivos.
- Después se incubó los tubos inoculados a  $44.5 \pm 0.2$  °C en baño maría 24 horas.
- En seguida se retiró los tubos, observando la producción de gas y procediendo a realizar la lectura, considerando positiva toda formación de gas en los tubos Durham (fermentación) y turbiedad en los tubos. Se anotó los resultados.
- Con las lecturas obtenidas se calculó el NMP de microorganismos de acuerdo a las porciones y combinaciones empleadas.

### **3.6. Procedimiento de determinación del número más probable**

Se calculó la densidad de probabilidad de bacterias coliformes totales y fecales, donde se combinó los resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución, inoculando series de 5 tubos con volúmenes de 10 ml, 1 ml, 0.1 ml de muestra, todos estos valores del NMP presentados para la fase confirmativa se refieren específicamente a la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos

cuando son inoculados una serie de 15 tubos con volúmenes de 10 ml de muestra, estos valores se expresan como NMP de coliformes por 100 ml y se obtienen a través de la tabla que puede verse en anexos (figura 28), la misma presenta valores para los límites de confianza al 95% y 99%.. Finalmente se hace la lectura individual de coliformes fecales y totales, respecto a lo señalado en el procedimiento que se puede observar en la figura 15 y 17 anexos.

### 3.7. Análisis estadístico

Los datos acopiados mediante la Ficha 1 y otros formatos de anexos, fueron acumulados, verificados e ingresados debidamente en una base de datos para el análisis estadístico. Se realizaron los siguientes procedimientos:

#### 3.7.1. Análisis del estadístico Chi-cuadrado ( $\chi^2$ )

Para las variables cualitativas se calculó las frecuencias absolutas y relativas, y se efectuaron pruebas de significación estadística de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ). Se utilizó el estadístico de prueba siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \text{ con } (I - 1)(J - 1) \text{ grados de libertad}$$

$$E_{ij} = \frac{O_i \cdot O_j}{O_{..}}$$

Donde  $O_{ij}$  es el valor observado en la celda  $ij$ . Sea  $O_i$  la suma de los valores observados en el renglón  $i$ , sea  $O_j$  la suma de los valores observados en la columna  $j$ , y sea  $O_{..}$  la suma de los valores observados en todas las celdas. Se denota  $E_{ij}$  el valor esperado que es igual a la proporción de ensayos cuyo resultado está en la columna  $j$ , multiplicado por el  $O_i$  de ensayos en el renglón  $i$  (Navidi, 2006).

### 3.7.2 Análisis de correspondencia múltiple (ACM)

Para estructurar y analizar las relaciones de dependencia entre variables cualitativas describiendo proximidades a nivel de sectores, urbanizaciones y otras características del sistema de agua potable del distrito de Tamburco con relación a las EDAS y la evaluación de los coliformes totales y termotolerantes, se utilizó el ACM, determinando su fiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con base a su consistencia interna, es decir, la correlación entre las variables, y poder establecer así su homogeneidad (Cronbach, 1951).

Este coeficiente oscila entre -1 y +1 y se considera que la consistencia interna es alta si se encuentra entre 0.70 y 0.90. Los valores inferiores a 0.70 indican una baja consistencia interna y los superiores a 0.90 sugieren que la escala tiene varias variables ("ítems") que miden exactamente lo mismo o que está compuesta por más de veinte variables (Oviedo, 2005). La fórmula es la siguiente:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{S_x^2} \right)$$

Donde  $n$  es el número de variables,  $S_i^2$  es la varianza de la variable  $x_i$ , y  $S_x^2$  es la varianza de los valores resultantes de la sumatoria de cada variable  $x_i$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Cloro libre residual en el agua potable de cada sistema de abastecimiento en el distrito de Tamburco

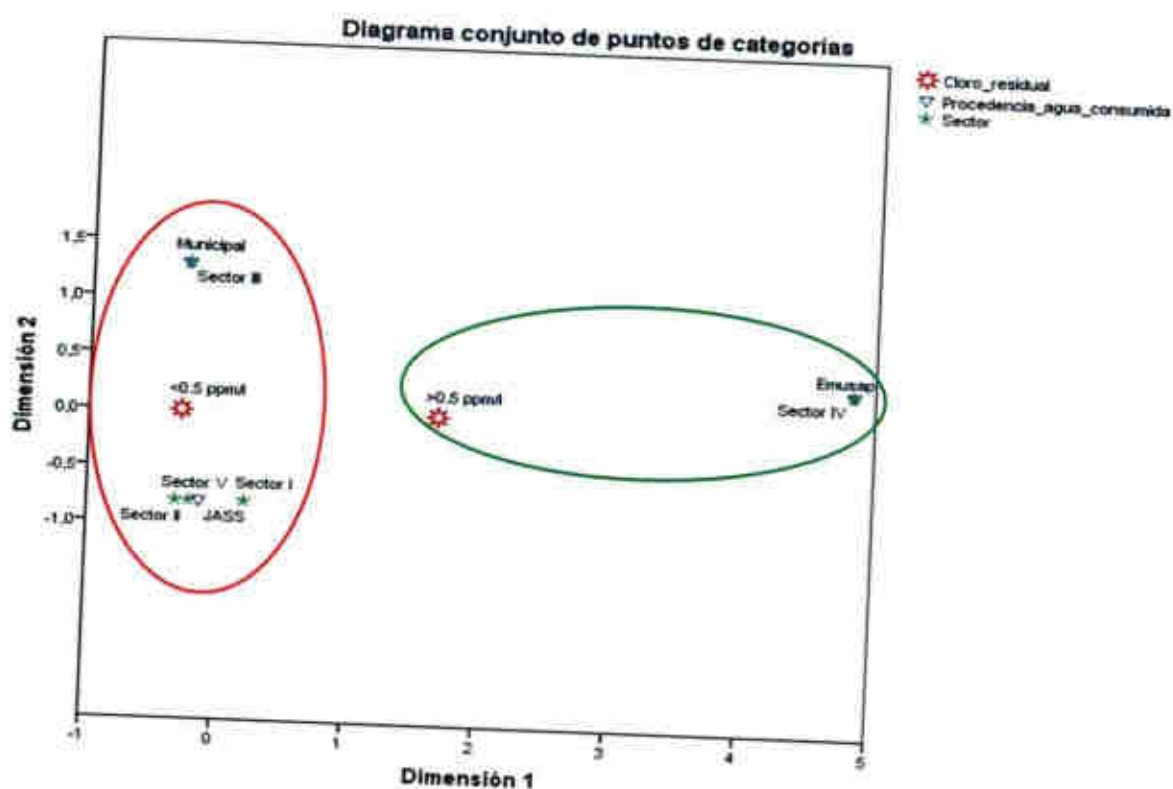
Se realizó el muestreo de agua en 80 piletas domiciliarias correspondientes a los pacientes diagnosticados con EDA en el CLAS-Tamburco, determinándose la cantidad de cloro libre residual (CLR) encontrando que 12 (21%) muestras de agua mostraron valores permisibles ( $>0.5$  ppm/L) y 68 (79%) no permisibles ( $<0.5$  ppm/L) (Tabla 5). Asimismo, el análisis de correspondencia múltiple, nos indica que los sectores I, II, III, V, cuya agua es provista por el Municipio y la Junta de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS), no se encuentra bien clorada ( $<0.5$  ppm/L) y solo el sector IV, cuya agua es provista por Empresa Municipal de Saneamiento y Agua Potable (EMUSAP), estaría cumpliendo con los niveles de cloración permitidos ( $>0.5$  ppm/L) (Tabla 6; Figura 2). Los límites permisibles están establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. En Lima Marchand (2002), encontró valores relacionados al CLR en la forma siguiente: 0 ppm/L (24%), 0.1-0.5 ppm/L (36%), 0.6 – 1 ppm/L (39%) y  $>1$  ppm/L (1%), es otras palabras encontró  $<0.5$  ppm/L (60%) y  $>0.5$  ppm/L (40%), valores que demuestran que lo hallado por nosotros, es común encontrarlos en el Perú.

**Tabla 5.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanizaciones del distrito de Tamburco, clasificadas según su contenido de cloro libre residual (CLR).

