

## Microorganismos patógenos en sistemas de abastecimiento de agua para consumo de asentamientos humanos, Ucayali 2019

### Pathogenic microorganism in water supply systems for consumption of human settlements, Ucayali 2019

Nelly Graciela Tafur Flores<sup>1</sup>, Eldalaine Torres Vargas<sup>1</sup>, Isabel Esteban Robladillo<sup>1</sup>, Jenny Paola Zeña Rubio<sup>1</sup> y Paul Kevin Reátegui Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Callería, Ucayali, Perú. Email: nelly\_tafur@unu.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5833-9045>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Callería, Ucayali, Perú. Email: eldalaine\_torres@unu.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6786-0975>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Callería, Ucayali, Perú. Email: isabel\_esteban@unu.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7523-6654>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Callería, Ucayali, Perú. Email: jenny\_zeña@unu.edu.pe. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8531-7976>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Callería, Ucayali, Perú. Email: paulreateguiramos@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-8107>

#### Resumen

El objetivo del presente estudio fue identificar la presencia de microorganismos patógenos en sistemas de abastecimiento de agua para consumo de asentamientos humanos en la ciudad de Pucallpa, región Ucayali. Para la recolección de datos se utilizó el “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano”, en el marco del Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025. Se analizó muestras de 12 sistemas de abastecimiento de agua, con 3 repeticiones por sistema de agua. Como resultado se identificó bacterias coliformes fecales en el 66% de los sistemas en rangos desde 2 UFC/100 ml hasta 31 UFC/100 ml, Coliformes termo tolerantes en el 25% de los sistemas en rangos de 2 UFC/100 ml hasta 5 UFC/100 ml, E.coli en el 25 % de los sistemas en rangos de 1 UFC/100 ml hasta 2 UFC/100 ml, *Salmonella spp.* en el 8.3 % de los sistemas en rangos de 1 UFC/100 ml. Sin embargo, no se identificó presencia de *Legionella spp.*, *Pseudomonas aureginosa* y *Vibrio Cholerae* en los sistemas. En el 100% de los sistemas no se identificó presencia de Protozoos y Helmintos. Se concluye que el 66.6% de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, presentan microorganismos patógenos en el agua destinada para el consumo y uso de la población a servir de los asentamientos humanos, por consiguiente, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”.

**Palabras clave:** Microorganismo, Patógenos, Agua, Protozoos, Helmintos.

#### Abstract

The objective of this study was to identify the presence of pathogenic microorganisms in water supply systems for consumption in human settlements in the city of Pucallpa, Ucayali region. For data collection, the "Protocol of procedures for sampling, preservation, conservation, transport, storage and reception of water samples for human consumption" was used, within the framework of the Quality Management System - NTP ISO/ IEC 17025. Samples from 12 water supply systems were analyzed, with 3 replications per water system. As a result, fecal coliform bacteria were identified in 66% of the systems in ranges from 2 CFU/100 ml to 31 CFU/100 ml, Thermo-tolerant coliforms in 25% of the systems in ranges from 2 CFU/100 ml to 5 CFU. /100 ml, E.coli in 25% of the systems in ranges from 1 CFU/100 ml to 2 CFU/100 ml, *Salmonella spp.* in 8.3% of the systems in ranges of 1 CFU/100 ml. However, the presence of *Legionella spp.*, *Pseudomonas aureginosa* and *Vibrio Cholerae* was not



identified in the systems. In 100% of the systems, the presence of Protozoa and Helminths was not identified. It is concluded that 66.6% of the water supply systems evaluated, present pathogenic microorganisms in the water destined for the consumption and use of the population to serve human settlements, therefore, they do not comply with the Maximum Permissible Limits established in the DS.031-2010-DIGESA "Regulation of the quality of water for human consumption".

**Keywords:** Microorganism, Pathogens, Water, Protozoa, Helminths.

## Introducción

En el Perú, especialmente en las zonas rurales, 1 de cada 3 peruanos aún no cuenta con acceso al agua potable. Entre los que cuentan con acceso, sólo el 1%, en el año 2015, accedía a agua clorada. Sin duda, esta es una de las principales causas de los más de mil casos diarios de diarreas en niños menores de 5 años, reportados anualmente por el Ministerio de Salud (Minsa).

