



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA PROPONER UN PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN MUNICIPAL PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN POZOS DE ABASTECIMIENTO DEL DISTRITO SANTIAGO DE CHUCO, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**Autoras:**

Bach. Estefani Solays Guarderas Zapata

Bach. Kelly Lizbeth Chafloque Gamboa

**Asesor:**

Mg. Ing. Grant Ilich Llaque Fernandez

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

A Dios, por regalarnos la vida, salud, sabiduría, guiarnos y darnos fuerza para seguir

adelante en cada adversidad que se nos presenta. A nuestros padres, por su soporte,  
consejos, dedicación y amor incondicional.

A nuestros hermanos y demás familiares por su apoyo a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros maestros y amigos por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus  
conocimientos ya que fueron una pieza fundamental en la formación de nuestra carrera.

## AGRADECIMIENTO

Dar gracias infinitas a Dios, por habernos dado fuerza y valor para culminar esta fase de investigación y a todos nuestros familiares y seres queridos. También agradecemos a nuestras docentes Luján Rojas Jessica Marleny y Cardenas Gutierrez Liliana Ysabel que fueron piezas fundamentales en esta investigación, guiándonos, aportando un conjunto de conocimientos, aprendizaje, principios y valores.

A Esquivel Zavaleta Weslin Clever y Murga Velásquez Cristian Delmar por brindarnos información necesaria para la elaboración de nuestra investigación.

Y a nuestra alma mater la Universidad Privada Del Norte, la cual nos brindó una formación de calidad para nuestro futuro profesional.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	13
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 .....	13
TABLA 2 .....	14
TABLA 3 .....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.....	15
Fig. 2.....	15
Fig. 3.....	16
Fig. 4.....	17
Fig. 5.....	18
Fig. 6.....	18
Fig. 7.....	19
Fig. 8.....	19
Fig. 9.....	21

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar la calidad del agua para proponer un programa de limpieza y desinfección municipal para uso y consumo humano en pozos de abastecimiento del Distrito de Santiago de Chuco, 2020. La investigación fue de tipo descriptivo, con un diseño no experimental. Se tuvo como muestra resultados de la investigación de Esquivel y Murga e información de DATASS. Los resultados fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS, aplicando un análisis de varianza y contraste múltiple de medias, obteniendo diferencias significativas en conductividad, sólidos totales y dureza total; caso contrario, sucedió en Turbiedad, pH, Sulfatos, Cloruros, Dureza total, Calcio, Magnesio, Nitrato, Carbonato, Bicarbonato, Potasio, Sodio, Numeración de coliformes y bacterias heterotróficas. Además, en los resultados recogidos del DATASS se obtuvo que la mayoría de los Centros Poblados (CP) tiene un sistema de abastecimiento normal, mientras que en cuatro CP sus aguas tienen un sistema de cloración medio; y sólo dos tienen una limpieza y desinfección aceptable. Por lo cual, se propuso un programa de Limpieza y Desinfección, para mejorar la calidad del agua para uso y consumo de los pobladores. Finalmente, para concientizar a la población se elaboró un portal web, con contenido educativo.

**Palabras clave:** Calidad de agua, Salud, Enfermedad, parámetros del agua.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso primordial para la vida y el desarrollo de las actividades del ser humano, considerándose un elemento esencial en el planeta. Aun así, la disponibilidad de este recurso es limitada, por lo que mantener la calidad de las fuentes de agua es de vital importancia para todos. Cabe mencionar, que la calidad del agua siempre ha sido un problema a nivel mundial, ya que influye de manera directa en la salud; especialmente en países en desarrollo. Las enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua se asocian a una significativa carga de morbilidad en todo el mundo, sobre todo entre las poblaciones que carecen del acceso al servicio de agua; lo cual hace que se vea impactada por varios factores en los que se incluyen el crecimiento de la población, la urbanización, las opciones energéticas, el cambio climático, los cambios en el uso de los terrenos y la hidrología, etc. [1].

De este modo, se evidencian en los datos del Sistema de Información de China para el Control y la Prevención de Enfermedades (CISDCP) que los brotes escolares representaron el 70.1% y el 51.5% de todas las emergencias de salud pública relacionadas a la contaminación del agua en los años 2012 y 2013, correspondientemente. Investigaciones previas demostraron que las fuentes de agua en áreas rurales y países de bajos ingresos tienen un mayor riesgo de contaminación, y el consumo de agua subterránea podría aumentar el riesgo de diarrea [2].

Así también, en los países de Argentina y Brasil, las enfermedades transmitidas por el agua son provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales, ocasionada por precipitaciones intensas [3].

De igual manera, uno de los problemas que presenta el Perú es la calidad del agua; ya que los cuerpos hídricos son receptores de vertimientos de aguas residuales, provenientes de diferentes actividades manufactureras. Estos cuerpos de aguas presentan una alteración



en su calidad misma por todas las descargas que reciben de las actividades domésticas e industriales, que afectan la salud humana de las poblaciones adyacentes; generando enfermedades tales como: cólera, fiebre tifoidea, poliomielitis, meningitis, hepatitis, diarrea; entre otras [4].

Las alteraciones provocadas por la presencia de contaminantes en el agua pueden ser de carácter físico, químico y/o biológico; los cuales son medidos por parámetros. Las alteraciones físicas suelen implicar un cambio en las características organolépticas del agua, aumento de la turbidez, etc. Las químicas dependen de la naturaleza del contaminante, orgánico o inorgánico, así como de su grado de toxicidad. Por último, las alteraciones biológicas suponen un aumento de la presencia de microorganismos patógenos transmisores de enfermedades [5].

De acuerdo con Lucas (2019), quién estableció la relación entre la calidad del agua de suministro y la salud humana en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino de la microcuenca del río Carrizal y propuso un proceso de tratamiento adaptado a las características de sus fuentes de abasto; concluyendo que en la zona predomina el consumo de agua directamente del río y se detectaron 302 casos de enfermedades asociadas al contacto e ingesta de agua contaminada. Las variables turbidez, DBO5, fosfatos, cloruros, plomo y cromo excedieron los límites permisibles para el consumo humano. El sistema de tratamiento propuesto fue de fácil operación y mantenimiento, sus costos eran aceptables y los insumos requeridos están disponibles en el Ecuador [6]. Igualmente, Aguilar y Navarro (2018), quienes determinaron los parámetros Físico-químicos y Bacteriológicos, en las muestras de agua procedentes de la captación de Siracachayoc, distrito de Abancay (Perú); y encontraron que los coliformes totales y termotolerantes sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) en cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y que las aguas no son aptas para consumo humano [7].

Esto conlleva, a que el Estado Peruano plantee una serie de normativas para la conservación de los recursos hídricos, como es el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, que “Establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” [8]. Por otro lado, el Decreto Supremo N°031-2010-SA, “Establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población” [9].

Por lo mencionado anteriormente, se demuestra que la salud de la población se ve afectada por la calidad del agua, dado por diferentes factores como lo son las actividades manufactureras, disposición inadecuada de vertimientos, carencia de sistemas de abastecimiento e instalaciones sanitarias inapropiadas que no garantizan el acceso de agua salubre. Siendo así, el agua uno de los agentes principales de transmisión de enfermedades; tales como: hepatitis, cólera, polio o parálisis infantil y una gran variedad de desórdenes intestinales, disentería, etc. [10].

Es por lo que, la investigación tiene como objetivo analizar la calidad del agua para uso y consumo humano en el Distrito Santiago de Chuco. Asimismo, contrastar los resultados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua potable, con el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM y el Decreto Supremo N°031-2010-SA. Describir la problemática del agua potable, en base a información proporcionada por el DATASS. Por lo que, se propone un programa de limpieza y desinfección municipal en pozos de abastecimiento para uso y consumo humano, en favor de la población del Distrito de Santiago de Chuco e implementar un Portal Web dedicado al cuidado del agua y como afecta a la salud de las personas.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

La presente investigación delimitó el área utilizando el programa ArcGis versión 10.8 (libre acceso). El área de estudio corresponde al distrito de Santiago de Chuco, capital de la provincia del mismo nombre, Región La Libertad, ubicado a 3115 m.s.n.m (78° 10' 15'' LW y 8° 8' 33'' LS). Los puntos estratégicos para muestreo fueron: Captaciones (Huayatán, Laguna Negra, Cortadera y Peñones, y Canal Vicente Jiménez), Salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Red de distribución, entre los meses de abril y noviembre del 2018 y en los meses de marzo y mayo del 2019. Se consideraron 20 Centros Poblados que tienen conexión directa con los puntos de muestreo.