Urbanización beneficiaria	Cloro residual			
	>0.5 ppm/L		<0.5 ppm/L	
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila
VAR II	1	25.0	3	75.0
Sahuanay	0	0.0	2	100.0
Pantillay	2	66.7	1	33.3
Maucacalle	1	50.0	1	50.0
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	1	11.1	8	88.9
Mosocpampa	0	0.0	3	100.0
Kerapata	0	0.0	6	100.0
Ccorhuani	1	16.7	5	83.3
Antabamba Alta	0	0.0	4	100.0
Túpac Amaru, Micaela Bastidas y VAR II	1	16.7	5	83.3
Antabamba Baja, Sahuanay y Ccallaspampa	0	0.0	2	100.0
Bancapata Av. Garcilazo	1	25.0	3	75.0
Túpac Amaru, Coronel Gonzales	0	0.0	3	100.0
Miraflores Pasaje Palomino y Prolong. Cusco	0	0.0	6	100.0
Ricardo Palma, Qta Santa Rosa, Santa Isabel, Asoc. Sr. de Huanca, San Lorenzo, Av. Tamburco, Asoc. Virgen del Rosario	1	12.5	7	87.5
Victor Acosta I, Juan Pablo II	2	100.0	0	0.0
Juan Pablo II Parte Baja	1	100.0	0	0.0
San Antonio Alta	0	0.0	2	100.0
San Antonio Baja	0	0.0	2	100.0
San Antonio, Huilcuypata y Mirador	0	0.0	5	100.0
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>21.0</b>	<b>68</b>	<b>79.0</b>

**Tabla 6.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificadas según su contenido de cloro libre residual.

	Cloro libre residual					
	>0.5 ppm/L		<0.5 ppm/L		Total	
	Muestra	% de la fila	Muestra	% de la fila	Muestra	%
Sector I	4	36.4	7	63.6	11	13.8
Sector II	2	7.1	26	92.9	28	35.0
Sector III	3	10.3	26	89.7	29	36.3
Sector IV	3	100.0	0	0.0	3	3.8
Sector V	0	0.0	9	100.0	9	11.3



Alfa de Cronbach = 0.81

**Figura 2.** Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de cloro residual, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM).

**Tabla 7.** Condición del sistema de agua potable por sectores en el distrito de Tamburco

Condición del sistema de agua potable	Sector										Total	
	Sector I		Sector II		Sector III		Sector IV		Sector V			
	F.A.	F.R.	F.A.	F.R.	F.A.	F.R.	F.A.	F.R.	F.A.	F.R.	F.A.	F.R.
Colapsado	0	0.0	12	42.9	9	31.0	0	0.0	0	0.0	21	26.2
Regular	9	81.8	12	42.9	14	48.3	2	66.7	9	100.0	46	57.5
Bueno	2	18.2	4	14.3	6	20.7	1	33.3	0	0.0	13	16.3

F.A.= Frecuencia absoluta; F.R.= Frecuencia relativa

Como se puede apreciar en la Tabla 7, la condición del sistema de agua potable en los sectores II y III es deplorable, le siguen en orden de precariedad los sectores V y I, solo estaría en mejor condición el sector IV y justamente es el que según los análisis de CLR estaría brindando agua potable con un nivel de cloración aceptable. Sin embargo, es necesario aclarar que las diferentes categorías establecidas para la variable condición de sistema de agua potable no están asociadas a los niveles de cloración ( $P > 0.05$ ). Estos resultados están por debajo de lo reportado por el INEI, ENAPRES, ENAHO (2015), respecto a las categorías regular y bueno y por encima de la categoría colapsado.

## 4.2 Coliformes totales y termotolerantes presentes en el agua de consumo humano en el distrito de Tamburco

### 4.2.1. Presencia de coliformes totales en el agua de consumo humano

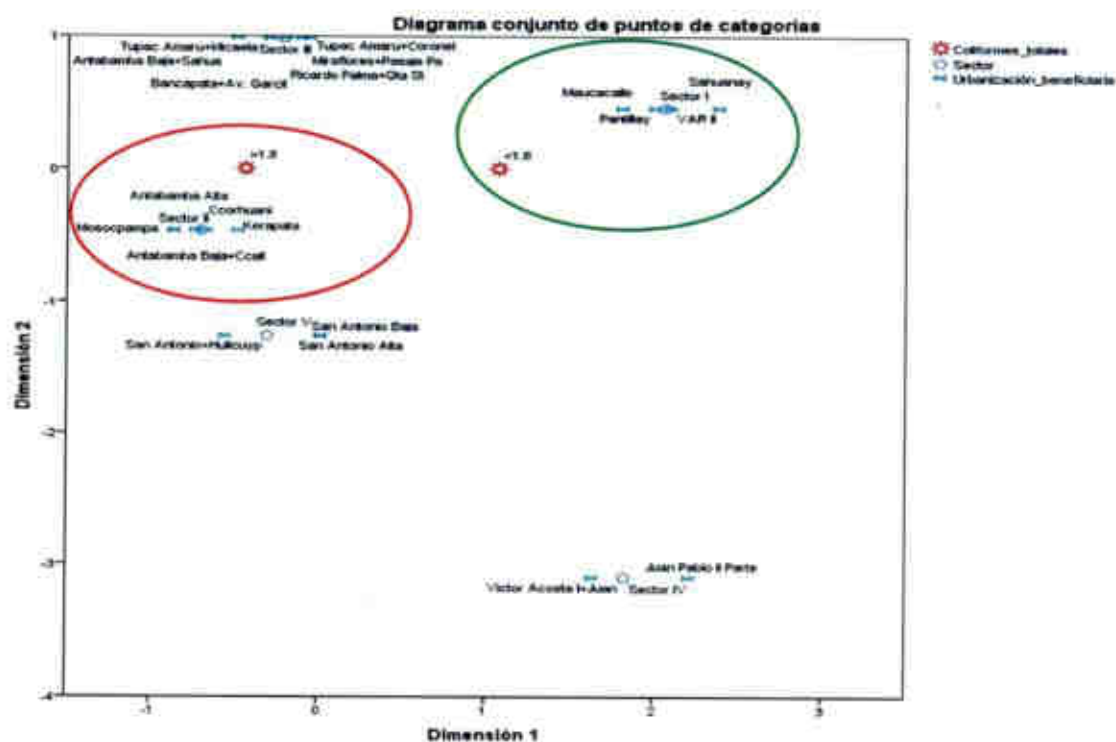
En el total de muestras analizadas se encontró que 57 (63%) resultaron positivas a la presencia de coliformes totales ( $>1.8/100$  ml) y 23 (37%) negativas ( $<1.8/100$  ml) (Tabla 8). Asimismo, el análisis de correspondencia múltiple, nos indica que los sectores II, III, V, están mucho más asociados a la contaminación del agua con coliformes totales ( $>1.8/100$  ml), en cambio los sectores I y IV no lo estarían ( $<1.8/100$  ml) (Tabla 9; Figura 3). Al respecto, podemos mencionar que Bastidas (2009) en el valle de Mariquina, Chile, obtuvo que el 92.4% de las muestras presentaron contaminación con coliformes totales, es decir un 29.4% más. Es más común de lo que parece observar los coliformes totales presentes en el agua (70%) (Marchand, 2002), inclusive que se presente en el 100% de los casos (Estupiñan *et al.*, 2010).

**Tabla 8.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanizaciones del distrito de Tamburco, clasificadas según el número más probable de coliformes totales por 100 ml.