El agua subterránea es la presente en el subsuelo y en los huecos de rocas porosas o fracturadas. Cuando se acumula y satura los lechos de rocas fracturadas relativamente porosas y el subsuelo e impregna una capa de terreno impermeable, se dice que el agua subterránea se encuentra en un acuífero. La capa o manto freático, el terreno donde se encuentran las aguas subterráneas, en reposo o movimiento, está formado por la infiltración de las precipitaciones. En aproximadamente una sexta parte de los hogares estadounidenses el agua de beber se obtiene de pozos particulares. Éstos pueden estar contaminados por sustancias químicas o microorganismos patogénicos y provocar enfermedades (Committee on Environmental

Health & Committee on Infectious Diseases, 2009).

La gran importancia del agua es debido a que se usa como un alimento esencial para los animales incluido el hombre, frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos. La materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento, siendo la forma más común el ingreso a través de los sistemas de pozo ciego a napas profundas. La presencia de microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo que se incrementa en las áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable. La seguridad que un agua contaminada puede ser causal de enfermedades, ha conducido a la necesidad de controlar rutinariamente la calidad microbiológica de muestras de diversos orígenes (Apella, Araujo, Blesa, & Blanco Galvez, 2005).

La contaminación ambiental es un problema sanitario que empeora cada día en nuestra sociedad debido a la carencia de labores de remediación ambiental por parte de los gobiernos a predominio de los países subdesarrollados. La presencia de



microorganismos patógenos en las aguas, es un indicador fiel de contaminación, por la presencia de excretas de origen animal o humano. (Mariscal-Santi, y otros, 2018)

Gran parte de los ríos y lagunas, así como otros cuerpos receptores de los vertidos acuosos de origen urbano e industriales se encuentran infectados por diversos tipos de bacterias unas más nocivas que otras, siendo causantes de diversas enfermedades, infecciones o epidemias en los seres vivos (Gamero Quijano, 2011).

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control. Las bacterias, virus y parásitos causan enfermedades que varían en severidad (Marlen, 2014).

Los principales bio-indicadores establecidos en todo el mundo incluyen coliformes fecales, *E. coli*, y *Enterococos*; las concentraciones de organismos bio-indicadores no han sido bien (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes, 2017) .

La *Escherichia coli* (*E. coli*), pertenece al Grupo de bacterias que puede producir diversas toxinas mortales, se presenta Carne de res (hamburguesas que no estén bien cocidas o crudas), productos frescos no cocidos, leche cruda, jugo sin pasteurizar y agua contaminada. Sus síntomas son Calambres estomacales agudos, diarrea con sangre y náuseas. También

puede manifestarse como una diarrea sin sangre o ser asintomática. Información que debe conocer: Puede provocar daños permanentes en los riñones, los cuales pueden producir la muerte en niños pequeños (FDA, 2018).

Para poder mejorar la calidad del agua utilizada para el consumo humana existen métodos de tratamiento para este tipo de aguas ya son conocidos, siendo la cloración (adición de hipoclorito o lejía) uno de los métodos más empleados. Sin embargo, la utilización de cloro en las aguas conlleva a grandes riesgos ecológicos. Otros métodos, como la ozonización, radiación ultravioleta y la aplicación ClO<sub>2</sub> (clorina), son aún más caros o menos convenientes que la cloración (Gamero Quijano, 2011).

### Metodología

Se analizó muestras de 12 sistemas de abastecimiento de agua para consumo de asentamientos humanos con 3 repeticiones por sistema de agua con la metodología para la toma de muestras y conservación del ED N<sup>o</sup>160-20157 DIGESA/SA “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano”, en el marco del Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025. Asimismo, se realizó el monitoreo in situ de parámetros de medición de campo como el pH, la conductividad, temperatura, turbiedad

y cloro libre. Los resultados obtenidos fueron comparados con el DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”.

## Resultados y Discusión

La **Tabla 1** muestra las características de los sistemas de abastecimiento de agua de los asentamientos humanos evaluados, que van desde 2 a 13 años de instalación del sistema de bombeo con una profundidad promedio de 84 metros.