La metodología empleada fue de tipo descriptivo, con un diseño no experimental. Para la recolección de información, se tuvo como instrumento una ficha de recojo de datos, la cual estuvo basada en los resultados del monitoreo realizado en el Trabajo científico sobre la “Calidad del agua potable y de las aguas superficiales que abastecen la planta de tratamiento de agua para el consumo humano del distrito Santiago de Chuco, La Libertad” [11]; siendo analizados los parámetros físicos (pH, turbiedad y conductividad eléctrica, Sólidos Totales); parámetros químicos (Sulfato, Cloruro, dureza total, calcio, magnesio, nitrato, carbonato, bicarbonato, potasio, sodio) y parámetros microbiológicos (Numeración de Coliformes y Numeración de bacterias heterotróficas), para analizar la calidad del agua en el distrito de Santiago de Chuco.

Asimismo, se recolectó información del Registro de DATASS del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el acceso a los servicios de saneamiento del distrito Santiago de Chuco [12]. En este registro de datos se diagnosticó: el abastecimiento de agua y saneamiento de los 20 centros poblados, teniendo como indicadores servicio con sistema de cloración, estado del sistema de abastecimiento,

limpieza y desinfección del sistema de agua, los cuales se usaron para identificar los centros poblados y la calidad del agua.

Para el análisis de la información, se empleó el programa estadístico SPSS versión 25, realizándose un análisis de varianza simple a los resultados recogidos de la investigación de Esquivel y Murga, para determinar si existen diferencias significativas entre los datos; y se aplicó el Contraste Múltiple de Medias según Duncan para identificar grupos homogéneos. Para presentar los resultados en tablas y figuras se utilizó el Programa Microsoft Excel versión 2019. Además, se comparó los datos obtenidos en los muestreos de calidad del agua con el ECA y LMP.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

TABLA 1

ANÁLISIS DE VARIANZA SIMPLE DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE CHUCO EN LOS MESES DE ABRIL Y NOVIEMBRE DEL 2018 Y, MARZO Y MAYO DEL 2019.

Parámetros	Fuentes de variación	SC	GL	MC	F	sig.
Conductividad <sup>a</sup>	Entre grupos	13366,125	1	13366,125	7,113	,037
	Dentro de grupos	11274,750	6	1879,125		
	Total	24640,875	7			
Conductividad <sup>b</sup>	Entre grupos	71889,953	3	23963,318	3,721	,042
	Dentro de grupos	77272,652	12	6439,388		
	Total	149162,605	15			
Sólidos_totales <sup>b</sup>	Entre grupos	26709,688	3	8903,229	20,157	,000
	Dentro de grupos	5300,250	12	441,688		
	Total	32009,938	15			
Dureza_total <sup>b</sup>	Entre grupos	5446,188	3	1815,396	4,310	,028
	Dentro de grupos	5054,250	12	421,188		
	Total	10500,438	15			

Nota: La presente tabla expresa únicamente los resultados donde se observó un  $p < 0.05$ , para: (a) La salida de planta de tratamiento y red de distribución (b) Los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y Los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez. Donde: C= suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC= cuadrados medios.

Fuente: Programa estadístico SPSS.

TABLA 2

CONTRASTE MÚLTIPLE DE MEDIAS PARA PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS PUNTOS HUAYATÁN, LAGUNA NEGRA, LAS CORTADERAS Y LOS PEÑONES, PANIZARAS – CANAL VICENTE JIMÉNEZ, SIGUIENDO EL MÉTODO DE MÍNIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA CON PROBABILIDAD DE ERROR PE1 0,05.

Parámetros	Puntos de muestreo	N	Subconjunto		
			1	2	3
Conductividad	Laguna negra	4	112,2500		
	Las cortaderas	4	172,2500	172,2500	
	Panizaras	4	193,3950	193,3950	
	Huayatan	4		298,0000	
	Sig.		,198	,056	
Sólidos totales	Laguna negra	4	65,7500		
	Las cortaderas	4		115,0000	
	Panizaras	4		144,7500	144,7500
	Huayatan	4			176,7500
	Sig.		1,000	,068	,052
Dureza total	Laguna negra	4	27,7500		
	Huayatán	4	49,2500	49,2500	
	Las cortaderas	4		69,0000	
	Panizaras	4		74,7500	
	Sig.		,164	,120	

*Nota:* Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000. b. Alfa=0.05

Fuente: Programa estadístico SPSS.

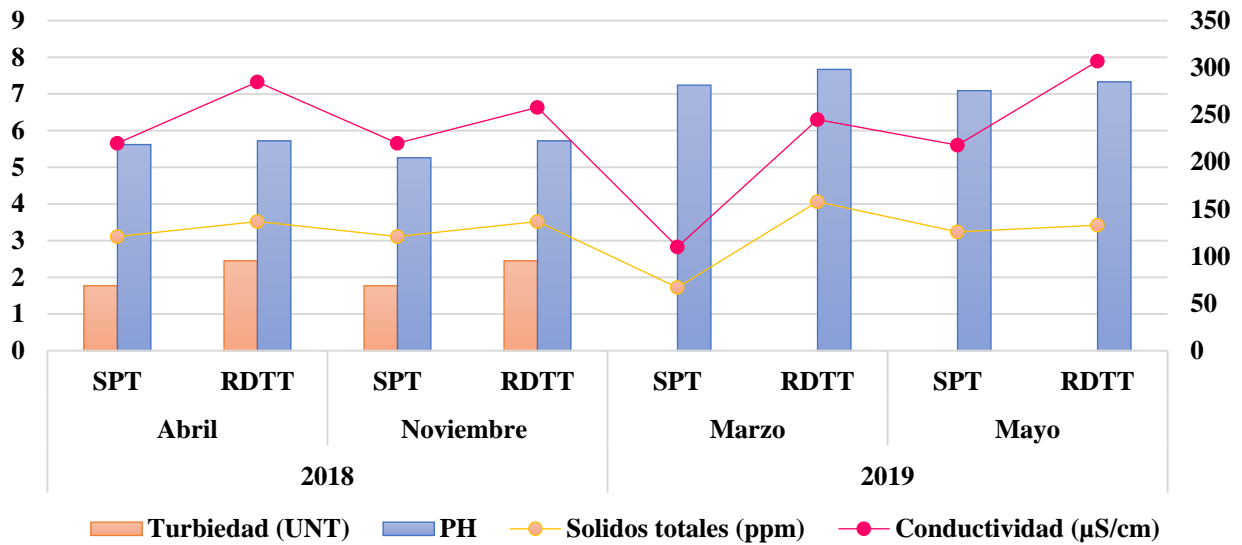


Fig. 1. Variación de los Parámetros físicos Turbiedad, pH, Conductividad y Sólidos totales en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

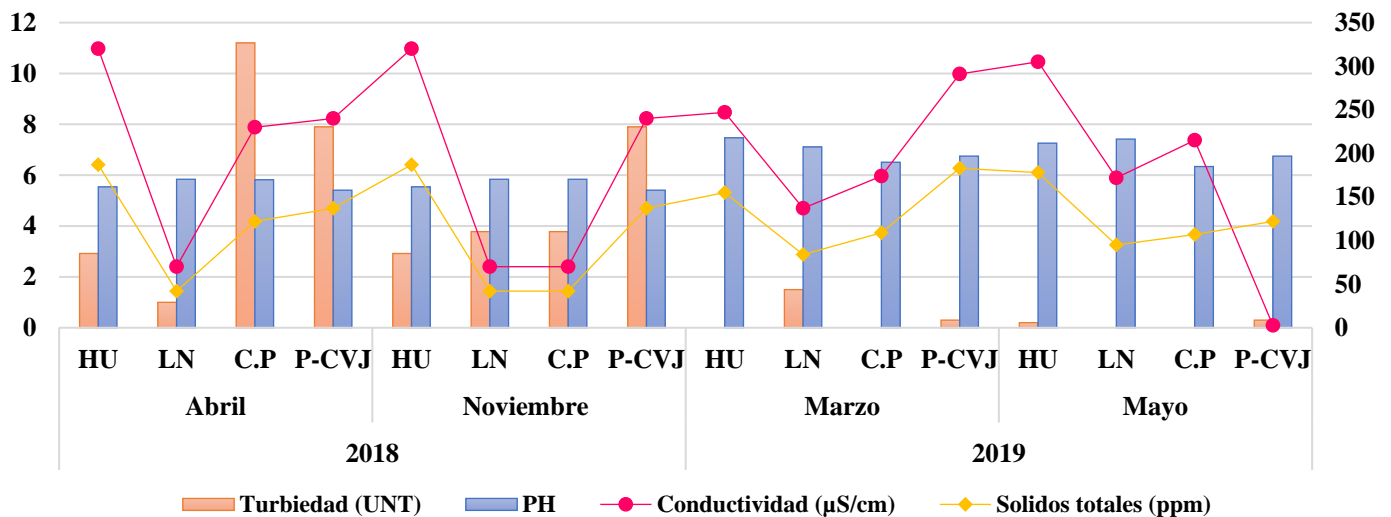


Fig. 2. Variación de los Parámetros físicos Turbiedad, pH, Conductividad y Sólidos totales en los puntos de Huayatán (HU), Laguna Negra (LN), Las Cortaderas y los Peñones (C.P), Panizaras – Canal Vicente Jiménez (P-CVJ), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