Urbanización beneficiaria	Coliformes totales			
	<1.8 / 100 ml		>1.8 / 100 ml	
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila
VAR II	3	75.0	1	25.0
Sahuanay	2	100.0	0	0.0
Pantillay	2	66.7	1	33.3
Maucacalle	1	50.0	1	50.0
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	1	11.1	8	88.9
Mosocpampa	0	0.0	3	100.0
Kerapata	2	33.3	4	66.7
Ccorhuani	1	16.7	5	83.3
Antabamba Alta	0	0.0	4	100.0
Túpac Amaru, Micaela Bastidas y VAR II	1	16.7	5	83.3
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	0	0.0	2	100.0
Bancapata, Av. Garcilazo	1	25.0	3	75.0
Túpac Amaru, Coronel Gonzales	1	33.3	2	66.7
Miraflores, Pasaje Palomino y Prolongación Cusco	1	16.7	5	83.3
Ricardo Palma, Qta Santa Rosa, Santa Isabel, Asoc. Sr. de Huanca San Lorenzo Av. Tamburco, Asoc. Virg. del Rosario	3	37.5	5	62.5
Victor Acosta I, Juan Pablo II	1	50.0	1	50.0
Juan Pablo II Parte Baja	1	100.0	0	0.0
San Antonio Alta	1	50.0	1	50.0
San Antonio Baja	1	50.0	1	50.0
San Antonio, Huilcuypata y Mirador	0	0.0	5	100.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>37.0</b>	<b>57</b>	<b>63.0</b>

**Tabla 9.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificadas según el número más probable de coliformes totales por 100 ml.

	Coliformes totales				Total	
	<1.8 / 100 ml		>1.8 / 100 ml		Muestra	%
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila		
Sector I	8	72.7	3	27.3	11	13.8
Sector II	4	14.3	24	85.7	28	35.0
Sector III	7	24.1	22	75.9	29	36.3
Sector IV	2	66.7	1	33.3	3	3.8
Sector V	2	22.2	7	77.8	9	11.3



**Figura 3.** Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de coliformes totales, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM).

Relacionando los resultados logrados con los de la Tabla 7, nos lleva a pensar que los sectores I y IV cuyos sistemas de agua potable presentan las mejores condiciones, son los que menos contaminación presentan por coliformes totales.

#### 4.2.2. Presencia de coliformes termotolerantes en el agua de consumo humano

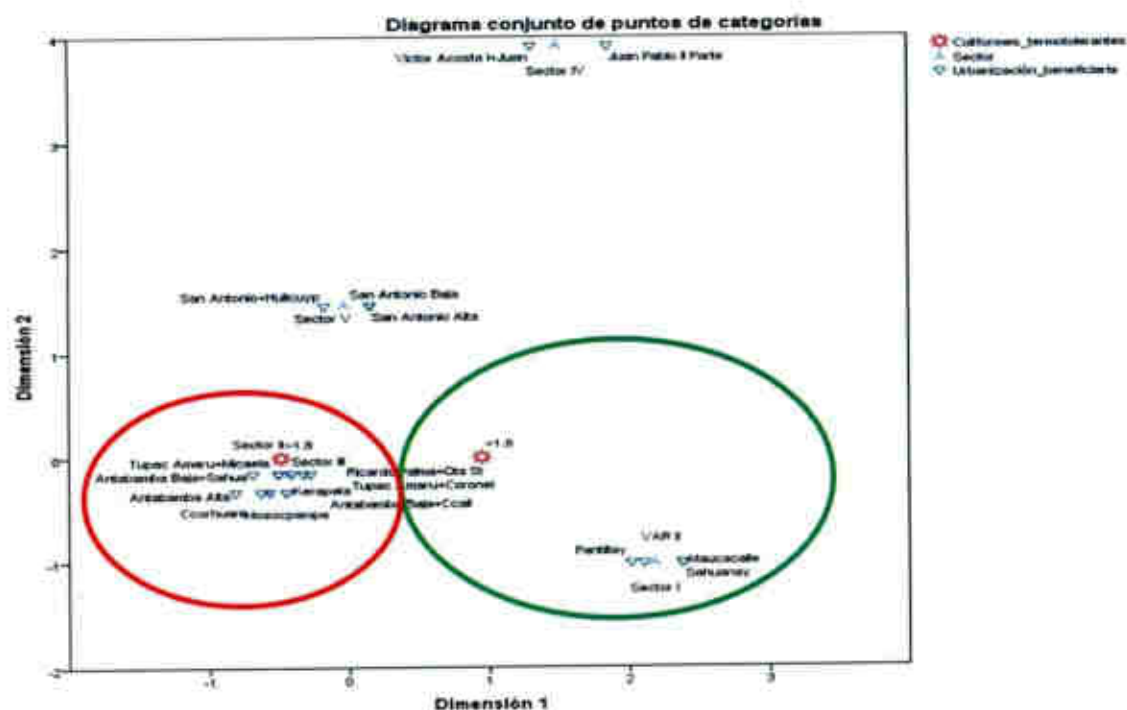
Se obtuvo que del total de muestras analizadas, 53 (58%) resultaron positivas a la presencia de coliformes termotolerantes ( $>1.8/100$  ml) y 27 (42%) negativas ( $<1.8/100$  ml) (Tabla 10). Asimismo, el análisis de correspondencia múltiple, nos indica que los sectores II, III, V, están mucho más asociados a la contaminación del agua con coliformes termotolerantes ( $>1.8/100$  ml), en cambio los sectores I y IV no lo estarían ( $<1.8/100$  ml) (Tabla 11; Figura 4). El análisis estadístico muestra que los sectores están asociados significativamente ( $P<0.05$ ) a los niveles de cloración y el número más probable de coliformes totales y termotolerantes. En otras palabras, los sectores difieren en relación a los niveles de cloración y la contaminación por coliformes totales y termotolerantes. Es necesario aclarar que la modificación de las características físicas y bacteriológicas cambian de acuerdo a la época del año, y es mayor en la época invernal por el incremento de las precipitaciones (Castillo, 2012). En Lima Metropolitana, Marchand (2002), encontró que 52.5% de las muestras analizadas contenían coliformes termotolerantes, lo que es ligeramente menor a lo hallado por nosotros. Aunque también existen zonas donde el porcentaje es mayor como es el caso de la provincia de Valdivia, Chile (59.2%) (Bastidas, 2009).

**Tabla 10.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanizaciones del distrito de Tamburco, clasificadas según el número más probable de coliformes termotolerantes por 100 ml.

Urbanización beneficiaria	Coliformes termotolerantes			
	<1.8 / 100 ml		>1.8 / 100 ml	
	Muestras	Muestras	Muestras	Muestras
VAR II	3	75.0	1	25.0
Sahuanay	2	100.0	0	0.0
Pantillay	2	66.7	1	33.3
Maucacalle	2	100.0	0	0.0
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	2	22.2	7	77.8
Mosocpampa	1	33.3	2	66.7
Kerapata	2	33.3	4	66.7
Ccorhuani	1	16.7	5	83.3
Antabamba Alta	0	0.0	4	100.0
Túpac Amaru, Micaela Bastidas y VAR II	1	16.7	5	83.3
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	0	0.0	2	100.0
Bancapata, Av. Garcilazo	1	25.0	3	75.0
Túpac Amaru, Coronel Gonzales	1	33.3	2	66.7
Miraflores, Pasaje Palomino y Prolongación Cusco	1	16.7	5	83.3
Ricardo Palma, Qta Santa Rosa, Sta Santa Isabel, Asoc. Sr. de Huanca, San Lorenzo, Av. Tamburco, Asoc. Virgen del Rosario	3	37.5	5	62.5
Victor Acosta I, Juan Pablo II	1	50.0	1	50.0
Juan Pablo II Parte Baja	1	100.0	0	0.0
San Antonio Alta	1	50.0	1	50.0
San Antonio Baja	1	50.0	1	50.0
San Antonio, Huilcuypata y Mirador	1	20.0	4	80.0
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>42.0</b>	<b>53</b>	<b>58.0</b>

**Tabla 11.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificadas según el número más probable de coliformes termotolerantes por 100 ml.

	Coliformes termotolerantes					
	<1.8 / 100 ml		>1.8 / 100 ml		Total	
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila	Muestra	%
Sector I	9	81.8	2	18.2	11	13.8
Sector II	6	21.4	22	78.6	28	35.0
Sector III	7	24.1	22	75.9	29	36.3
Sector IV	2	66.7	1	33.3	3	3.8
Sector V	3	33.3	6	66.7	9	11.3



Alfa de Cronbach = 0.80

**Figura 4.** Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de coliformes termotolerantes, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM).