**Tabla 1**

*Características de instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua de los Asentamientos Humanos*

Descripción	Pregunta / pozos	Tiempo de Instalación de la bomba de impulsión*	Profundidad del pozo*	Personal capacitado*	Ciclo de desinfección*	Desinfectante*	Ciclo de limpieza del reservorio*	Presenta caños de aguas residuales en < 20m
<b>Districtos</b>	Unidad	Años	Metros	—	Días	Tipo de desinfectante	Meses	Presencia
	Mario Dolci Franchini	5	90	No**	12	Pastillas	2	No
<b>Callería</b>	Nuevo Ucayali	5	100	No**	No desinfecta	Ninguno	1	Si
	Marta Chávez I	7	100	No**	15	Pastillas	1	Si
	Jorge Barrantes	4	100	No**	7	Pastillas	1	Si
	Selva Alegre Rafael	3	80	No**	7	Pastillas	1	No
<b>Manantay</b>	Villacorta	4	80	No**	No desinfecta	Ninguno	2	Si
	Isabel la Católica	13	55	No**	No desinfecta	Ninguno	1	Si
	Victoria Regia	2	70	No**	No desinfecta	Ninguno	6	Si
	Nueva Era	4	90	No**	No desinfecta	Ninguno	12	No
<b>Yarinacocha</b>	Venecia	4	70	No**	No desinfecta	Ninguno	12	Si
	San José Centro	9	90	No**	No desinfecta	Ninguno	24	No
	Lomas de San José	7	80	No**	7	Pastillas	6	No

\*Información recopilada en campo a los responsables del sistema de abastecimiento de agua de cada Asentamiento Humano evaluado.

\*\*Personal capacitado: persona profesional o especialista con dedicación exclusiva a dicha actividad.

Los resultados indican que los responsables de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento no son profesionales ni especialistas con dedicación exclusiva a dicha actividad para monitorear la calidad del servicio.

Estos sistemas de abastecimientos no cuentan con personal profesional capacitado con dedicación exclusiva a la verificación y control de su calidad, a diferencia de los sistemas de agua potable públicos, los pozos privados no cuentan con expertos que verifiquen

regularmente la fuente de agua y su calidad (EPA, 2021). El ciclo de desinfección es un problema de deficiencia común en este tipo de sistemas, la tabla muestra que solo el 42% aplica desinfección en los reservorios y 4 de cada 5 no realiza una correcta desinfección comprometiendo la calidad del proceso de desinfección. Como indica (DIGESA, 2011), la desinfección del agua se encarga de la destrucción o al menos desactivación completa, de los microorganismos dañinos presentes en el agua. La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano (GIZ, 2017).

Otro factor importante es la desinfección, limpieza y/o mantenimiento de los reservorios, los sistemas evaluados realizan la limpieza de los reservorio en promedio cada 6 meses, en concordancia con el DS.N°022-2001-SA “Reglamento Sanitario para las actividades de Saneamiento Ambiental en Viviendas y Establecimientos Comerciales, Industriales y de Servicios, donde se estipula que la limpieza y desinfección de los reservorios de agua de los locales de los establecimientos comerciales, industriales y de servicios, así como los de las viviendas multifamiliares, deberán ejecutarse cada seis (6) meses (MINSA, 2001).

Las aguas subterráneas no están directamente expuestas a los efectos de las actividades

humanas desarrolladas normalmente en superficie. No obstante, las sustancias contaminantes llegan a los acuíferos de diversos modos como la infiltración de sustancias depositadas en superficie, o de la lluvia a través de ellas o la filtración de sustancias almacenadas bajo tierra, o disolución de ellas por el flujo natural del agua subterránea. Las aguas residuales de los núcleos urbanos se vierten a cauces superficiales o en fosas sépticas, estas aportan diversas sustancias contaminantes como los Detergentes, Nitratos, Bacterias y virus, materia orgánica disuelta (Sánchez San Román, 2017).

Otro factor que compromete la calidad del agua subterránea es la presencia de vertimientos de agua residual, alcantarillas libres o en suelo descubierto, que fácilmente se pueden infiltrar o filtrar en los lechos de captación de agua de los pozos, en este estudio se identificó que el 55% de los sistemas de abastecimientos están cerca a alcantarillas libres con una distancia menor a 20 metros, distancia que se debe considerar como un área de protección directa para los sistemas de captación de agua subterránea por bombeo. Alguna consideración indica que el pozo debe estar ubicado de tal manera que el agua de lluvia fluya lejos de él. El agua de lluvia puede levantar bacterias y sustancias químicas peligrosas de la superficie terrestre. Si esta agua se acumula cerca de su pozo, puede infiltrarse y causar potencialmente

problemas de salud. Los pozos aforados tienen un riesgo menor de contaminación. Sin embargo, ningún pozo puede ser considerado sin riesgo de contaminación (EPA, 2021).