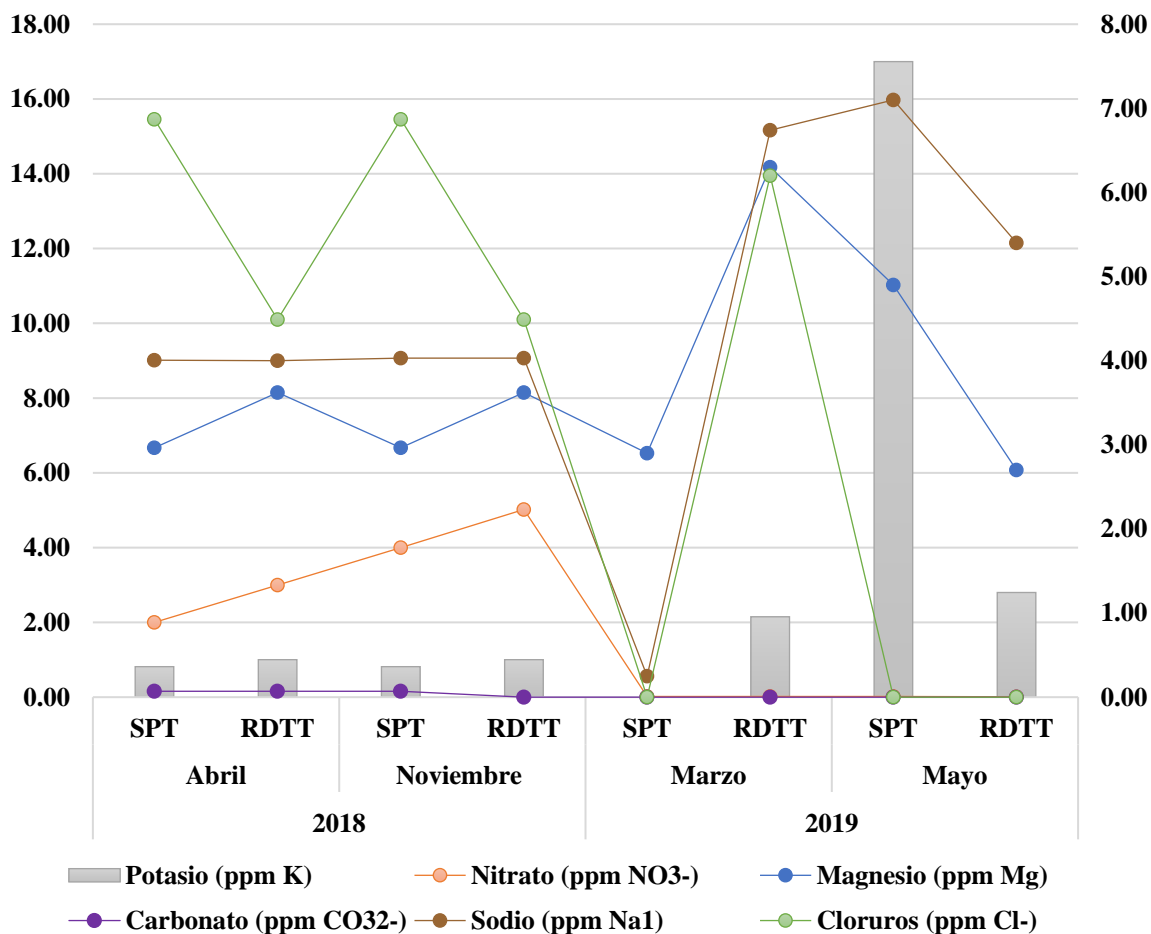


Fig. 3. Variación de los Parámetros químicos Potasio, Nitrato, Magnesio, Carbonato, Sodio y Cloruros en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.



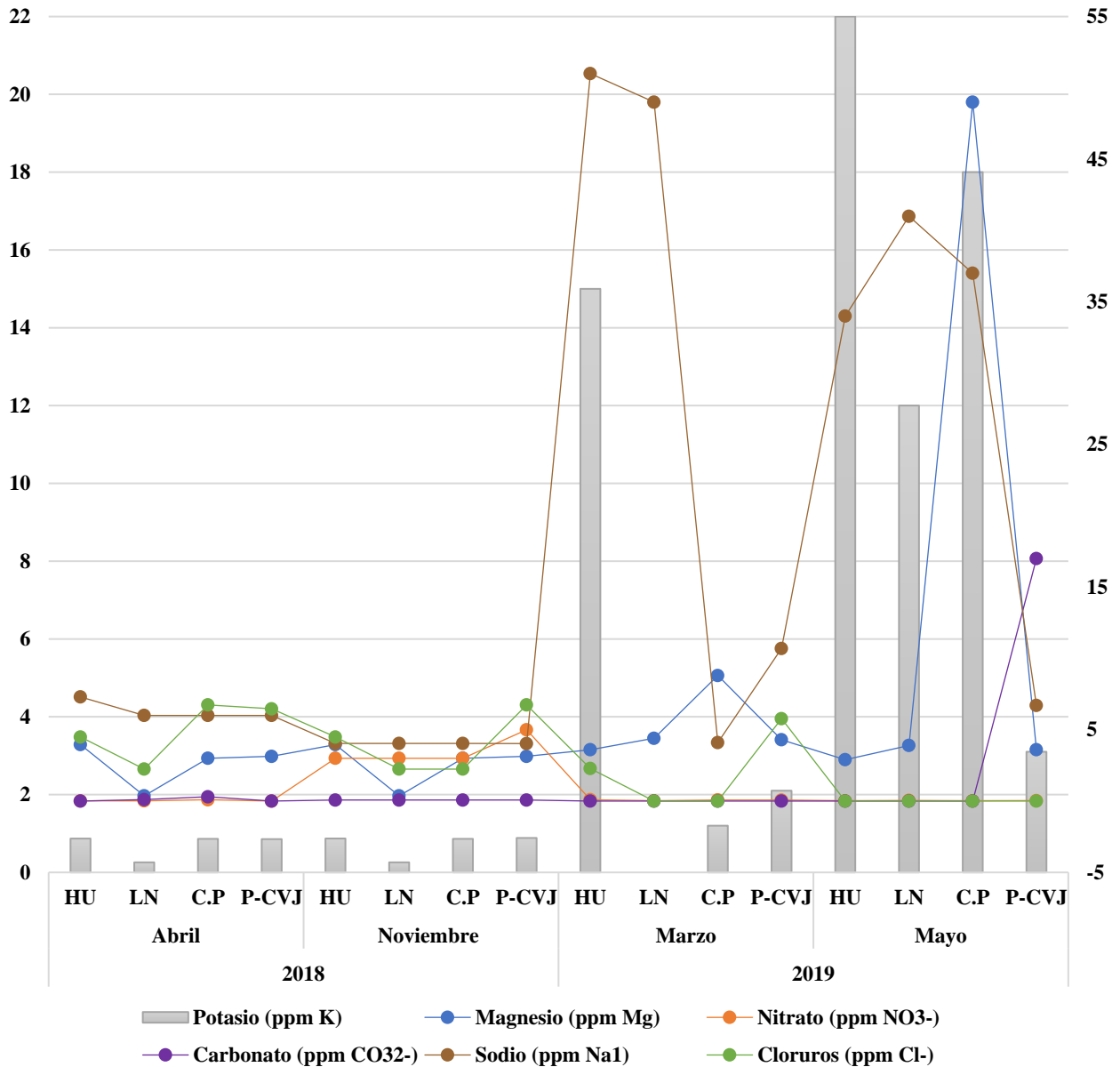


Fig. 4. Variación de los Parámetros químicos Potasio, Nitrato, Magnesio, Carbonato, Sodio y Cloruros en los puntos de Huayatán (HU), Laguna Negra (LN), Las Cortaderas y los Peñones (C.P), Panizaras – Canal Vicente Jiménez (P-CVJ), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