#### 4.3. Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDA) ocasionadas por contaminación del agua con coliformes totales y termotolerantes en el distrito de Tamburco

Se puede observar en la Tabla 13 que fueron 73 (94%) casos de EDA acuosa y 7 (6%) de EDA disintérica diagnosticadas en el CLAS-Tamburco, en un periodo de seis meses. Cada caso dio lugar a una evaluación del agua consumida en el domicilio del paciente, resultando de acuerdo al análisis de correspondencia múltiple que el sector III es el que más se asocia a la EDA disintérica y el resto de sectores a la EDA acuosa ( $P>0.05$ ) (Tabla 14; Figura 5).

Al evaluar los casos de EDA acuosa y disintérica asociado a los parámetros del cloro libre residual, coliformes totales y termotolerantes, está claro que solo se presenta la EDA cuando no se clora bien el agua y la misma está contaminada con coliformes totales y termotolerantes (Tabla 12). Sin embargo, Chiluzza (2015), después de recolectar y analizar muestras coprológicas de 50 personas que consumían agua no potable y tenían diarreas, halló en el 68% de ellas, *E. Coli* y en el resto otras enterobacterias, concluyendo que aunque el agua está contaminada no sería la causante del incremento de la diarrea en la población estudiada.

**Tabla 12.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano respecto al cloro libre residual, coliformes totales y termotolerantes, clasificadas según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada.

Parámetros evaluados		Casos de EDA			
		EDA acuosa		EDA disintérica	
		Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila
<b>Cloro libre residual</b>	>0.5 ppm/L	12	100.0	0	0.0
	<0.5 ppm/L	61	89.7	7	10.3
<b>Coliformes totales</b>	<1.8/100 ml	23	100.0	0	0.0
	>1.8/100 ml	50	87.7	7	12.3
<b>Coliformes termotolerantes</b>	<1.8/100 ml	27	100.0	0	0.0
	>1.8/100ml	46	86.8	7	13.2

Se puede observar en la Tabla 12 que se presenta la EDA acuosa en pacientes que consumen agua bien clorada y que tiene cantidades permisibles de coliformes totales y termotolerantes, no obstante, la cantidad de casos es muy superior cuando no se cumple con los límites permisibles. Esto es más evidente en la EDA disintérica.

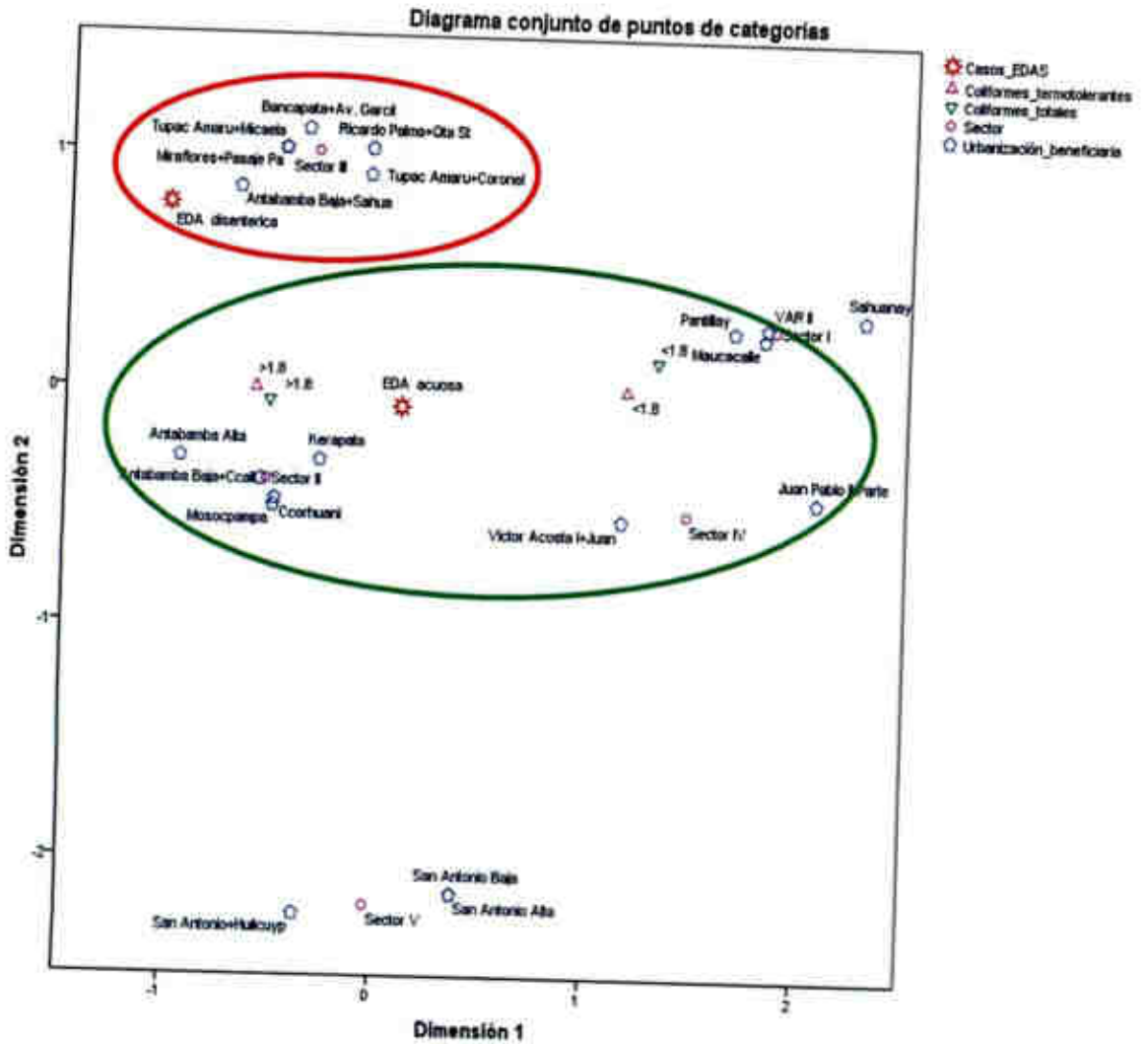
**Tabla 13.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por urbanizaciones del distrito de Tamburco, clasificadas según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada.

Urbanización beneficiaria	Casos de EDAS			
	EDA acuosa		EDA disintérica	
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila
VAR II	4	100.0	0	0.0
Sahuanay	2	100.0	0	0.0
Pantillay	3	100.0	0	0.0
Maucacalle	2	100.0	0	0.0
Antabamba Baja, Ccallaspampa, Sahuanay	8	88.9	1	11.1
Mosocpampa	3	100.0	0	0.0
Kerapata	5	83.3	1	16.7
Ccorhuani	6	100.0	0	0.0
Antabamba Alta	3	75.0	1	25.0
Túpac Amaru, Micaela Bastidas y VAR II	5	83.3	1	16.7
Antabamba Baja, Ccallaspampa y Sahuanay	2	100.0	0	0.0
Bancapata, Av. Garcilazo	3	75.0	1	25.0
Túpac Amaru, Coronel Gonzales	3	100.0	0	0.0
Miraflores, Pasaje Palomino	5	83.3	1	16.7
Prolongación Cusco				
Ricardo Palma, Qta Sta. Rosa, Sta Santa Isabel, Asoc. Sr. de Huanca, San Lorenzo, Av. Tamburco y Asoc. Virgen del Rosario	7	87.5	1	12.5
Víctor Acosta I, Juan Pablo II	2	100.0	0	0.0
Juan Pablo II Parte Baja	1	100.0	0	0.0
San Antonio Alta	2	100.0	0	0.0
San Antonio Baja	2	100.0	0	0.0
San Antonio, Huilcuypata y Mirador	5	100.0	0	0.0
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>94.0</b>	<b>7</b>	<b>6.0</b>

Del análisis de los datos recabados resulta que la EDA solo se asocia estadísticamente a la presencia de coliformes termotolerantes ( $P < 0.05$ ). Los coliformes termotolerantes están asociados a los coliformes totales ( $P < 0.05$ ) y la ausencia de ambos tipos de bacterias en el agua de consumo humano depende de realizar una buena cloración ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 14.** Número y porcentaje de muestras de agua de consumo humano por sectores del distrito de Tamburco, clasificadas según el tipo de enfermedad diarreica aguda (EDA) diagnosticada.