Un deficiente proceso de desinfección del sistema de reservorios y distribución conlleva a la proliferación de los microorganismos patógenos en las aguas de consumo humano esto debido a que los biofilms constituyen un

ecosistema que favorece el crecimiento de microorganismos y los protege de condiciones adversas del medio, lo que dificulta su eliminación por métodos convencionales. Asimismo, las técnicas habitualmente empleadas para el control de la contaminación microbiológica resultan insuficientes para controlar la presencia de biofilms en las instalaciones (Lorenzo Cartón, Orihuel Iranzo, Bertó Navarro, & López Tormo, 2011)

**Tabla 2**

*Características físico químicas de las aguas de los sistemas de abastecimiento de agua de los Asentamientos Humanos*

Parámetros	pH	Cloro residual	Temperatura	Sólidos Totales Disueltos	Conductividad Eléctrica	Turbiedad	Hierro	
<i>Unidades</i>	Valor de pH	mg/L	°C	mg/L	µmho/cm	UNT	mg/L	
<b>LMP DS.031-2010-DIGESA</b>	6.5 a 8.5	>0.5	*	1000	1500	5	0.3	
<i>P. Mario Dolci</i>	7.6	0.5	27.9	338	447	1.1	0.22	
<b>Callería</b>	<i>P. Nuevo Ucayali</i>	8.3	0	311	446	2.8	0.13	
	<i>P. Martha Chávez</i>	7.2	0.2	326	450	3	0.8	
	<i>P. Jorge Barrantes</i>	7.7	0.7	507	670	3.4	1.6	
	<i>P. Selva Alegre</i>	8.1	1.3	29.7	257.0	333.3	0.7	0.1
<b>Manantay</b>	<i>P. Rafael Villacorta</i>	7.4	0.0	28.0	277.3	383.7	1.1	0.1
	<i>P. Isabel la Católica</i>	6.9	0	27.2	150	200	1.2	0.65
	<i>P. Victoria Regia</i>	7.4	0	26.6	206	280	1.9	1.6
	<i>P. Nuevo Era</i>	6.6	0	27	411	311	0.83	0.25
<b>Yarinacocha</b>	<i>Venecia</i>	6.9	0	27.9	253	350	3.9	1.8
	<i>San José Centro</i>	6.8	0	28.3	338	452	2.7	0.24
	<i>Lomas de San José</i>	7.9	0.6	28.8	325	475	1.1	0.18

\*Comparadas con los Límites Máximos Permisibles del DS.031-2010-DIGESA.

Los datos de la **tabla 2** permiten mostrar las características físico químicas de las aguas de los sistemas de abastecimiento en los

Asentamientos Humanos. Solo el 25% de los sistemas evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el



DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano” y un 67% de los casos no cumplen debido a la falta de la presencia de cloro residual, que es un indicador directo para la desinfección de las aguas de consumo humano y un indicador de inocuidad y seguridad sanitaria; cabe indicar que el 33% de los sistemas tienen problemas con la presencia de hierro en las aguas. Este incumplimiento también es a causa de superar los LMP de hierro ya que el 41.6% de los sistemas evaluados no cumplen con los Límites Máximos Permisibles de 0.3 mg/l Fe+ establecidos en el DS.031-2010-DIGESA. En estudios locales como el de Pinedo Rodriguez y Tananta Flores (2021), quienes evaluaron la presencia de hierro en el Asentamiento Humano Nuevo Jerusalem, en la cual los niveles de hierro en el agua fueron de 1.11 a 2.02 mg/L de Fe+. El hierro es un elemento muy presente en las aguas subterráneas no solamente en Perú y en Ucayali; el estudio realizado por (Blanes y Giménez (2006), en la provincia de Chaco en Argentina, donde evaluaron los niveles de Hierro y Arsenico, el estudio muestra que el

valor medio de hierro es de 0.44 mg/L en un intervalo comprendido entre 0,02 y 1.62 mg/L. El 37.5% de las muestras supera los 0.30 mg/L de hierro total recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Código Alimentario Argentino (CAA).