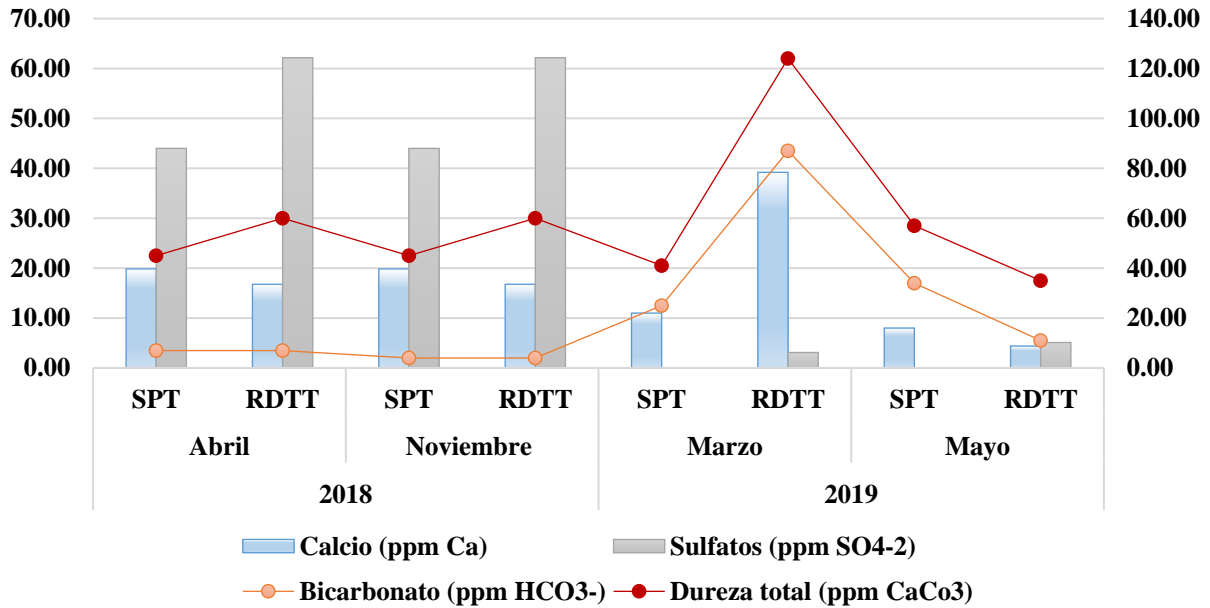


Fig. 5. Variación de los Parámetros químicos Calcio, Sulfatos, Bicarbonato, Dureza total en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

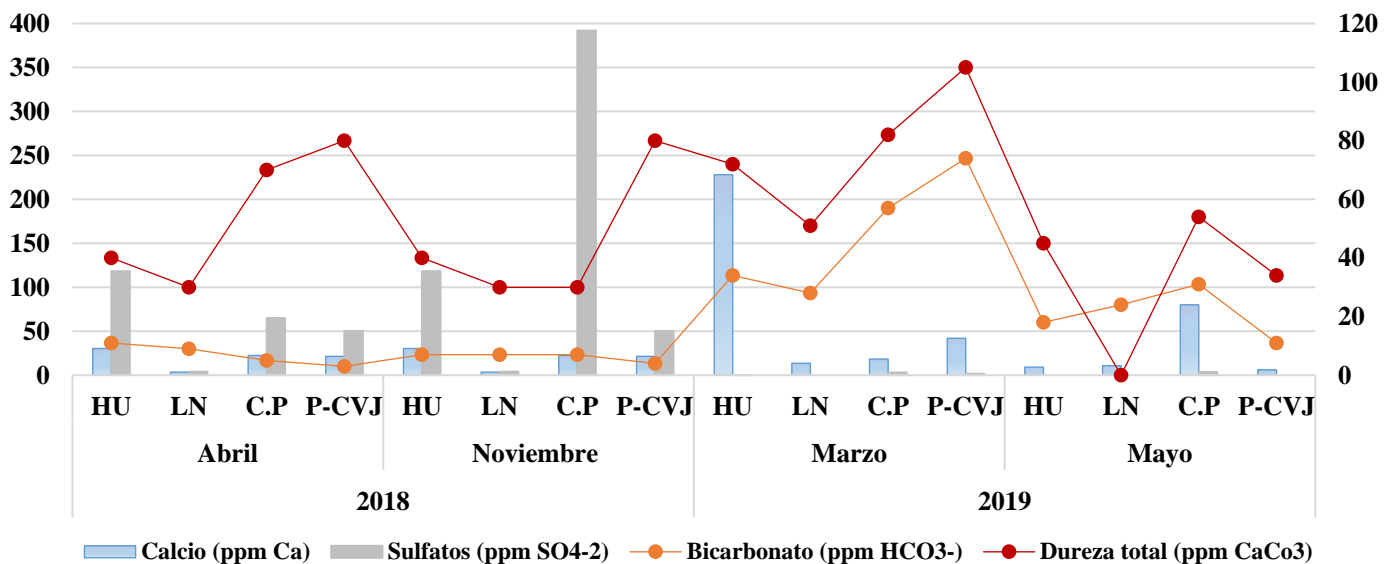


Fig. 6. Variación de los Parámetros químicos Calcio, Sulfatos, Bicarbonato, Dureza total, en los puntos de Huayatán (HU), Laguna Negra (LN), Las Cortaderas y los Peñones (C.P), Panizaras – Canal Vicente Jiménez (P-CVJ), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

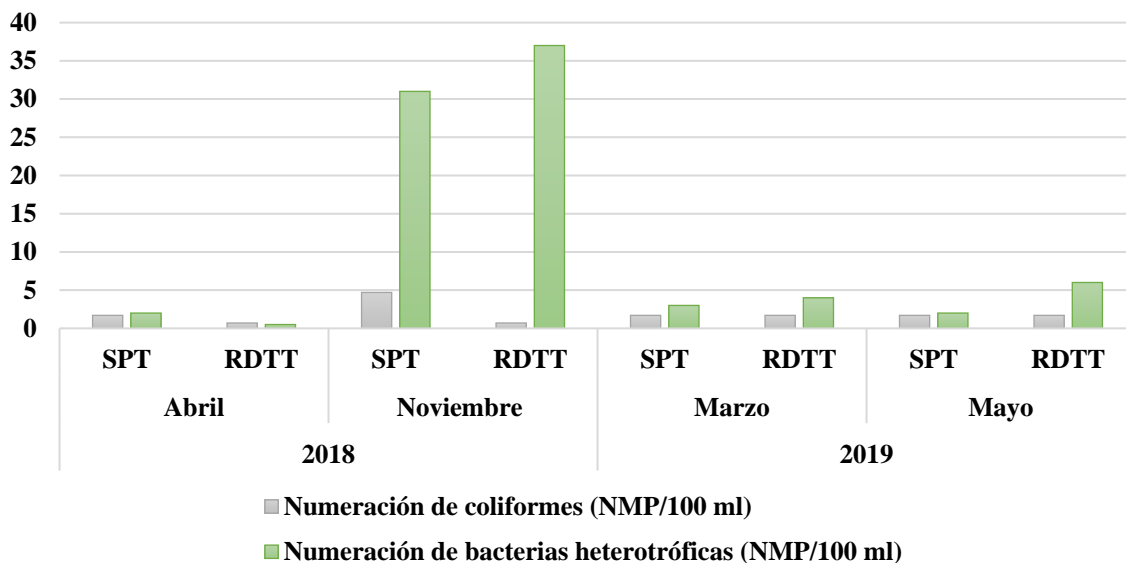


Fig. 7. Variación de los Parámetros Biológicos Numeración de coliformes y Numeración de bacterias heterotróficas en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