	Casos de EDA					
	EDA acuosa		EDA disentérica		Total	
	Muestras	% de la fila	Muestras	% de la fila	Muestra	%
Sector I	11	100.0	0	0.0	11	13.8
Sector II	25	89.3	3	10.7	28	35.0
Sector III	25	86.2	4	13.8	29	36.3
Sector IV	3	100.0	0	0.0	3	3.8
Sector V	9	100.0	0	0.0	9	11.3



Alfa de Cronbach = 0.75

**Figura 5.** Ubicación de los sectores del distrito de Tamburco según la evaluación de enfermedades diarreicas agudas acuosas y disentéricas, mediante el análisis de correspondencia múltiple (ACM).

#### 4.4 Análisis de algunas características relacionadas con la potabilización del agua y las enfermedades diarreica agudas.

Como se mencionó líneas arriba cuando se realiza una buena cloración del agua de consumo humano se estaría asegurando que los coliformes totales y termotolerantes sean eliminados, no obstante, también es importante cumplir con otros requisitos que determinan que la potabilización del agua sea una realidad en el distrito de Tamburco. Considerando esto se realizó una encuesta a los 80 pacientes evaluados, para describir otras características relacionadas con el agua potable, teniendo como resultados, de acuerdo a la predominancia relativa lo siguiente: la condición de los sistemas del agua potable es regular (57.5%), existe presencia de excrementos a 25 metros del sistema de agua potable (51.3%), el sexo de los pacientes afectados con EDA son hombres (53.8%) y su edad está entre 1 a 4 años (32.5%), el agua procede de la Junta de Administración de Servicios de Agua (60%), el medio de conducción del agua es por tubería (91.3%), disponen de agua en forma permanente (66.3%), se hierve el agua antes de su consumo (58.8%), la captación del agua es directamente del grifo (66.3%), no está capacitado sobre el buen uso del agua (68.8%), tuvo diarrea 4 a 6 veces en los últimos seis meses (16.3%), la duración de la diarrea está dentro de 1 a semanas (76.3%) (Tabla 16, anexo). De acuerdo al análisis de correspondencia múltiple se tiene que la **diarrea disintérica** se asocia más con los pacientes en una edad comprendida entre <1 a 4 años y de sexo femenino, presencia de excremento a 25 metros del sistema de agua potable, sistema de agua potable colapsado, cuando el paciente no está capacitado en el buen uso del agua e

inclusive cuando se hierva el agua. En cambio la **diarrea acuosa** está asociada más con los pacientes en una edad comprendida entre 5 a >10 años y de sexo masculino, cuando el sistema de agua potable es regular o bueno y los pacientes están capacitados en el buen uso del agua, además, cuando no hay presencia de excremento a 25 metros del sistema de agua potable. El medio de conducción de agua mediante tanquero, el proveedor del agua EMUSAP y la cloración del agua, serían los posibles factores que evitarían la presentación de EDAS (Figura 6).



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1 La cloración del agua de consumo humano en los sectores I (VAR II, Sahuanay, Pantillay), II (Maucacalle, Antabamba Baja, Ccallaspampa Alta, Sahuanay Alta, Mosocpampa, Kerapata, Ccorhuani, Antabamba Alta), III (Túpac Amaru, Micaela Bastidas, VAR II, Sahuanay Baja, Ccallaspampa Baja, Bancapata, Av. Garcilazo, Coronel Gonzales, Miraflores, Pasaje Palomino, Prolongación Cusco, Ricardo Palma, Quinta Santa Rosa, Señorita Santa Isabel, Señor de Huanca, San Lorenzo, Av. Tamburco, Virgen del Rosario) y V (San Antonio Alta, San Antonio Baja, San Antonio, Huilcuypata, Mirador) del distrito de Tamburco, es deficiente.
- 5.2 La presencia de los coliformes totales y termotolerantes en el agua de consumo está asociada, y son los sectores II, III y V del distrito de Tamburco, los que muestran un mayor porcentaje de contaminación del agua por estas bacterias, debido a una deficiente cloración.
- 5.3 La EDA en el distrito de Tamburco se presenta cuando no se clora bien el agua y la misma está contaminada con coliformes totales y termotolerantes.
- 5.4 El único proveedor de agua que no registra problemas respecto a la cloración del agua en el distrito de Tamburco es la Empresa Municipal de Saneamiento y Agua Potable (EMUSAP).

## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Realizar la evaluación de la cantidad de coliformes totales y termotolerantes presentes en el agua de consumo humano, en las diferentes estaciones del año, incluyendo de esta forma un mayor número de casos clínicos y variables ambientales (temperatura y humedad).
- 6.2 Es muy probable que el agua de consumo humano en toda la región este mal clorada y contaminada con coliformes totales y termotolerantes, por lo cual sería necesario que el Ministerio de Salud, financie un estudio de mayor envergadura, que incluya todas las provincias de la región Apurímac.
- 6.3 La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac tiene como fin mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la región, por lo tanto, debería de liderar los procesos de mejora tecnológica en el tratamiento de agua y diseño de modelos de capacitación sobre el cuidado del agua para lograr un mayor y mejor impacto en la población apurimeña.
- 6.4 El Gobierno Regional de Apurímac, en el marco de sus lineamientos y políticas, sería recomendable que difunda este tipo de estudios y otros que vienen realizando los egresados de la UNAMBA.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADSA-MICRO, 1981. Medios de cultivo para microbiología. Vorquímica S.L. Barcelona. España.
2. 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.
3. Apella, C.; Araujo, P., 2005. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Universidad Nacional de Tucumán Centro de Referencia para Lactobacilos y Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.  
En:[https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02\\_Capitulo\\_02.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf) (Consulta: 17-8-2017).
4. Arcos, M.; Ávila, S.; Estupiñán, S.M.; Gómez, A.C., 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA – Publicación, Vol. 3 (4): 1-116.
5. Aurazo de Zumaeta, M., 1993. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Identificación y cuantificación de enteroparásitos en aguas residuales. CIID-CEPIS. Lima, Perú. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/029706.pdf> (Consulta: 17-8-2017).
6. Bastidas, L.M.P., 2009. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua del pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Tesis de la Facultad de Ciencias Veterinarias.

Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria.

7. Bazzoli, N., 1993. O Uso da desinfecção no combate à cólera. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas. (Mimeo.)
8. Beltrán, J., 2002. Guía de parasitismo intestinal, Lima, Perú.
9. Braunwald, E., 2005. Harrison: Principios de medicina interna. Ed. McGraw-Hill / Interamericana, México.
10. Castillo, I., 2012. Evaluación físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del Municipio de La Concordia durante cinco semanas de abril y junio del año 2013. Tesis de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua “UNAN-Managua”.
11. Castro, M., 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. Estupiñán, S.M.; Avila, S.L.; Celeita, D.P.; Martínez, E., 2010. Control bacteriológico del agua de la red de distribución “acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol” en San Antonio de Tequendama. NOVA publ. cient; 8(14), jul.-dic.
13. Girbau, G., 2002. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Ed. Masón. Barcelona. España.
14. COMURSABA, 2016. Informes del Comité Multisectorial Regional de Saneamiento Básico Apurímac. Apurímac, Perú.

15. Cutimbo, C., 2012. Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna. Tesis de la Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.
16. Chiluiza, M., 2015. Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la Parroquia de Pasa del Cantón Ambato en el periodo diciembre 2014 mayo 2015. Tesis de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
17. Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, Lima, Perú.
18. EMAPA, 2013. Datos obtenidos de registros técnicos, materiales. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato. pp 10-12.
19. Hayes, 1993. Microbiología e higiene de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza España.
20. Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P., 2010. Metodología de la investigación. 5ta Edición. McGraw-Hill. México.
21. H.G.D.V., 2013. Análisis de la situación de salud 2012. Hospital Guillermo Díaz de la Vega, Dirección Regional de Salud Apurímac, MINSA-Perú.
22. INEI, ENAPRES, ENAHO, 2015. Encuesta nacional de hogares de consumo de agua potable. En: [www.inei.gob.pe/estadisticas/encuestas/](http://www.inei.gob.pe/estadisticas/encuestas/) (Consulta: 17-8-2017).