En el Perú, la calidad del agua potable se regula mediante el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este reglamento establece, en caso se aplique la desinfección por cloración, que el agua potable no deberán contener menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre. En otros países, como Costa Rica (en este país, la concentración de cloro libre no debe ser menor de 0.3 mgL-1 ni mayor de 0.6 mgL-1), se regula también la concentración máxima de cloro residual libre en el agua potable. El propósito es evitar en la población el rechazo al agua potable por olores o sabores que pueda generar el cloro, además de reducir el riesgo de generación de subproductos de la desinfección (GIZ, 2017).



**Tabla 3**

*Características microbiológicas y parasitológicas de las aguas de los sistemas de abastecimiento de agua de los Asentamientos Humanos*

Parámetros	Unidades	LMP	CALLERIA					MANANTAY				YARINACOCHA		
			P. Mario Dolci	P. Nuevo Ucayali	P. Martha	P. Burmanes	P. Jorge Alegre	P. Selva Alegre	P. Rafael Villacorta	P. Isabel la	P. Victoria	P. Era	P. Nuevo Venecia	San José Centro
<b>Bacterias</b>														
<i>Coliformes Totales</i>	UFC/100 ml a 35°C	0(*)	0	10	11	0	0	10	31	21	4.4	65	2	0
<i>Coliformes Termotolerantes</i>	UFC/100 ml a 44.5°C	0(*)	0	0	0	0	0	2	0	2	0	5	0	0
<i>E. Coli</i>	UFC/100 ml a 44.5°C	0(*)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0
<i>Bacterias heterotróficas</i>	UFC/ml a 35°C	500	215	580	490	160	530	901.7	670	940	456	880	350	125
<i>Legionella spp</i>	Presencia	S/D*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella SP</i>	Presencia	S/D*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudomonas aureginosa</i>	Presencia	S/D*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia	S/D*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Protozoos</b>														
<i>Acanthamoeba</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptosporidium ssp</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Giardia</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Naegleria</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Helmintos</b>														
<i>Dracunculus</i>	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D\* Sin Determinar por la normativa del DS.031-2010-DIGESA.

La **tabla 3** evidencia que el 66.6 % de los sistemas de agua presentó Coliformes Totales en rangos desde 2 UFC/100 ml hasta 31 UFC/100 ml, el cual es un indicador de contaminación cruzada de diferentes fuentes; estos resultados al superar la presencia de 1 UFC/100ml sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”. Así mismo se identificó Coliformes Termotolerantes en el 25

% de los sistemas de agua, en rangos de 2 UFC/100 ml hasta 5 UFC/100 ml. Un indicador de contaminación fecal es la presencia de *E.Coli*, en dicho estudio se encontró que en el 25% de los sistemas de agua presentan de 1 UFC/100 ml hasta 2 UFC/100 ml, dicho microorganismo pudo ser aportado por infiltraciones de aguas residuales. Con respecto a las bacterias Heterotróficas, se identificó en el 100% de los sistemas, pero solamente el 50% superaron los LMP del DS.031-2010-DIGESA,



que lo estipula en 500 UFC/ml. Mora Bueno, y otros (2012), determinaron las concentraciones de arsénico total (AsT) y la presencia de coliformes totales y fecales en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México. La concentración de Coliformes en el agua procedente de los pozos 1 y 3 fue de 180 NMP/100 mL y de 43 NMP/100 mL para el agua del pozo 2. Munn (2004), indica que los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Caso especial en el estudio, se identificó la presencia de *Salmonella spp.* en el 8.3% (1 sistema) de los sistemas de abastecimiento de agua, la normativa vigente el DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, no contempla la presencia de este microorganismo como indicador principal de calidad de agua, según la OMS (2018), la *Salmonella* es una de las cuatro causas principales de enfermedades diarreicas a nivel mundial. *Salmonella* es un género de bacilos gramnegativos que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Cada año enferman

550 millones de personas, de las cuales 220 millones son niños menores de 5 años. Por lo general, las personas contraen la salmonelosis a través del consumo de alimentos contaminados de origen animal (principalmente huevos, carne, aves de corral y leche), aunque también hay otros alimentos que se han vinculado a la transmisión, como por ejemplo las hortalizas contaminadas por estiércol.