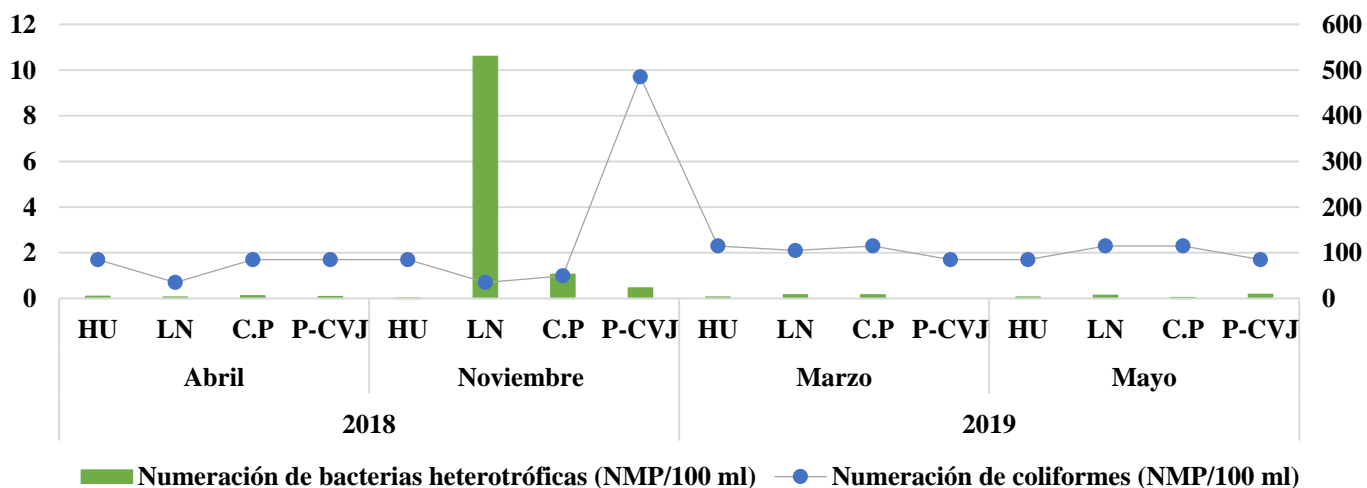


Fig. 8. Variación de los Parámetros Biológicos de Numeración de coliformes y Numeración de bacterias heterotróficas en los puntos de Huayatán (HU), Laguna Negra (LN), Las Cortaderas y los Peñones (C.P), Panizaras – Canal Vicente Jiménez (P-CVJ), en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019.

TABLA 3

DATOS DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO SOBRE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
Y SANEAMIENTO EN EL ÁMBITO RURAL MINISTERIO DE VIVIENDA,  
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE CHUCO.

Centros Poblados	Estado del Sistema de Abastecimiento	Servicio con sistema de cloración	Continuidad en el servicio de Agua	Limpieza y desinfección del Sistema
Caumayda	Limitado	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Caypanda	-	Medio <sup>a</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Chucumarca	Limitado	Sin Cloro Residual <sup>c</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	Aceptable <sup>e</sup>
Chulite	Normal	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Cochabuc	-	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Collayguida	Normal	Medio <sup>a</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Conra	Normal	Medio <sup>a</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	Aceptable <sup>e</sup>
Cunguay	-	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Cushuro	Normal	Sin Cloro Residual <sup>c</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Huaraday	-	Deficiente <sup>b</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
La Cuchilla	Normal	Sin Cloro Residual <sup>c</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Las Delicias	-	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Mungurrall	Normal	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Osaygue	Normal	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Oyon	Normal	Sin Cloro Residual <sup>c</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Pueblo Nuevo	Limitado	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>
Querquerball	Normal	Sin Cloro Residual <sup>c</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Suruvara	Normal	Medio <sup>a</sup>	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Ururupa Alta	-	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	-
Ururupa Baja	Normal	-	Muy deficiente <sup>d</sup>	Óptimo <sup>f</sup>

Valores registrados por DATASS.

En el sistema de cloración: a. Medio (0.2-0.49), b. Deficiente (0.01 - 0.2) y c. Sin Cloro Residual.

En la continuidad del agua: d. Muy deficiente (0-11.9 h/d).

Para limpieza y desinfección del sistema de agua potable: e. Aceptable de 5 a 6 meses, f. Óptimo - hasta 4 meses.

La línea (-) dentro de la tabla significa que el parámetro no se encuentra dentro del registro de DATASS del MVCS.

Fuente: DATASS – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Elaboración: Adaptación de la base DATASS– Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



Fig. 9. Portal Web Informativo Salud y Ambiente EsKI

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La calidad del agua se define como el conjunto de características que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre ésta y las necesidades del usuario. Debido a lo cual, existen parámetros que indican que este bien puede ser usado para diferentes propósitos como: domésticos, riego, recreación e industria [13]. Por consiguiente, la presencia de contaminantes en las aguas implica, en mayor o menor grado, un empeoramiento de su calidad que puede inhabilitarlas para los usos requeridos [5].

Por ello, se estudió la calidad del agua del Distrito Santiago de Chuco, analizando resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en seis puntos: Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez, Salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Red de Distribución – Terminal Terrestre, teniendo conexión directa con los 20 centros poblados del distrito. La toma de muestra fue realizada en cuerpos de agua superficial y en fuentes directas de consumo humano; por ello los resultados obtenidos son comparados con el Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA) [8] y el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (LMP) [9]; los cuales se encuentran en los Decretos Supremos 004-2017-MINAM y Decreto Supremo 031-2010-SA respectivamente. Cabe mencionar, que debido a que el agua de dicho distrito no cuenta con un adecuado tratamiento, se observaron parámetros en los cuales superaron los valores máximos permitidos en los decretos supremos antes mencionada. Igualmente, Boluda y Egea (2017), manifestaron que las alteraciones provocadas por la presencia de contaminantes en el agua pueden alterar los parámetros físicos, químicos y/o biológicos. Las alteraciones físicas suelen implicar un cambio en las características organolépticas de las aguas; las químicas dependen de la naturaleza del contaminante, orgánico e inorgánico, así como de su grado de toxicidad; y las alteraciones biológicas suponen un aumento de la presencia de microorganismos patógenos transmisores de enfermedades [5].

En la tabla 1, se observa que los parámetros de conductividad, sólidos totales y dureza total en la Salida de la Planta de Tratamiento, Red de Distribución, Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y Los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez presentan un valor de  $p < 0.05$ . Esto se debe, a la variación de las medias en las concentraciones de sales, que afecta la calidad del agua y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos [15]. Asimismo, al haber una variación en los parámetros de conductividad, existe variación en los sólidos totales debido a que es directamente proporcional [16]. Además, el grado de dureza de un agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto en ella; sabiendo que, este no tiene ningún riesgo para la salud, pero puede ocasionar problemas a los consumidores a partir de concentraciones superiores a 200 mg/L [15]. Por otra parte, Espinal et al. (2013), evaluaron la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, que es empleada para uso y consumo humano de la población. En dicha laguna se evidenció una diferencia significativa en los parámetros de conductividad, Dureza total y sólidos totales. Durante el año 2005 se observó que la dureza clasificó el agua como levemente dura, mientras que para 2009-2010 el agua resultó ser moderadamente dura; cabe mencionar, que la significancia en estos parámetros se debe a las épocas de lluvias y sequía, afectando la calidad del agua [14].

Según el análisis de varianza simple realizado a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se observó que existe diferencia significativa con un  $p < 0.05$ , entre conductividad, sólidos totales y dureza total, en los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y Los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez, motivo por el cual se obtuvieron dos, tres y dos grupos homogéneos respectivamente. Evidenciando una posible contaminación o infiltración en las fuentes de agua, causando una alteración de las mismas e influenciando en la salud de la población originando futuras enfermedades. Cabe resaltar que, no se puede aplicar el contraste múltiple de medias al parámetro de conductividad en los puntos de salida de la Planta de Tratamiento y Red de Distribución; debido a que

contienen menos de tres grupos, ya que el contraste post-hoc se aplica en grupos grandes para establecer diferencias entre los grupos [18].

En la fig. 1, se observa que los valores de Turbiedad fueron de 1.77 y 2.45 UNT, en los meses de abril y noviembre del 2018; encontrándose dentro del valor 5 UNT establecido en el LMP. Asimismo, se muestra que los valores de sólidos totales fueron de 121 y 137 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018, respectivamente y 67, 126, 133 y 158 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 1000 ppm establecido en el LMP. Igualmente, se observa que los valores de Conductividad fueron de 220, 285 y 258  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en los meses de abril y noviembre del 2018 y 110, 218, 245 y 307  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecido en el LMP. Por último, se muestra que los valores de pH fueron de 5.62, 5.26 y 5.72, en los meses de abril y noviembre del 2018; encontrándose por debajo de los LMP. Sin embargo, se observa que los valores de pH en los meses de marzo y mayo del 2019 fueron de 7.24, 7.09, 7.67 y 7.33; encontrándose dentro del valor 6.5-8.5 establecido en el LMP. Dichos parámetros fueron analizados en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable y Red de distribución – Terminal Terrestre; en los cuales se observa que la calidad del agua no se encuentra afectada. Asimismo, Casilla (2014) manifiesta que el pH puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH es importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales [19].