23. INS, 2009. Protocolo de vigilancia y control de mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años. Nota técnica. Colombia.
24. Koneman, E.; Winn, W.; Allen, S.; Janda, W.; Procop, G.; Schreckenberger, P.; Woods, G., 2006. Diagnóstico microbiológico. Texto y atlas en color. 6a edición Ed. Médica Panamericana. Madrid, España.
25. García, A., 2011. Proyecto educativo sobre consumo de agua segura dirigido a las familias de la comunidad Los Tillales Parroquia Sucre. Cantón 24 de Mayo. Provincia de Manabí. 2011. Tesis de la Facultad de Salud Pública. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Ecuador.
26. GADMA, 2012. Diagnóstico territorial – Plan Ambato 20/20, (3): 140-151. Ambato, Ecuador.
27. Gómez, R., 1995. Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
28. Kliegman, R.; Behrman, R.; Jenson, H., 2016. Tratado de Pediatría. 20va. Edición. Ed. Elsevier. España.
29. Manafi, M., 1998 New approaches for the fast detection of indicators, in particular enzyme detection methods (EDM). In OECD Workshop Molecular Methods for Safe Drinking Water, Interlaken 1998, Proceedings. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, pp. 1 –16.
30. Marchand, E., 2002. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. Tesis de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor san Marcos, Lima, Perú.

31. MINSA, 2014. Boletín epidemiológico. Dirección General de Epidemiología, volumen 9, N° 01 hasta SE.N°04-2016. Lima, Perú.
32. MINSA, 2015. Plan de comunicaciones. Prevención de enfermedades diarreicas agudas (EDA) y cólera 2015. En:  
<https://www.minsa.gob.pe/portada/Especiales/2015/lavado2015/matcom/plan-comunicacional-lavado2.pdf> (Consulta: 17-8-2017).
33. Molina, L., 2015. Escherichia coli, diarrogénica. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. En:  
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/bacteriologia/escherichia-coli.html> (Consulta: 17-8-2017).
34. Moposita, A.D., 2015. Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la Parroquia de Pasa del Cantón Ambato en el periodo diciembre 2014 - mayo 2015. Tesis de la Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
35. Murray, P.; Rosenthal, K.; Pfaller, M.A., 2013. Microbiología médica. Ed. Elsevier S.A., España.
36. Moposita, C., 2015. Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la Parroquia de pasa del Cantón Ambato en el periodo Mayo 2015, Ecuador.
37. Motte, L., 2013. Análisis físico, químico y biológico de la cuenca hidrológica del Río San Rafael y su posible relación con el impacto ecológico ocasionado por la actividad

- Piñera aldeaña, comunidad la Rita Guápiles, Pococí, Limón. Tesis de la Universidad de Costa Rica.
38. Navidi, W., 2006. Estadística para ingenieros y científicos. Ed. Mc Graw Hill/Interamericana. México.
39. OMS, 1996. Guías para la calidad del agua de bebida y control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Publicación Científica. Lima, Perú.
40. OMS, 2010. Enfermedades diarreicas. Nota Descriptiva. En:  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/> (Consulta: 17-8-2017).
41. Oviedo, H.C.; Campo, A., 2005. Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. Rev. Colomb. Psiquiatria, 34(4):572-579.
42. OPS, 1988. Guías para la calidad del agua potable. Publicación Científica 508. Washington, Estados Unidos.
43. Pino, N.; Tejeda, O.; Chávez, Z. 2010; Rapado, M., 2010. Enfermedad diarreica aguda y su relación con la calidad del agua de consumo. Bejucal 2003-2007. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 9 (4): 473-479.
44. Prats, G., 2006. Microbiología clínica. Editorial Médica Panamericana, S.A. Madrid.
45. Quino, E.G., 2011. Tecnología satelital para controlar el agua. Revista de Información, Tecnología y Sociedad, Vol. 6, pp. 51-54.
46. Red de Salud de Lima, 2016. Vigilancia de enfermedades diarreicas agudas. Boletín epidemiológico. Vol. 9, N°5.  
En: <https://www.rslc.gob.pe/Descargas/Epidemiologia/Boletin/2016/Boletin-N-05->

- 2016.pdf (Consulta: 17-8-2017).
47. Red de Salud de Abancay, 2015. Boletín epidemiológico. Semana 28. En: <http://www.reddesaludabancay.gob.pe/webabancay/imagenes/Boletin%202015%.pdf> (Consulta: 17-8-2017).
48. Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, L.S.; Clesceri, L.S., 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Estados Unidos de Norte América.
49. Román, E.; Barrio, J.; López, J., 2010. Diarrea aguda. Protocolos diagnóstico-terapéuticos de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica SEGHNP-AEP, Ed. Ergón. 2da Edición. pp. 11-20.
50. Rojas, R., 2002. Guía para la vigilancia y control de calidad del agua para consumo humano. Organización Panamericana de la Salud-Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú.
51. UN, 2015. La implementación de mejoras para el agua, saneamiento e higiene (WASH). Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). En: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/02\\_wash\\_esp\\_webs.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/02_wash_esp_webs.pdf) (Consulta: 17-8-2017).

52. Vilca, R., 1998. Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano de la Población de los Distritos de la Provincia de Huamanga – Ayacucho 1997. Tesis Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional San Cristóbal Huamanga (UNSCH). Ayacucho, Perú.

## ANEXOS

**Ficha 1.** Cuestionario realizado a los pacientes con diagnósticos clínicos de EDAS y usuarios de agua de consumo humano en distrito de Tamburco, 2016.

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Datos del paciente:

Edad: ----- Sexo: -----

Procedencia: ----- Fecha: -----

### Cuestionario 1

- 1) ¿De qué institución proviene el agua de consumo humano en distrito de Tamburco?
  - a) EMUSAP
  - b) JASS
  - c) Municipio
- 2) ¿Cómo es conducida el agua a su casa?
  - a) Tubería
  - b) Tanquero
- 3) ¿En qué forma el agua está disponible?
  - a) Permanente
  - b) Racionalizada
- 4) ¿Realiza algún proceso de tratamiento adicional del agua en domicilio?
  - a) Clora el agua
  - b) Hierve el agua
  - c) Filtra el agua
  - d) Ninguna

- 5) ¿Alguna vez fue capacitado sobre cómo tratar el agua de manera casera?
- a) Si                      b) No
- 6) ¿De dónde utiliza el agua para beber o cocinar?
- a) Directo del grifo    b) Del lugar de almacenamiento
- 7) ¿En los últimos 6 meses, cuantas veces se enfermó con diarrea?
- a) 1 a 4 veces
- b) 4 a 6 veces
- c) 6 a 9 veces
- d) +10 veces
- 8) ¿Si presentó diarrea, cuantos días duró?
- a) 1 a 2 semanas
- b) Más de 4 semanas
- 9) ¿Existen excrementos en un radio de 25 metros de la captación y reservorio?
- a. Si                              b. No
- 10) ¿En qué estado se encuentra el sistema de agua potable en el distrito de Tamburco?
- a) Bueno            b) Regular    c) Colapsado
- 11) ¿En alguna ocasión tuvo diarrea después de ingerir alimento o agua?
- a) Siempre
- b) A veces
- c) Nunca