No se identificó presencia de protozoos y helmintos en el 100% de los sistemas evaluados, aunque algunos estudios de importancia como el de Paz-y-Miño y otros (2003), indica que los promedios de colifagos cuantificados fueron de 2267,25 UFP/100 mL en las muestras sin tratamiento; Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua, se comparan muestras de agua no tratadas con las fases sucesivas del tratamiento: decantación, filtración y cloración. Se obtuvo los promedios de colifagos cuantificados fueron de 2267,25 UFP/100 mL en las muestras sin tratamiento; 2,11; 2,04 y 1,07 UFP/100 mL en las muestras procedentes de la decantación, filtración y cloración respectivamente. No se detectaron CT y CTT en muestras de agua clorinada.

Se demuestra la importancia de la desinfección del agua para su potabilización, generando una disminución de los Coliformes en un 100%. Las bacterias Coliformes son indicadoras de

contaminación fecal y, por lo tanto, de la posible presencia de otros patógenos como virus, bacterias, protozoos y fases enquistadas de metazoarios. Se asume que los indicadores y las bacterias patógenas pueden encontrarse juntos o estar relacionados, es recomendable seleccionar el indicador más adecuado a las condiciones locales (Cortez Lázaro y otros, 2019). Todos los tipos de agua presentaban concentraciones de ooquistes, en cantidades muy variables que iban desde 0.002 hasta 65.1 ooquistes/l y con una positividad entre 3.5% y 61% de las muestras evaluadas (Rose, 1989), (LeChevalier & Norton, 1995). Al igual que el *Cryptosporidium*, la prevalencia y la concentración de ooquistes de este protozooario en el agua son muy variables. Rose (1989) determinó que, en agua subterránea, agua de deshielo y agua tratada no se encontraron quistes de *Giardia*, otros estudios han determinado concentraciones que van de 0.04 a 66 quistes/l y entre 17% y 81% de las muestras evaluadas (Ongerth, Hunter, & DeWalle, 1995). En las redes de distribución se encontraron quistes de *Giardia* en 22% de las muestras con una concentración de 1.8 quistes/l. Los análisis estadísticos efectuados en varios estudios, demuestran una correlación entre ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia*, esto evidencia la posibilidad de una misma fuente de contaminación o reservorio (Rose, 1989).

## Conclusiones

Se concluye que el 66.6% de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados presentan microorganismos patógenos en el agua destinada para el consumo y uso de la población a servir de los asentamientos humanos, por consiguiente, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS.031-2010-DIGESA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”.

Se identificó Coliformes Fecales en el 66% de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, en rangos desde 2 UFC/100 ml hasta 31 UFC/100 ml y Coliformes Termotolerantes en el 25% de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, en rangos de 2 UFC/100 ml hasta 5 UFC/100 ml.

Se identificó *E.coli* en el 25 % de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, en rangos de 1 UFC/100 ml hasta 2 UFC/100 ml.

Se identificó *Salmonella spp.* en el 8.3 % de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, en rangos de 1 UFC/100 ml.

No se identificó presencia de *Legionella spp.*, *Pseudomona aureginosa* y *Vibrio Cholerae* y el 100% de los sistemas de abastecimiento de agua evaluados, no revelaron presencia de Protozoos y Helmintos.