Del mismo modo, se muestra en la fig. 2, que los valores de Conductividad y Sólidos Totales en los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y los Peñones y Panizaras-Canal Vicente Jiménez, en los meses de abril y noviembre del año 2018 y los meses de marzo y mayo del 2019, se encuentran dentro de los valores 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1000 ppm permitidos en el ECA respectivamente, no alterando la calidad de estas aguas. Sin embargo, los valores



de Turbiedad fueron de 11.2 UNT en Cortaderas y los Peñones en el mes de abril y 7.9 UNT en Panizaras – Canal Vicente Jimenes, en los meses de abril y noviembre del 2018, sobrepasando el valor 5 UNT permitido en el ECA.

Igualmente, los valores de pH fueron de 5.54 UNT en Huayatán, 5.84 UNT en Laguna Negra, 5.82 y 5.84 en Las Cortaderas y los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez, en los meses de abril y noviembre del año 2018; y el valor de 6.34 en el mes de mayo del 2019 en Las Cortaderas y los Peñones, encontrándose fuera del valor 6,5 – 8,5 establecido en el ECA. Se evidenció que el pH obtuvo valores muy por lo bajo de lo establecido en el decreto, demostrando que se trata de aguas acidas debido a la combinación del agua con el dióxido de carbono presente en el aire o a la posible existencia de sustancias que al descomponerse causan un incremento de acidez [20], esto es causado por las épocas de avenida y huaicos, en las cuales hay mayor presencia de contaminantes alterando la calidad del agua.

Cabe mencionar, que la turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades [15]. Asimismo, Al-Bayatti et al. (2012), manifestaron que la variación de los valores de pH se debe a los meses y sitios de muestreo, también señala que el valor de turbidez de hasta 5 NUT indica una eficiencia inadecuada en la planta de tratamiento y posiblemente se correlacione con un aumento de bacterias coliformes totales, por otro lado, los sólidos totales aumentan en el agua tratada que en el agua del río; esto podría deberse a la adición de alumbre al agua durante el proceso de coagulación [21].

En la fig. 3, se observa que los valores de Nitrato fueron de 2.00, 3.00, 4.00 y 5.02 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 0.02 y 0.01 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019. Igualmente, se muestra que los valores de Sodio fueron de 4.01, 4.00 y 4.03 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 0.25, 7.10, 6.74 y 5.40 ppm, en los

meses de marzo y mayo del 2019. Por último, se muestra que los valores del Cloruro fueron de 6.87 y 4.49 ppm en los meses de abril y noviembre del 2018; y 0 y 6.20 ppm, en el mes de marzo del 2019. Cabe mencionar que los valores de nitrato, sodio y cloruros se encontraron dentro de los LMP que establece el Decreto Supremo N°031-2010. Sin embargo, en dicho decreto no se estipulan valores para el magnesio, potasio y Carbonato. Estos parámetros fueron analizados en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT); sin ocasionar un impacto negativo en la calidad del agua. Cabe mencionar que el contenido de nitratos en agua es variable de acuerdo con las zonas, esto se debe ya sea por causas naturales o como consecuencia de algunas actividades como: agricultura, ganadería, industrias, etc.; por otro lado, el agua consumida proviene tanto de la red de agua, que en ciertos sectores es muy precaria; asimismo se sabe, que el alto nivel de nitratos en agua significa un riesgo para la salud de las personas, en especial para los lactantes menores de cuatro meses [22].

Por otro lado, la aparición de los nitritos y nitratos en el agua subterránea también puede ser de origen químico, provocado por el vertimiento de aguas residuales industriales y por la utilización de fertilizantes orgánicos, y sobre todo nitrogenados en áreas agrícolas. Puesto, que las plantas sólo pueden aprovechar el nitrógeno en forma de nitratos, el tipo de fertilizante aplicado condiciona la proporción de nitrógeno utilizable por las mismas y, en consecuencia, la cantidad no aprovechada por las plantas se infiltra hacia el acuífero. Además, la concentración de nitrato en el agua de infiltración depende pues del tipo de fertilizante y, además de la frecuencia, cantidad y modo de aplicación, así como del nitrógeno orgánico o inorgánico ya existente en el suelo, también del grado de permeabilidad, grado de humedad y otras características del suelo [23]. También, la presencia de carbonatos en las aguas naturales es importante ya que contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas [24].

De igual forma, en la fig. 4, se muestra que los valores de Nitrato dieron entre 0 - 0.09 ppm en el mes de abril y 3 – 5 ppm en el mes de noviembre del 2018; 0.021 – 0.095 ppm en el mes de marzo y 0.021 – 0.047 ppm en el mes de mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 50 mg/L permitido en el ECA. Así también, los valores de Cloruros dieron entre 2.24 – 6.74 ppm en los meses de abril y noviembre del 2018; y 0 - 5.78 ppm en el mes de marzo del 2019; encontrándose dentro del valor 250 mg/L permitido en el ECA. Por otro lado, el decreto no estipula valores para los parámetros Magnesio, Potasio, Sodio y Carbonato; no encontrándose dentro del ECA para agua. Dichos parámetros fueron analizados en los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez, en donde se evidencia que la calidad de dicha agua no fue alternada. Cabe mencionar, que el alto contenido de cloruro impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado, también pueden matar a la vegetación circundante. Además, los riesgos de consumir agua con concentraciones elevadas de nitratos, en niños menores de 6 meses les ocasiona metahemoglobinemia infantil [15].

De acuerdo con Domínguez (2018), sostiene que el potasio se encuentra a una concentración de 145mmol/L en el líquido intracelular; sin embargo, se pueden presentar desajustes debido a problemas sanitarios. Un déficit de potasio, denominado hipopotasemia, puede presentar diversas consecuencias como arritmias cardíacas, debilidad muscular, intolerancia a la glucosa, entre otras patologías como una mayor predisposición a la formación de cálculos renales e hipertensión [25].

En la fig. 5, se observa que los valores de Sulfato fueron de 44.00 y 62.16 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 3.10 y 5.10 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 250 mg/L establecido en el LMP. Igualmente, se muestra que los valores de Dureza total fueron de 45 y 60 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 41, 57, 124 y 35 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019;

encontrándose dentro del valor 500 mg/L establecido en el LMP. Sin embargo, en el Decreto Supremo N°031-2010-SA, no se estipulan valores para el Calcio y Bicarbonato. Dichos parámetros fueron analizados en los puntos de salida de la planta de tratamiento de agua potable y Red de distribución – Terminal Terrestre, en los cuales se puede observar que la calidad del agua no fue modificada. Por lo que, se evidencia que la dureza total del agua dura no tiene ningún riesgo a la salud, pero puede crear problemas a los consumidores a partir de concentraciones superiores a 200 mg/, causando intolerancia en el sentido del gusto [15].

De acuerdo con Casilla, (2014), el calcio presente en el agua es igual o mayor a 150 mg por litro y muchas veces las sales de calcio vienen acompañadas de las de magnesio e integran lo que se conoce como "aguas duras", además este elemento no causa quemaduras sobre la piel, y que es menos reactivo químicamente [19]. De igual manera, los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente; estos se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de concentración de sulfato debido a la oxidación de la pirita [15].

De la misma manera, en la fig. 6, se muestra que los valores de Dureza total dieron entre 30 - 80 ppm en los meses de abril y noviembre del 2018; 51 – 105 ppm en el mes de marzo y 0 – 54 ppm en el mes de mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 500 mg/L permitido en el ECA. Así también, los valores de Sulfato dieron entre 3.92 – 118.28 ppm en los meses de abril y noviembre del 2018; 0 – 3.7 ppm en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 250 mg/L permitido en el ECA; con lo cual se da a conocer que la calidad del agua se encuentra en óptimo estado. Sin embargo, en el punto Las Cortaderas y los Peñones el valor de sulfato fue de 392 ppm en el mes de noviembre del 2018, no cumpliendo con lo establecido en el ECA, esto se debe a que la turbidez al ser muy elevada ocasiona un aumento en la presencia de anión sulfato en las aguas. Por otro lado, la

normativa no estipula valores para los parámetros Calcio y Bicarbonato, no encontrándose dentro del ECA para agua. Dichos parámetros fueron analizados en los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez. Así como Casilla (2014) manifiesta que, para determinar la calidad del agua, los aniones más importantes son el sulfato y el bicarbonato, debido que su presencia está relacionada a la turbidez que presenta el agua, por otro lado, da a conocer que la presencia de calcio, sodio y sílice en el agua son de importancia secundarios [15].