**Tabla 15.** Resultados por método Numero Más Probable por tubos múltiples < 1.8 /100 ml.

Numero de muestras	Método Numero Más Probable ( MNP)				
	Coliformes Totales/100 ml	Coliformes Fecales/100 ml	Numero de muestras	Coliformes Totales/100 ml	Coliformes Fecales/100 ml
1	1100	1100	41	7,00	<1.8
2	<1.8	<1.8	42	>1600	1100,00
3	460,00	150,00	43	2,00	14,00
4	21,00	58,00	44	4,00	<1.8
5	<1.8	<1.8	45	<1.8	130,00
6	17,00	1,80	46	4,00	<1.8
7	22,00	9,10	47	3,00	8.2
8	1.8	<1.8	48	<1.8	<1.8
9	210	120,00	49	22,00	21,00
10	5.5	6,00	50	<1.8	<1.8
11	<1.8	<1.8	51	26	40
12	11,00	11,00	52	<1.8	<1.8
13	23,00	9,00	53	9,00	4,00
14	43,00	43,00	54	<1.8	<1.8
15	9,00	9,00	55	1600,00	920,00
16	23	23,00	56	<1.8	<1.8
17	13,00	17,00	57	280,00	140,00
18	84,00	<1.8	58	<1.8	<1.8
19	150,00	150,00	59	43,00	43,00
20	1,80	430,00	60	<1.8	<1.8
21	4,00	4,00	61	1100,00	1100,00
22	<1.8	<1.8	62	<1.8	<1.8
23	14,00	14,00	63	33,00	33,00
24	21,00	21,00	64	13,00	<1.8
25	20,00	15,00	65	4.5	24,00
26	150,00	43,00	66	21	23,00
27	3,00	3,00	67	<1.8	<1.8
28	<1.8	<1.8	68	8.1	13,00
29	43,00	23,00	69	49,00	26,00
30	<1.8	<1.8	70	540,00	47,00
31	10,00	26,00	71	<1.8	<1.8
32	20,00	14,00	72	13,00	3,00
33	<1.8	<1.8	73	44,00	18,00
34	20,00	11,00	74	7,00	4,00
35	7,00	3,00	75	<1.8	<1.8
36	<1.8	<1.8	76	43,00	43,00
37	<1.8	5.5	77	<1.8	<1.8
38	43,00	43,00	78	920,00	920,00
39	9,00	<1.8	79	79,00	22,00
40	<1.8	3.6	80	130	11,00

**Tabla 16.** Características del sistema de agua potable respecto a los casos de enfermedades diarreicas agudas en el distrito de Tamburco - 2016

Características del sistema de agua potable		Casos de EDA				Total	
		EDA acuosa		EDA disintérica		Muestra	%
		Muestra	% de la columna	Muestra	% de la columna		
Condición del sistema de agua potable	Colapsado	19	26.0	2	28.6	21	26.3
	Regular	43	58.9	3	42.9	46	57.5
	Bueno	11	15.1	2	28.6	13	16.3
Presencia excremento 25 metros del sistema	Sí	36	49.3	5	71.4	41	51.3
	No	37	50.7	2	28.6	39	48.8
Sexo del paciente	Masculino	37	50.7	6	85.7	43	53.8
	Femenino	36	49.3	1	14.3	37	46.3
Edad del paciente	<1 año	7	9.6	1	14.3	8	10.0
	1-4 años	25	34.2	1	14.3	26	32.5
	5-9 años	18	24.7	4	57.1	22	27.5
	10 a mas	23	31.5	1	14.3	24	30.0
Procedencia de agua consumida	EMUSAP	3	4.1	0	0.0	3	3.8
	JASS	45	61.6	3	42.9	48	60.0
	Municipal	25	34.2	4	57.1	29	36.3
Medio de conducción agua	Tubería	66	90.4	7	100.0	73	91.3
	Tanquero	7	9.6	0	0.0	7	8.8
Disponibilidad de agua	Permanente	48	65.8	5	71.4	53	66.3
	Racionalizada	25	34.2	2	28.6	27	33.8
Tratamiento adicional de agua	Clora el agua	22	30.1	1	14.3	23	28.8
	Hierve el agua	42	57.5	5	71.4	47	58.8
	Filtra el agua	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Ninguna	9	12.3	1	14.3	10	12.5
Captación de agua en el hogar	Directo del grifo	48	65.8	5	71.4	53	66.3
	De almacenamiento	23	31.5	2	28.6	25	31.3
	Otro	2	2.7	0	0.0	2	2.5
Capacitación para el buen uso del agua	No	49	67.1	6	85.7	55	68.8
	Sí	24	32.9	1	14.3	25	31.3
Diarrea últimos 6 meses	1 a 4 veces	1	1.4	1	14.3	2	2.5
	4 a 6 veces	10	13.7	3	42.9	13	16.3
	6 a 9 veces	2	2.7	0	0.0	2	2.5
	Más 10 veces	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Duración de la diarrea	1 a 2 semanas	54	74.0	7	100.0	61	76.3
	Más de 4 semanas	19	26.0	0	0.0	19	23.8



# 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;



Figura 7.1 Decreto Supremo N° 031-2010-SA emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011, que aprueba el reglamento de la calidad del agua para el 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. Alce R.



E. CRUZ S.

**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.

**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. LAMI CH.



ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE URBIZU  
Ministro de Salud  
JUAN SARRIENTO BOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Figura 7.2. Decreto Supremo N° 031-2010-SA emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú 2011, que aprueba el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.



GOBIERNO REGIONAL APURIMAC

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD APURIMAC

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



AGUA LIMPIA

### VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PVICA MONITOREO DE CLORO RESIDUAL

Red: Abasco Provincia: Abasco Localidad: Apollón - Salsipueda  
 EE SS: 15-1-2017 Distrito: Tambora N° Conexiones: \_\_\_\_\_  
 Responsable: Miguel Duran S población usuaria: 40 Mes: Agosto

N°	Fecha	Hora	Nombre del Sistema	Punto de Muestras	Nombre del usuario	Dirección	Punto de los Muestras		Muestra Microb N°	Continuidad Horas (las)	Firma y DNI del Usuario
							> 0.50 ppm/l	> 0.01 ppm/l			
1	27/8/17	8:30	Pedillon	Punto de muestra	Donato Alvarado	Pedillon - Salsipueda	0.0	0.0			[Firma]
2	28/8/17	9:30	Las Chichas Pucallpa	Manzana	Demetrio Castro	Las Chichas	1.0	0.0			[Firma]
3	28/8/17	10:15	Horizayuc	Punto de muestra	Antonio Cepa Al Castillo	Horizayuc	0.0	0.0			[Firma]
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Observaciones: Llenar esta ficha en forma mensual por cada sistema de agua y remitir a DESA.  
 Puntos de Muestra: Deberá ser reportados hasta las conexiones domiciliarias.

Firma de Responsable

Firma del personal de campo

Figura 8. Hoja de vigilancia de la calidad de agua de consumo humano (PVICA) y monitoreo de cloro residual.





# CADENA DE CUSTODIA

## MUESTRA DE AGUA PARA LABORATORIO DE SA



SOLICITANTE: MINSA - EE.SS. ( ) INSTITUCIONES - ONGs ( ) Terceros ( ) JASS ( )

DEPARTAMENTO Ayacucho PROVINCIA Ayacucho DISTRITO Tamburuho  
 MUNICIPIO Nuevo Sulpicio E.S. C. Tamburuho  
 NOMBRE DEL MUESTREADOR Nigel Antonio Rodriguez

N°	COD LAS	LOCALIDAD	DISTRITO	ORIGEN DE LA FUENTE		NOMBRE DEL SISTEMA	PUNTO DE MUESTREO	CLORO RESIDUAL	FECHA Y HORA DEL MUESTREO	FECHA Y HORA DE ENTREGA AL LABORATORIO	TIPO DE ANALISIS		
				A.S.T.	A.S.						FISICO QUIMICO	METALES	BACTER
1		Nuevo Sulpicio	Tamburuho	X		SAP	puerto	2.0	27/12/16 HORA 8:20	11 HORA			X
2		Nuevo Sulpicio	Tamburuho	X		SAP	puerto	2.0	27/12/16 HORA 8:40	11 HORA			X
3		Nuevo Sulpicio	Tamburuho	X		SAP	puerto	2.0	27/12/16 HORA 11:20	11 HORA			X
4						SAP			11 HORA	11 HORA			
5						SAP			11 HORA	11 HORA			
6						SAP			11 HORA	11 HORA			

MUESTRA RECIBIDA		OBSERVACIONES:
A. Condición del Recipiente	Buena ( ) Mala ( )	
B. Muestra dentro del periodo	SI ( ) NO ( )	
C. Conservación de la Muestra	Ambiente ( ) Refrigerado ( )	

LEYENDA: (AS) Agua Superficial (AS) Agua Subterránea (AR) Agua de Río (AL) Agua de Lago (ACR) Agua de Canal de Riego (AT) Aguas Termales

Nigel Antonio Rodriguez  
Entregado por



[Signature]  
V.B. Jefe Inmediato

NOTA: Las muestras de agua se almacenarán en Coolers con refrigerantes de F<sub>22</sub> a 10° y ser entregadas al Laboratorio de la DESA antes de las 24 horas, después de la toma de muestra.