## Referencias Bibliográficas

- Apella, M., Araujo, P., Blesa, M., & Blanco Galvez, J. (2005). Microbiología de agua: Conceptos básicos. En *Título del libro: Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua* (pág. 294). Argentina, San Martín: Universidad Nacional de San Martín. doi:987-22523-0-0
- Blanes, P., & Giménez, M. (2006). Evaluación de los Niveles de Hierro y Arsénico en Aguas Naturales Subterráneas de la Región Centro-Oeste de la Provincia del Chaco - Argentina. *Informacion Tecnologica*, 3-8. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000300002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000300002)
- Committee on Environmental Health, & Committee on Infectious Diseases. (2009). Consumo de agua de pozos particulares y riesgos para los niños. *Pediatrics*, 67(9), 363-369. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-consumo-agua-pozos-particulares-riesgos-13139825>
- Cortez Lázaro, A., Santa Cruz Ventura, A., Hernández Amasifuen, A., & Romero Bozzetta, J. (2019). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang Faustiniiano*, 8(4), 17-20. Obtenido de <https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/download/556/537/1521>
- DIGESA. (2011). *Guía Técnica para la Implementación, Operación y Mantenimiento del "Sistema de Tratamiento Intradomiciliario de Agua para Consumo Humano - MI AGUA"*. Lima –Perú: MINSA. Obtenido de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Guia%20Tecnica%20MI%20AGUA.pdf>
- EPA. (06 de 12 de 2021). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/acerca-de-los-pozos-de-agua-privados>
- FDA. (27 de 09 de 2018). *FDA U.S. FOOD & DRUG*. Obtenido de <https://www.fda.gov/food/people-risk-foodborne-illness/los-14-patogenos-principales-transmitidos-por-los-alimentos-de-seguridad-alimentaria-para-futuras>
- Gamero Quijano, D. (2011). *Remoción de microorganismos patógenos de las aguas mediante electrocoagulación empleando ánodos de aluminio*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.



- Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_f6e17eae615277d4ac4fce3c56d2310f](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_f6e17eae615277d4ac4fce3c56d2310f)
- GIZ. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima, Perú: Cooperación Alemana implementada por la Deutsche. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf)
- LeChevalier, M., & Norton, D. (1995). Giardia and Cryptosporidium in raw and finished drinking water. *JAWWA*, 87, 54-68. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/283/28337111.pdf>
- Lorenzo Cartón, F., Orihuel Iranzo, E., Bertó Navarro, R., & López Tormo, C. (2011). CONTROL DE LA PRESENCIA DE BIOFILMS EN LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. *Betelgeux, S.L*, 43-47. Obtenido de [https://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo\\_Control\\_de\\_Biofilms\\_AET\\_dic\\_2011.pdf](https://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_Control_de_Biofilms_AET_dic_2011.pdf)
- Mariscal-Santi, W., Garcia-Larreta, F., Mariscal-Garcia, R., Paredes-Jara, C., Ponce-Solórzano, H., Montiel-Rivera, T., & De La Torre-Quinonez, E. (2018). Presencia de Microorganismos patógenos en las aguas del Estero Salado año 2013. *Polo del Conocimiento*, 3(4), 150-161. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/472>
- Marlen, R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- MINSA. (2001). *Reglamento Sanitario para las actividades de Saneamiento Ambiental en Viviendas y Establecimientos Comerciales, Industriales y de Servicios*. Lima: Diario el Peruano . Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/283862/255649\\_DS022-2001.pdf20190110-18386-1t5gto7.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/283862/255649_DS022-2001.pdf20190110-18386-1t5gto7.pdf)
- Mora Bueno, D., Sanchez Peña, L., Del Razo, L., Gonzalez Arias, C., Medina Diaz, I., Robledo Marengo, M., & Rojas Garcia, A. (2012). Presencia de arsénico y coliformes en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*,

- 28(2), 127-135. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n2/v28n2a3.pdf>
- Munn, C. (2004). *Marine Microbiology: ecology and applications*. New York: BIOS Scientific Publisher. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>
- OMS. (20 de Febrero de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))
- Ongerth, J., Hunter, G., & DeWalle, F. (1995). Watershed use and Giardia cyst presence. *Wat Res*, 29, 1295-1299. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/283/28337111.pdf>
- Paz-y-Miño, M., Barzola, C., Lazcan, C., Ponce, M., & León, J. (2003). Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua. *Rev. peru biol.*, 10(2), 133-144. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332003000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332003000200004)
- Pinedo Rodriguez, A., & Tananta Flores, D. (2021). *Evaluación del hierro férrico (fe+3) en el agua para consumo humano y su influencia en la salud de la población del Asentamiento Humano Nuevo Jerusalén, distrito de Callería, región Ucayali, 2019*. Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5029>
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R., & Gutiérrez-Builes, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247. doi:10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rose, J. (1989). *Pathogenic organisms in drinking water: Occurrence and control of Cryptosporidium in water*. Madison: Adv. Drinking Water Microbiology Research Science Tech. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/283/28337111.pdf>
- Sánchez San Román, F. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. Salamanca: Createspace Independent Pub. Obtenido de <https://hidrologia.usal.es/temas/contaminacion.pdf>