En la fig. 7 se evidencia que en la Salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y la Red de Distribución – Terminal Terrestre, hay presencia de bacterias heterotróficas dando valores de, 2, 31, 0.5 y 37 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 3, 2, 4 y 6 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 500 UFC/ml establecido en el LMP, al presentar valores muy por debajo de lo estipulado en el decreto, no afectando la calidad del agua. Sin embargo, se muestra presencia de Coliformes dando valores de 1.7, 4.7 y 0,7 ppm, en los meses de abril y noviembre del 2018; y 1.7 ppm, en los meses de marzo y mayo del 2019; no encontrándose dentro del valor 0 UFC/100 ml permitido en el LMP, puesto que según lo establecido en el Decreto Supremo N°031-2010-SA, no debe existir presencia de coliformes en el agua potable; esto se debe a la tipo de época, ya sea de avenida, estiaje o transición; en estos meses el grado de turbidez en el agua varia. De acuerdo con Flores (2017), los parámetros de origen antrópico como los coliformes totales y termotolerables, nitratos y nitritos, muestran correlaciones muy débiles, pero con mayor carga o variación en estiaje, menor en avenida e intermedia en transición [26].

Igualmente, los análisis microbiológicos demuestran que existe presencia de coliformes en la salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Red de distribución – Terminal Terrestre. Las bacterias coliformes, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, ya que indica que el tratamiento fue

inadecuado o se produjo una contaminación posterior. Se ha demostrado que los grupos de bacterias colonizan con frecuencia las superficies interiores de las cañerías de agua y tanques de almacenamiento y crecen formando una biopelícula cuando las condiciones son favorables, es decir, presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento [27]. Por ello, es que las personas con sistemas inmunológicos afectados, personas mayores, mujeres embarazadas y niños pueden correr mayor riesgo ante la presencia de microorganismos potencialmente dañinos en el suministro de agua [28].

De manera similar, en la fig. 8, se observa que los valores de Coliformes fueron entre 0.7 – 1.7 en el mes de abril y 0.7 – 9.7 en el mes de noviembre del 2018; 1.7 – 2.3 en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose dentro del valor 50 NMP/100ml establecido en el ECA, no afectando la calidad de sus aguas. Por otro lado, el decreto no estipula valores para el parámetro bacterias heterotróficas. Dichos parámetros fueron analizados en los puntos de Huayatán, Laguna Negra, Las Cortaderas y los Peñones, Panizaras – Canal Vicente Jiménez. De acuerdo con Ramos et al. (2008), manifiestan que 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 [29].

Igualmente, las bacterias heterótrofas, son las que oxidan la materia orgánica presentes en el agua, a mayor cantidad de materia orgánica mayor consumo de Oxígeno Disuelto, lo que significa aumento de las bacterias, esto puede producir riesgos en la salud, por eso las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno deben ser menores de 3 mg/l o 5mg/L [15]. Asimismo, Aguilar y Navarro (2018), dan a conocer que el tipo de contaminación que influyen en la calidad del agua son las bacterias y las coliformes fecales, las cuales se desarrollan debido al fecalismo; las viviendas al no poseer letrinas, las

costumbres sanitarias de la población contribuyen a la proliferación de estas bacterias causantes de muchas enfermedades [6].

Asimismo, en la siguiente tabla, se determinó que el estado del sistema de abastecimiento es limitado en los centros poblados Conra, Osaygue, Chulite, Querquerball, La Cuchilla, Ururupa Baja, Collayguida, Mungurrall, Suruvara, Oyón y Cushuro. De igual manera, el servicio con sistema de cloración en los centros poblados Conra, Caypanda, Collayguida y Suruvara son deficientes; y los centros poblados Querquerball, La Cuchilla, Chucumarca, Oyón y Cushuro no presentan cloro residual en su servicio. Los pueblos mencionados anteriormente, son afectados al tener un sistema de abastecimiento deficiente, puesto que, al carecer de agua potable, causa limitaciones para realizar las actividades diarias para el uso y consumo de este recurso, originando diversas enfermedades e infecciones en la población. Por este motivo, Palomino (2018), afirma que las enfermedades relacionadas con el agua se asocian a una significativa carga de morbimortalidad en todo el mundo, sobre todo entre las poblaciones que carecen del acceso al servicio de agua [1].

Igualmente, el indicador de limpieza y desinfección del sistema de abastecimiento en los centros poblados Conra y Chucumarca es aceptable; y en Chulite, Caumayda, Ururupa Baja, Collayguida, Mungurrall, Cushuro y Pueblo Nuevo el indicador es óptimo. Cabe resaltar, que en el año 2016 la Municipalidad Provincial de Santiago de Chuco ejecutó trabajos de “Acondicionamiento y mantenimiento de la Red de Agua Potable del caserío de Ururupa Baja”, el cual beneficio a más de 200 habitantes con el objetivo de mejorar los servicios básicos y la salud de los pobladores reduciendo así las enfermedades gastrointestinales, ya que este caserío tenía en mal estado los elementos de la red de agua potable; siendo así necesario un constante mantenimiento del Sistema de Abastecimiento en el Distrito de Santiago de Chuco [30]. Investigaciones previas demostraron que las fuentes de agua en áreas rurales y países de bajos ingresos tenían un mayor riesgo de contaminación,

y el consumo de agua subterránea podría aumentar el riesgo de diarrea [2]. Por consiguiente, Monteverde et al. (2013) manifiestan que las personas que viven en hogares donde el agua de pozo es la principal fuente de agua potable tienen más probabilidades de sufrir una enfermedad transmitida por el agua como son la diarrea y la dermatitis [31].

Por consiguiente, debido a que la Planta de Tratamiento de Agua Potable presenta un sistema de abastecimiento deficiente, se propone un programa de mantenimiento en favor de la población del Distrito de Santiago de Chuco. Este consiste en realizar la limpieza y desinfección del agua potable del Reservorio o Tanque de Almacenamiento y de las Redes de distribución; para ello se recomienda utilizar el hipoclorito de calcio. Previamente, se debe llevar a cabo un análisis físico, químico y microbiológico del agua. Posteriormente, se debe tener en cuenta el tipo de tanque de almacenamiento y el caudal de ingreso del agua al reservorio, para calcular y preparar la solución desinfectante. Cabe mencionar, que Álvarez, Cantillo, Rico y Salazar (2013) sostienen que el 94,7% de las viviendas tienen servicio de agua domiciliaria, pero el 49,7% presentó cortes frecuentes del servicio y las relaciones entre: acceso al agua domiciliaria y estrato ( $OR=4,27$ ), y cortes del servicio y estrato ( $OR=2,61$ ) fueron significativas ( $p<0,0001$ ), en donde cuatro de las nueve muestras resultaron contaminadas con coliformes [17]. Para garantizar que la calidad del agua se encuentre en buenas condiciones, se debe realizar monitoreos, para verificar el estado y funcionamiento de los sistemas de abastecimiento y esto debe ser ejecutado por un operador capacitado.

Es por ello, que se implementó un portal web informativo “Salud y Ambiente EsKI” sobre el cuidado del agua y como afecta en la salud de las personas; en esta plataforma se brinda información, sobre las medidas que se debe tener en cuenta para conservar la buena calidad de este recurso. Igualmente, se informa sobre las enfermedades que pueden adquirir al consumir agua que no se encuentra apta para consumo humano y se brindan alternativas



de solución para desinfectar el agua disminuyendo la propagación de enfermedades, cuya finalidad es de mantener a la población informada y educada en dichos temas.

El enlace del portal web:

<https://sites.google.com/view/saludyambienteesk1?fbclid=Iw>

[AR0\\_cL3hJSAwKhopXd%20KXpN0IB4FM7x0pfOyS\\_- QWgD9S8amd7AN5otDR2XY](https://sites.google.com/view/saludyambienteesk1?fbclid=IwAR0_cL3hJSAwKhopXd%20KXpN0IB4FM7x0pfOyS_-QWgD9S8amd7AN5otDR2XY)

### **Conclusiones:**

Se realizó un análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del Distrito Santiago de Chuco, en el cual se evidenció que los valores de Turbiedad en Cortaderas y los Peñones en el mes de abril y en Panizaras – Canal Vicente Jimenes, en los meses de abril y noviembre del 2018, sobrepasando lo permitido en el ECA. Igualmente, los valores de pH en Huayatán (HU), Laguna Negra (LN), Las Cortaderas y los Peñones (C.P), Panizaras – Canal Vicente Jiménez (PCVJ), en los meses de abril y noviembre del año 2018; y en el mes de mayo del 2019 en Las Cortaderas y los Peñones (C.P), incumplen con el ECA. Así también, los valores de Sulfato en los meses de abril y noviembre del 2018 y en los meses de marzo y mayo del 2019; se encontraron dentro de lo permitido en el ECA; sin embargo, en el punto Las Cortaderas y los Peñones (C.P) en el mes de noviembre del 2018, no cumpliendo con lo establecido en el ECA.