Figura 9. Hoja de cadena de custodia de agua de consumo humano y monitoreo de cloro residual.



## FOTOGRAFÍAS



**Figura 11.** Evaluación clínica del paciente con EDA, Centro de Salud Tamburco.



**Figura 12.** Realización de encuesta de agua de consumo humano, posterior al diagnóstico de EDA, Centro de salud Tamburco.



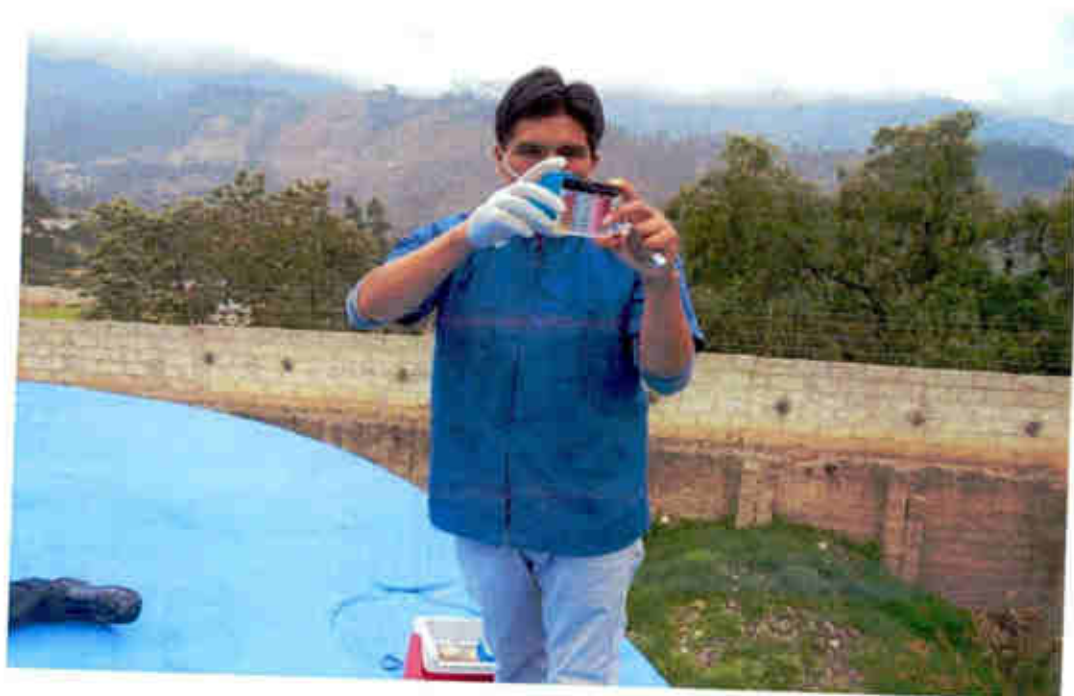
**Figura 13.** Encuesta al usuario de agua de consumo humano frente al Colegio Valer Pinto, distrito de Tamburco.



**Figura 14.** Medición de cloro libre residual y posterior toma de muestra en urbanización Señor de Huanca, distrito de Tamburco.



**Figura 15.** Toma de muestra en la captación Huaranguyuc – Maucacalle, Tamburco.



**Figura 16.** Medición de cloro libre residual y toma de muestra del reservorio, localidad de Antabamba baja, distrito de Tamburco.



**Figura 17.** Medición de cloro residual y posterior toma de muestra de pileta domiciliaria, en sector Bancapata, distrito de Tamburco.



**Figura 18.** Captación en la comunidad de Ccallaspampa, distrito de Tamburo, en estado de abandono.



**Figura 19.** Estado crítico y en abandono del sistema de captación en la comunidad de Ccallaspampa, distrito de Tamburco.



**Figura 20.** Estado crítico y en abandono del sistema de reservorio en la comunidad de Maucacalle, distrito de Tamburco.



**Figura 21.** Preparación de materiales para procesamiento de muestras.



**Figura 22.** Esterilización de materiales para el procesamiento de muestras de agua de consumo humano en el Laboratorio de la Dirección Regional de Salud Ambiental.



**Figura 23.** Pesaje de Sulfato de Laurilo, Brilla y EC para enriquecimientos de medios de cultivos.



**Figura 24.** Mezclado de Sulfato de Laurilo con agua destilada.



**Figura 25.** Homogeneización y calentamiento de caldo de cultivo.



**Figura 26.** Pipeteo del caldo de cultivo de Sulfato de Laurilo y distribución a tubos de ensayos de 10 ml.



**Figura 27.** Proceso de preparación de caldo de cultivo.



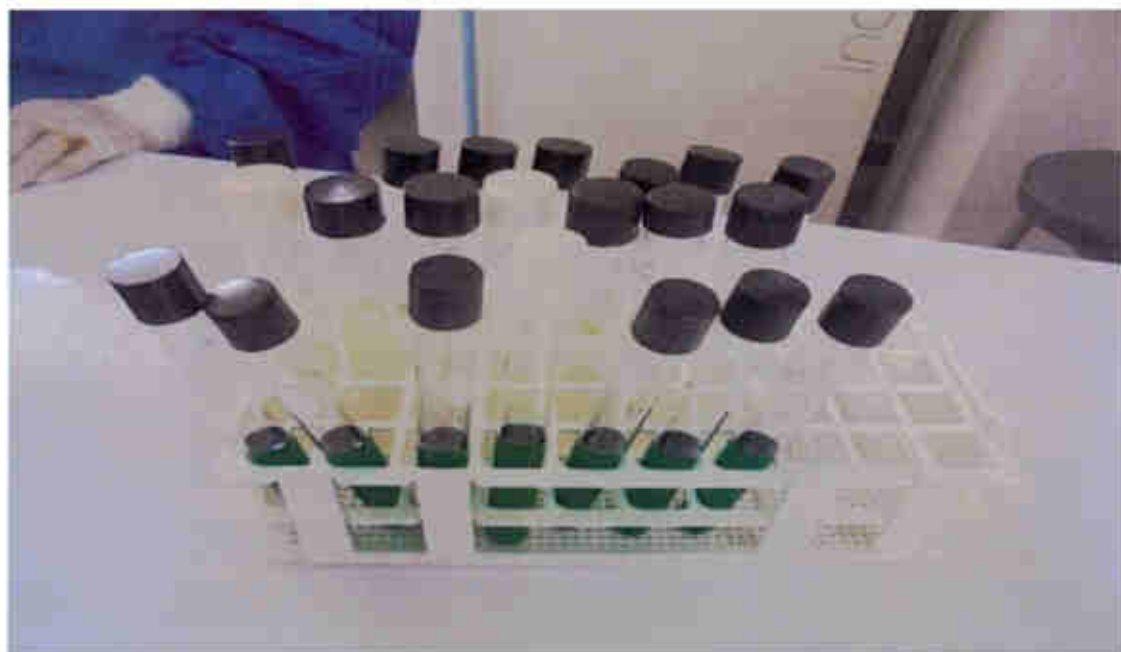
**Figura 28.** Esterilización de caldo de cultivo en autoclave húmedo.



**Figura 29.** Mezcla de las muestras de agua de consumo humano y el caldo de cultivo de SLT.



**Figura 30.** Combinación de muestras de caldo Sulfato de Laurilo y agua de consumo humano para indicar la presencia presuntiva de la bacteria y su viabilidad.



**Figura 31.** Combinación de muestras selectivas de caldo Sulfato de Laurilo, caldo de Brilla y caldo EC, para confirmar la presencia de coliformes totales y termotolerantes.



**Figura 32.** Tubos de ensayo con gas que confirman la presencia de coliformes totales y termotolerantes positivos.