Por otra parte, se analizaron los parámetros de pH y Coliformes en los puntos de salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (SPT) y Red de distribución – Terminal Terrestre (RDTT); en los meses de marzo y mayo del 2019; encontrándose por debajo de los LMP. Sin embargo, se muestra presencia de Coliformes en los meses de abril y noviembre del 2018 y en los meses de marzo y mayo del 2019; no encontrándose dentro del valor permitido en el LMP.

Se describió la calidad del agua del distrito de Santiago de Chuco, categorizándose en Estado del Sistema de Abastecimiento presentando la mayoría de los centros poblados un sistema del servicio normal, el Servicio con Sistema de Cloración encontrándose 5 centros poblados con un sistema sin cloro residual, 4 centros poblados con un servicio medio y 1 centro poblado con un servicio deficiente. Por último, en la categoría de Limpieza y Desinfección del Sistema solo 2 centros poblados presentan un sistema aceptable y 7 centros poblados presentan un sistema óptimo.

Se propone un programa de mantenimiento, en el cual se recomienda utilizar el hipoclorito de calcio, para limpieza y desinfección de los Reservorio o Tanque de Almacenamiento y de las Redes de distribución, en beneficio de la población del Distrito de Santiago de Chuco.

Finalmente, se implementó un programa informativo (Portal Web) denominado “Salud y Ambiente EsKI”, el cual posee contenido sobre el cuidado del agua y como afecta a la salud de las personas. Este se encarga de informar a la población sobre el uso adecuado de este recurso, promoviendo la participación y el cambio de comportamiento sanitario en la población.

## REFERENCIAS

- [1] P. Palomino, “Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016”, *Anales Científicos*, vol. 79, nro. 2, pp. 298 – 307, Junio 2018. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6794813>
- [2] Z. Ding, et al, “Infectious diarrheal disease caused by contaminated well water in Chinese schools: A systematic review and meta-analysis”. *ScienceDirect, Journal of Epidemiology*, vol. 27, no. 6, pp. 274-281, April 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.je.2016.07.006>
- [3] A. Peranovich, “Waterborne diseases in Argentina and Brazil at the beginning of the 21st century”, *Saude e Sociedade*, vol. 28 no. 2, pp. 297- 309, April 2019, doi: <https://doi.org/10.1590/s0104-12902019180378>
- [4] J. Villena, “Calidad del agua y desarrollo sostenible”, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 35 nro. 2, Junio 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- [5] N. Boluda y E. Egea, “Adsorción de metales y tensioactivos aniónicos en sedimentos de la costa alicantina. *Holothuria tubulosa* como bioindicador de contaminación”. *Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante*, pp. 15-30, 2017 <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/74107>
- [6] L. Lucas, *Calidad del agua de suministro y salud humana en la microcuenca del río Carrizal*, Factibilidad de un prototipo de. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10286>
- [7] O. Aguilar y B. Navarro, *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017*, Universidad Tecnológica De Los Andes, Abancay, 2018. [http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/TesisEvaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%](http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/TesisEvaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20)

20consumo %20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y&fbclid=IwAR301ZVzX\_f1

Fy1WN9Cu Zl4ZEes2lWLRvcgtQxSYSvtMICs3rSGaSBCuLII

[8] Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

[9] Decreto Supremo N°031-2010-SA. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 24 de septiembre de 2010.

[10]L. Ojeda, *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del TROPAEOLUM TUBEROSUM, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengas La EPMAPS*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Enero 2012.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3866>

[11] W. Esquivel y C. Murga, *Calidad del agua potable y de las aguas superficiales que abastecen la planta de tratamiento de agua para el consumo humano del distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018- 2019*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo 2019.  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12626>

[12]Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *DATASS - Sistema de Diagnóstico sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento en el Ámbito Rural*, 2018.  
<https://datass.vivienda.gob.pe/>

[13]A. Ramírez y T. León, “Impacto del crecimiento industrial en la salud de los habitantes de una ciudad minera del Perú”, *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, vol. 65, nro. 2, pp. 111-118, Junio 2004,  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832004000200005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832004000200005)

[14] T. Espinal et al, *Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005*,

2009-2010. *Rev. Int. Contam. Ambie*, vol. 29, no. 3, pp. 147-163,

2013.<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n3/v29n3a2.pdf>

[15]Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria, *Parámetros Organolépticos*, 2010,

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20)

[DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

[16]T. Frías y L. Montilla, “*Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el Sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015*”.

Universidad Científica del Perú, San Juan, 2016.

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DASMONTILLA->

[Evaluaci%C3%B3n-1 Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DASMONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1%20Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[17]L. Álvarez, et al, “*Acceso y calidad del agua para el consumo humano en Santa Marta como indicador de inequidad en salud*”, *Universidad y Salud*, vol. 15, nro. 2, pp. 113-122,

2013, <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124->

[71072013000200003&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072013000200003&script=sci_abstract&tlng=es)

[18]F. Barón y F. Téllez, “*Apuntes de Bioestadística: Tercer Ciclo en Ciencias de la Salud y Medicina*”. Departamento de Matemáticas Aplicadas, Universidad de Málaga, pp. 28 – 36,

2004. <http://fcm.ens.uabc.mx/~chelo/estadistica/doc-pdf/anova.pdf>

[19]S. Casilla, “*Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez*”. Universidad Nacional Del Altiplano Puno, Puno, 2014,

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quis](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quis)

[pe\\_Sergio.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1)

[20]Generalitat Valenciana. *La acidificación del medio ambiente*. España, 2015.

<https://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/laacidificacion-del-medio-ambiente>

[21]K. Al-Bayatti et al, Bacteriological and Physicochemical Studies on Tigris River Near

the Water Purification Stations within Baghdad Province. *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2012, pp. 1-8, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/695253>

[22]S. Rodríguez, et al. Relación del nitrato sobre la contaminación bacteriana del agua. *Terra Latinoamericana*, vol. 30, no. 2, pp. 111-119, 2012. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57324446002.pdf>

[23]C. De Miguel y Y. Vázquez, Origen de los nitratos (NO<sub>3</sub>) y nitritos (NO<sub>2</sub>) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *Minería y Geología*, vol. 22, no. 3, pp. 1-9, 2006. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223517652002>

[24]W. Beita. y M. Barahona, Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica, *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 2, nro. 2, pp. 157-179, 2011. <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651982004.pdf>

[25]N. Domínguez, “*Contenido en sodio y potasio en aguas de consumo de algunos municipios de Tenerife y su posible relación con la hipertensión en cada uno de ellos*”, 2018. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/8685>

[26]R. Flores, *Variación temporal de la calidad de agua en la bocatoma “La Atarjea”, Río Rímac (2009-2015)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2017. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2892/T01-F46-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[27]E. Marchand, *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2002, [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/basic/marchand\\_p\\_e/Marchand\\_P\\_E.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/basic/marchand_p_e/Marchand_P_E.htm)

[28]M.Department of Health, *Bacterias coliformes totales en un sistema de agua potable no comunitario*, 2016

[https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/nco  
m/coliformcspanish.pdf](https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/nco<br/>m/coliformcspanish.pdf)

[29]L. Ramos, et al, “Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano”. *Acta Biológica Colombiana*, vol. 13, nro. 3, pp. 87-98, 2008, <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004007.pdf>

[30]Municipalidad provincial de Santiago de Chuco, *Se viene mejorando la Red de Agua Potable en Ururupa Baja*, 2016, [http://www.munisantiagodechuco.gob.pe/informate/Noticia\\_detalle/511?  
fbclid=IwAR1m8SalibOU5Z4rhPe9y0TtZfeu9bQOfCugggnaLloi2Kq riD-tuR5t2ts](http://www.munisantiagodechuco.gob.pe/informate/Noticia_detalle/511?fbclid=IwAR1m8SalibOU5Z4rhPe9y0TtZfeu9bQOfCugggnaLloi2Kq riD-tuR5t2ts)

[31]M. Monteverde et al, “The origin and quality of water for human consumption: the health of the population residing in the MatanzaRiachuelo river basin area in Greater Buenos Aires”. *Salud Colectiva*, vol. 9, no. 1, pp. 53-63, April 2013, doi: 10.1590/S1851-82652013000100005.